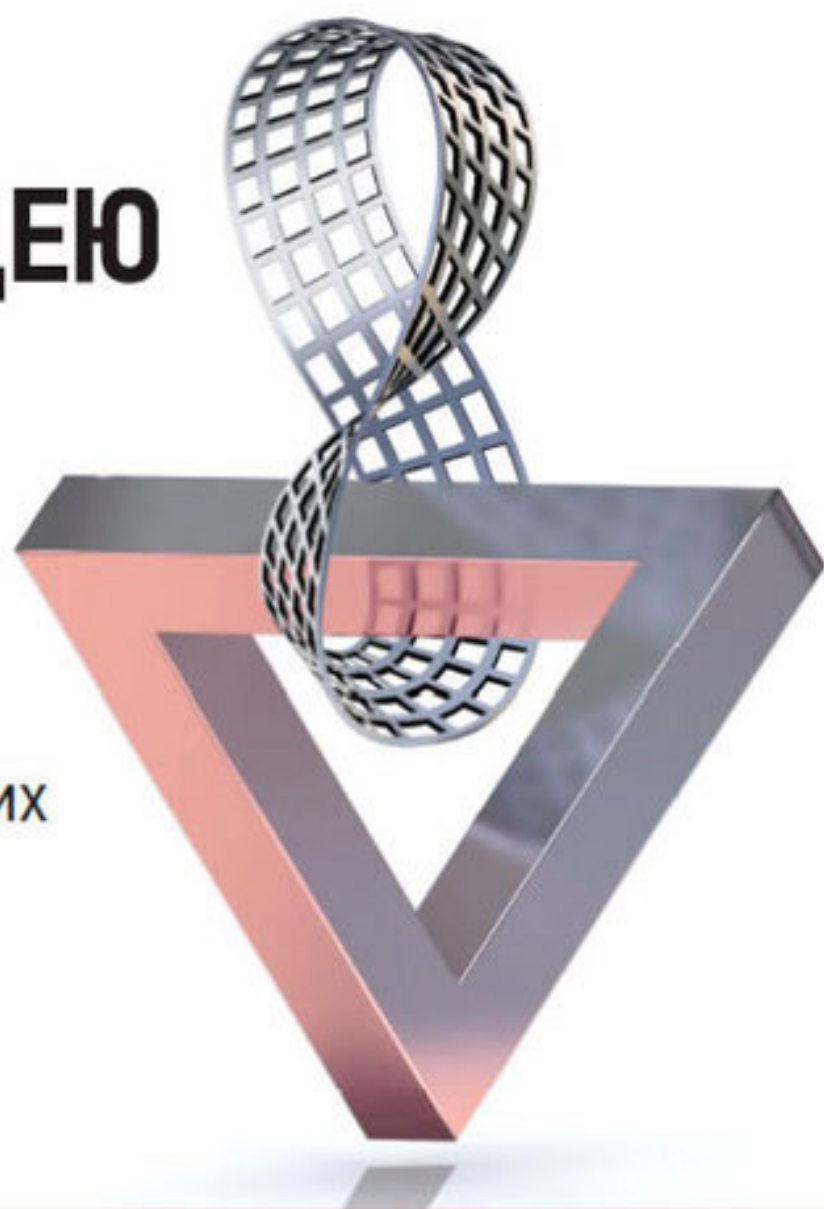


Генрих
Альтшуллер

НАЙТИ ИДЕЮ

Введение
в ТРИЗ —
теорию
решения
изобретательских
задач



“ Генрих Альтшуллер навсегда войдет в мировую историю мысли не только потому, что разработал ТРИЗ и ввел понятия технического и физического противоречий. Он доказал: каждый из нас может существенно улучшить свою способность находить решения самых сложных задач в любой области. Эта книга еще долго будет настольной для всякого желающего жить разумно. ”

Анатолий Вассерман



Разбираемся в себе: книги для самопознания

Генрих Альтшуллер

**Найти идею. Введение в
ТРИЗ – теорию решения
изобретательских задач**

«Альпина Диджитал»

1986

Альтшуллер Г. С.

Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер — «Альпина Диджитал», 1986 — (Разбираемся в себе: книги для самопознания)

ISBN 978-5-9614-2189-7

Постичь тайну творчества пытались многие, но только Генриху Сауловичу Альтшуллеру удалось создать стройную теорию решения изобретательских задач – ТРИЗ. Изучив десятки тысяч патентов и авторских свидетельств, Альтшуллер открыл основные законы изобретательства и показал, что процесс создания изобретений управляем. Процесс изобретательства требует правильной организации мышления, преодоления психологической инерции, стремления к идеальному решению, разрешения противоречия, скрытого в любой нестандартной задаче. ТРИЗ признана во всем мире и применяется для решения творческих задач во многих областях человеческой деятельности, начиная с конструирования и проектирования и заканчивая рекламой, PR, управлением. Книга будет интересна всем, кто стремится повысить эффективность творчества, и будет полезна не только изобретателям и инженерам, но и бизнесменам, менеджерам, людям творческих профессий, студентам и школьникам. 5-е издание.

ISBN 978-5-9614-2189-7

© Альтшуллер Г. С., 1986
© Альпина Диджитал, 1986

Содержание

Предисловие. К идеалу – без компромиссов!	6
1. Страшнее ураганов	9
2. Бунт на коленях	19
3. Внимание: задачи	30
4. Формула победы	42
5. Новеллы о законах	54
Конец ознакомительного фрагмента.	57

Генрих Альтшуллер

Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач

Редактор *Н. Величенко*

Технический редактор *Н. Лисицына*

Корректор *В. Муратханов*

Компьютерная верстка *А. Абрамов, Ю. Юсупова*

Дизайн обложки *DesignDepot*

© Альтшуллер Г.С., 1986, 1991

© Комарчева Ю.Е., 2007

© ООО «Альпина Паблишер», 2012

© Издание на русском языке, оформление. ООО «Альпина», 2012

Альтшуллер Г.

Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Генрих Альтшуллер. – 5-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2012. (Серия «Искусство думать»).

ISBN 978-5-9614-2189-7

Все права защищены. Никакая часть электронного экземпляра этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети Интернет и в корпоративных сетях, для частного и публичного использования без письменного разрешения владельца авторских прав.

Предисловие. К идеалу – без компромиссов!

Вы держите в руках книгу по теории изобретательства, которая была впервые опубликована в 1986 году. Нужна какая-то особая причина, чтобы практически в неизменном виде публиковать работу более чем через 20 лет после ее первого издания. Такая причина есть, и не одна.

Во-первых, теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) ни капли не устарела. Исследователи из разных стран мира много раз подтверждали, что ТРИЗ – работающий инструмент, с помощью которого можно решать самые серьезные изобретательские задачи. «Найти идею» – классическая книга по ТРИЗ и последняя работа Генриха Альтшуллера, в которой теория описана в наиболее полном и завершенном виде.

Кстати, в этой книге по сравнению с предыдущими ее изданиями имеются существенные дополнения. Это перечень стандартов на решение изобретательских задач, полная версия алгоритма решения изобретательских задач АРИЗ-85в, биография автора, ответы на некоторые задачи, рассказ о том, как Альтшуллер строил свои лекции по ТРИЗ. Впервые за много лет к книге прилагается таблица разрешения технических противоречий (приложение 7, на вкладке).

Во-вторых, ТРИЗ – это «наше» изобретение, в том смысле, что теория была разработана в СССР. ТРИЗ пользовалась чрезвычайной популярностью в 70-х и 80-х годах, совокупный тираж книг Альтшуллера на русском языке составил около 1 млн экз. Но потом, с началом перестройки, интерес к ТРИЗ в СССР начал постепенно угасать. Одновременно, во многом благодаря ученикам Альтшуллера, которые уехали за рубеж (прежде всего в США и Германию), ТРИЗ стала популярна на Западе. Сейчас публикаций по ТРИЗ (TRIZ) на других языках значительно больше, чем на русском. Такие известные фирмы, как Ford, Motorola, Procter & Gamble, Eli Lilly, 3M, Siemens, Phillips, LG и многие другие, сделали ТРИЗ частью подготовки инженерно-технического персонала. В октябре 1998 года в США открылся Институт Альтшуллера, в котором инженеры и менеджеры учатся эффективной технологии изобретательства.

Только в конце 1990-х годов интерес к ТРИЗ в России начал видимо возвращаться. Появилось множество интернет-сайтов, посвященных ТРИЗ, в том числе сайт Фонда Г.С. Альтшуллера. Это, безусловно, отрадно. Но, к сожалению, далеко не каждый, кто теперь называет себя экспертом по ТРИЗ, на деле является таковым. ТРИЗ медленно, но развивается. И как в любой другой науке, появляются новые школы и возникают течения, которые можно даже назвать «еретическими». Это неизбежно и, наверное, даже полезно: застой опасен. Предлагаемая вашему вниманию книга «Найти идею» поможет понять классическую ТРИЗ и разобраться, что есть что.

В-третьих, поскольку ТРИЗ имеет дело с созданием изобретений и раскрепощением творчества, ее место – среди других творческих методов, таких как мозговой штурм, латеральное мышление, синектика и пр. Причем место ведущее, так как ТРИЗ принципиально меняет технологию создания новых идей. Это четкая научная дисциплина: доказательная, основанная на данных и подтвержденная фактами.

Тем не менее специалисты по творческим методам в своих работах редко или вообще не упоминают про ТРИЗ. Даже такой известный гуру творческих методов, как создатель латерального мышления Эдвард де Боно, в своих самых популярных книгах не сказал об этой теории ни слова. Но ведь ТРИЗ – это развитие творческих методов, это шаг вперед, и какой шаг!

И наконец, **в-четвертых, ТРИЗ** – это не только теория, полезная в инженерном деле или других сферах (реклама, PR), куда она в последнее время проникает. Это еще и метод мышления, парадигма, особый подход к решению любых проблем – будь то проектирование нового продукта, строительство дачного домика или укладка вещей в чемодане. И в этом плане ТРИЗ

имеет универсальную полезность, так как дает мощный инструмент познания окружающего мира. На этой причине популярности ТРИЗ я хотел бы остановиться подробнее.

ТРИЗ – сложная наука, изучить ее нелегко. В ней много инструментов, приемов, законов, стандартов – это целый мир. Все важно и одно не работает без другого. Тем не менее в ТРИЗ можно выделить вещи, которые будут полезны каждому – всегда и везде. Эта теория учит междисциплинарному подходу и преодолению психологической инерции старых представлений; отказу от компромиссов, стремлению получить желаемое, ничего не теряя; постоянно стремиться к идеалу.

Человеку свойственно вести поиск вариантов в областях, отраслях, науках, где он является специалистом, и сознательно не залезать в смежные дисциплины, о которых он имеет весьма поверхностное представление.

Для несложных задач, решение которых находится в пределах одной профессии или отрасли, профессиональные знания играют большую роль. Но при решении сложных проблем они, наоборот, тормозят процесс изобретения. Это происходит потому, что изобретателю навязываются привычные представления об объекте, которые уводят его назад, в исследованную область, где вряд ли можно будет получить сильное, прорывное изобретение. А дилетант, незнакомый с ограничениями, присущими данной науке, зачастую способен совершить шаг в сторону, казалось бы, невозможного и сделать открытие. История полна примеров, когда именно непрофессионалы создавали изобретения, над которыми годами трудились плеяды известнейших ученых. Это пивовар Джоуль, моряк Можайский, цирюльник Пуассон, юрист Хаббл, врач д'Аламбер, сотрудник патентного бюро Эйнштейн и многие другие. ТРИЗ призывает каждого мыслить широко и не замыкаться на чем-то одном. Свежие идеи можно искать где угодно – в справочнике по биологии, художественном фильме, томике стихов или путешествии в другие земли.

Каждое изобретение – это разрешение противоречия. Например, при проектировании нового товара фирма может столкнуться с противоречием между качеством и стоимостью, между надежностью и сложностью, между расширением рынка и давлением конкурентов. ТРИЗ подразделяет все подобные противоречия на технические и физические. Техническое противоречие возникает тогда, когда при изменении известными способами одной части системы недопустимо ухудшается другая ее часть. Например, при повышении прочности детали недопустимо возрастает ее масса, при улучшении качества и сокращении сроков возрастает стоимость. О физических противоречиях говорят тогда, когда к одной и той же части системы предъявляются взаимно противоположные требования. Скажем, деталь должна быть, чтобы выполнять свою функцию, и ее не должно быть, чтобы не увеличивать габариты изделия. Объект одновременно должен быть горячим и холодным. В физическом противоречии конфликт доводится до крайности, создавая на первый взгляд неразрешимую ситуацию.

Традиционное решение – компромисс, когда мы сознательно поступаемся одними параметрами в пользу других. ТРИЗ ориентирует мышление изобретателя в противоположном направлении. Необходимо не стремиться к компромиссу, а наоборот, сознательно усиливать противоречие. ТРИЗ доказала, что на определенном этапе усложнение условий задачи оборачивается ее эффективным решением. Усложняя решение, мы заведомо отсекаем слабые, компромиссные решения, а также тупиковые пути и ненужное блуждание, постепенно приближаясь к решению, которое еще недавно казалось невозможным, идеальным. Кстати, такого же подхода придерживается и Э. Голдратт, создатель теории ограничений.

Идеальное решение в ТРИЗ называется идеальным конечным результатом (ИКР). Отличительная особенность ИКР в ТРИЗ – его «бесплатность», когда результат достигается без лишних затрат энергии, материалов, времени. Мы привыкли, что за все надо платить. Изобретательское мышление по ТРИЗ должно быть ориентировано на идеальное решение: «Есть вредный фактор, с которым надо бороться. Идеально, чтобы этот фактор исчез сам по себе.

Пусть сам себя устраняет. Впрочем, его можно устранить, сложив с другим вредным фактором. Нет, пожалуй, самое идеальное – пусть вредный фактор начнет приносить пользу... Многолетний опыт применения ТРИЗ доказал, что идеальное решение зачастую действительно достигается, или, по крайней мере, оказывается очень близким к нему. Скажем, идеальность машины обеспечивается тем, что ее функцию начнет по совместительству выполнять другая машина. Идеальность способа нередко достигается выполнением требуемого действия заранее, благодаря чему в нужный момент на это действие не приходится тратить ни времени, ни энергии», – пишет Г. Альтшуллер в своей книге «Творчество как точная наука».

Знание ТРИЗ расширяет представление о мире и дает возможность решать задачи, которые ранее казались неразрешимыми. Творческий подход к решению проблем требуется сейчас едва ли не в каждой области знаний, включая управление. Эффективное решение организационных задач, выбор стратегии, создание новых предприятий, выбор способа привлечения покупателей – везде требуются свежие и оригинальные идеи. А идеи – это и есть продукт изобретательского творчества, это и есть сфера, где так сильна ТРИЗ. Прочитайте эту книгу – и вы почувствуете, что проблем в жизни стало меньше, так как многие из них вам теперь по плечу.

Сергей Турко,
заместитель главного редактора
издательства «Альпина Бизнес Букс»

1. Страшнее ураганов

Представьте себе аэропорт, из которого ежедневно строго по расписанию должны вылететь 150 самолетов. Пассажиры занимают свои места. Зажигается табло: «Не курить! Застегнуть привязные ремни!». Но в 100 самолетах стюардессы, мило улыбнувшись, объявляют: «Извините, рейс отменен... багаж вы получите... вас ждут автобусы и такси...» 50 самолетов взлетают, но 49 из них сразу же идут на посадку. Стюардессы мило улыбаются: «Извините, рейс окончен... багаж... автобусы...» И только 1 (один!) самолет прилетает в тот город, в который он должен прилететь...

Читатель вправе возразить: нет таких аэропортов!

Тогда представьте себе строительную организацию, которая ежегодно получает средства на возведение 150 жилых домов, а в конце года отчитывается: 100 домов обрушились в процессе постройки, в 49 можно жить лишь на нижних этажах, но зато 1 (одна!) пятиэтажка полностью заселена...

Читатель снова возразит: нет таких строителей! Да, таких строителей нет. Я просто хотел наглядно показать, как обстоит дело в изобретательском творчестве.

Вот строки из статьи председателя Центрального совета ВОИР¹: «В стране ежегодно выполняется около 150 тыс. научно-исследовательских разработок. Приблизительно две трети их прерываются на стадии эксперимента или испытания опытного образца, и большие государственные средства, отпущенные на создание новой техники, оказываются затраченными впустую. Из тех же разработок, что доходят до стадии внедрения, 85 % осваиваются только на одном-двух предприятиях и лишь 2 % – на пяти и более предприятиях» (газета «Социалистическая индустрия», 1982, 26 июня).

Одна из главных причин – низкая эффективность метода проб и ошибок – традиционной технологии изобретательства. Решение изобретательских задач – один из древнейших видов человеческой деятельности. Может быть, самый древний. И поразительно консервативный: в наши дни, как и тысячи лет назад, в основе технологии изобретательства лежит метод проб и ошибок, суть которого заключается в последовательном выдвижении и рассмотрении всевозможных идей решения задачи. При этом всякий раз неудачная идея отбрасывается, а вместо нее выдвигается новая. Правил поиска нет: ключом к решению может оказаться любая идея, даже самая «дикая». Нет и определенных правил первоначальной оценки идей: пригодна или непригодна идея, заслуживает она проверки или нет – об этом приходится судить субъективно.

Когда-то варианты решения задач перебирали буквально наугад. Но по мере развития технических знаний формировались представления о том, что в принципе возможно и что невозможно. Сообразуясь с этими представлениями, современный изобретатель фильтрует варианты, отбрасывая то, что кажется ему неудачным. Увеличение степени фильтрации – главная тенденция исторического развития метода проб и ошибок². Фильтрация облегчает решение задач, имеющих нормальные, т. е. более или менее привычные, ответы, и резко затрудняет решение задач, требующих нетривиальных, «диких» идей.

Другая тенденция развития метода проб и ошибок – замена вещественных экспериментов мысленными. Объем знаний, доступных современному изобретателю, настолько велик, что результаты многих проб могут быть предсказаны заранее. Изобретатель может при этом опираться не только на личные знания, но и на необъятную научно-техническую литературу, может консультироваться с другими специалистами. Все это позволяет теоретически оценивать боль-

¹ ВОИР – Всесоюзное общество изобретателей и рационализаторов.

² Впервые термин «метод проб и ошибок» ввел в употребление американский исследователь Эдуард Торндайк [1874–1949].

шую часть вариантов, не прибегая к реальным, вещественным опытам. Мысленные эксперименты идут намного быстрее, в этом их основное преимущество. Но мысленные эксперименты субъективны, они не защищены от психологических помех. Кроме того, мысленные эксперименты, в отличие от реальных, как правило, не сопровождаются неожиданными побочными открытиями, обнаружением всевозможных непредвиденных явлений и эффектов.

* * *

Однажды на семинаре по теории изобретательства я познакомил слушателей с такой задачей.

Задача 1.1. При выплавке чугуна в домнах образуется расплавленный шлак (температура около 1000 °С). Его сливают в ковши на рельсовом ходу и увозят на шлакоперерабатывающие установки (использование жидкого шлака экономически выгодно, «переплав» твердого шлака нерентабелен). Шлак, залитый в ковш, охлаждается, на поверхности расплава образуется твердая корка. Чтобы вылить шлак из ковша, в корке пробивают – с помощью специального копрового устройства – два отверстия. На это нужно время, а шлак продолжает охлаждаться, толщина корки увеличивается... В итоге удается слить не более 60–70 % шлака. Ковши увозят на специальные эстакады, затвердевший шлак выбивают, грузят на автомашины и отправляют в отвалы, громоздящиеся вокруг заводов.

Слушатели получили листки с записью идеи решения. Требовалось отметить плюсами те варианты, которые представляются им подходящими или хотя бы заслуживающими проверки, и минусами – варианты, отвергаемые в принципе. В первой группе было 19 инженеров, в том числе 11 металлургов. Вторая группа включала 8 инженеров и 12 студентов; металлургов в группе не было. Результаты эксперимента приведены ниже:

Таблица 1

Вариант решения задачи 1.1		Группа 1		Группа 2	
		плюс	минус	плюс	минус
1	Перемешивать шлак	2	17	9	11
2	Обогреть шлак	13	6	16	4
3	Добавить в шлак краску	—	19	2	18
4	Закрывать ковш съемной крышкой	14	5	11	9
5	Добавить в шлак лед (снег, воду)	—	19	—	20
6	Поместить ковш в сильное магнитное поле	2	17	14	6
7	Обрабатывать шлак ультразвуком	1	18	11	9

Группа, в которой преобладают специалисты, придерживается традиционных вариантов и весьма единодушно отвергает «дикие» идеи. Неспециалисты значительно более терпимы к таким вариантам. Можно было бы просто констатировать, что специалисты, намного лучше знающие реальные условия доменного производства, действуют увереннее, решительно отклоняя явно неподходящие варианты. Однако приходится учитывать чрезвычайно важный факт: обе группы отвергли наиболее «дикий» вариант 5, который в принципе совпадает с правильным ответом...

* * *

Метод проб и ошибок вполне пригоден для решения несложных задач. Но если решение спрятано среди сотен или тысяч всевозможных вариантов, путь к правильному ответу может растянуться на долгие годы или вообще оказаться непосильным: далеко не всякий изобретатель способен терпеливо перебрать хотя бы сотню вариантов. К тому же нет никакой гарантии, что даже неисчерпаемое упорство будет вознаграждено. Правильный ответ вообще можно не заметить или, заметив, неверно оценить, счесть неудачным.

Темпы развития техники зависят прежде всего от появления и реализации принципиально новых машин, процессов, приборов. Для их создания нужны сильные, нетривиальные, «дикие» идеи. Но именно здесь метод проб и ошибок отчаянно «пробуксовывает»... Нет людей, которые могли бы, пользуясь этим методом, уверенно решать задачи «ценою» в тысячи проб. Если счастливый случай и поможет кому-то решить такую задачу, нет никакой гарантии, что этот человек сумеет справиться со следующей задачей.

Как же все-таки решаются задачи «ценой» в тысячи и миллионы проб?

В свидетельствах изобретателей и их биографов обычно повторяется одно и то же – долгие размышления, перебор всевозможных вариантов и внезапная догадка в результате какой-то случайной подсказки: «Три года Терентьев искал решение проблемы, отвергая один вариант за другим. Порой ему начинало казаться, что он бессмысленно ходит по кругу. Но на самом деле масса самых разных идей постепенно спрессовывалась в своего рода пороховой заряд. И нужна была лишь искра случая, чтобы вспыхнул огонь озарения»³.

Психологи пытались воспроизвести в эксперименте процесс решения задач. При этом обычно использовались не изобретательские задачи, а головоломки, загадки. Психологи-бихевиористы, считающие, что нужно просто наблюдать за поведением человека (от английского behaviour – «поведение»), констатировали чисто внешние черты процесса решения: человек сосредоточивается и перебирает вариант за вариантом. Гештальт-психологи объясняли суть дела так: человек создает мысленный образ (Gestalt, нем.) объекта, о котором говорится в задаче, а затем перестраивает этот образ, меняет связи между его элементами, и вот неожиданно возникает новое понимание задачи, усматривается некая связь между элементами или новая особенность объекта и его элементов.

Наиболее обстоятельные эксперименты провел в 20–30-х годах немецкий психолог К. Дункер. Как и его коллеги, он работал с простыми задачами и головоломками. Предполагалось, что полученные выводы удастся распространить на решение более сложных задач. Между тем многовековая история изобретательства отнюдь не давала тому оснований. Опыт свидетельствует, что решение простых задач доступно очень многим. Не имеет практического значения, будет ли получено решение со второй или с десятой попытки; вся проблема – в неясности механизма решения трудных задач ценой в тысячи проб. При решении таких задач проявляется что-то еще кроме перебора вариантов. Нередко решение сложной задачи оказывается очень простым; не требовалось никаких особых знаний, чтобы найти нужный ответ, но многие пытались – и не могли решить задачу, а какой-то человек ее решил. Как это происходит? Почему это не повторяется? Почему человек, решивший трудную задачу «озарением», беспомощен при решении следующей задачи? Вообще: почему трудны трудные задачи?..

К. Маркс отмечал в «Капитале», что все крупнейшие изобретения сделаны не одним человеком, а «кооперацией современников». В особо трудных случаях задачу постепенно «перемалывают» несколько поколений изобретателей. С конца прошлого века (в особенности после Эдисона) несовершенство метода проб и ошибок стали сознательно компенсировать,

³ Социалистическая индустрия. – 1983, 25 дек.

сосредоточивая на решении одной задачи усилия многих разработчиков. Обширное «поисковое поле» делят на небольшие участки, и на каждом участке действуют многочисленные коллективы. Участки становятся все более и более узкими, а сосредоточенные на каждом участке силы – все более значительными...

За 100 лет изучения творчества психологи не поставили ни одного эксперимента по решению крупной задачи «кооперацией современников». Лишь в последние годы появились сведения об опытах с небольшими, но все-таки реальными изобретательскими задачами.

Вот одна из таких задач.

Задача 1.2. Авиационный высотомер (альтиметр) работает, измеряя падение давления с высотой. В сущности, это обычный барометр, но шкала градуирована в единицах длины (высоты). Высотомер имеет две круговые шкалы (рис. 1): большая шкала показывает метры, малая – километры. Пилоты часто путали шкалы. Поэтому инженеры-психологи решили установить новый высотомер, на циферблате которого километры показывались бы на горизонтальной шкале, а метры – на круговой (рис. 2). Спроектировать такой прибор было поручено высококвалифицированным инженерам. С задачей они справились, но в результате получился сложный механизм с множеством шестеренок и колесиков. Трение в них было столь велико, что точность нового прибора оказалась сведенной на нет. Все попытки уменьшить число шестеренок ничего не дали. Тогда задача была передана человеку, мало знакомому с такого рода проблемами...

Решение этой задачи действительно не требует никаких специальных знаний. Высотомер в принципе не отличается от манометра, устройство которого описано в учебнике физики для шестого класса: это согнутая в дугу металлическая трубка, один конец ее запаян, а другой подсоединен к объему, в котором измеряют давление. При увеличении давления трубка разгибается, запаянный ее конец приходит в движение, которое с помощью рычагов и шестеренок передается стрелке.

«Записи позволили точно установить, как все происходило. Изобретатель бился над проблемой, подступая к ней с разных сторон, но безуспешно. Он размышлял над ней дни и ночи. Она стала казаться ему неразрешимой. Но упорные поиски продолжались. Они были похожи на какую-то странную игру, в которой изобретатель начал находить удовольствие. Появились галлюцинации, которые неотступно преследовали его. Потом он обнаружил, что проблема совершенно овладела им и он не может не думать о ней. Изобретатель решил как-нибудь развеяться. Однажды он бросил работу и поехал за город, в лес. Осенние листья медленно кружились в воздухе, изобретатель брел вдоль лесной просеки в полубезытье, какие-то образы мелькали в его уме.

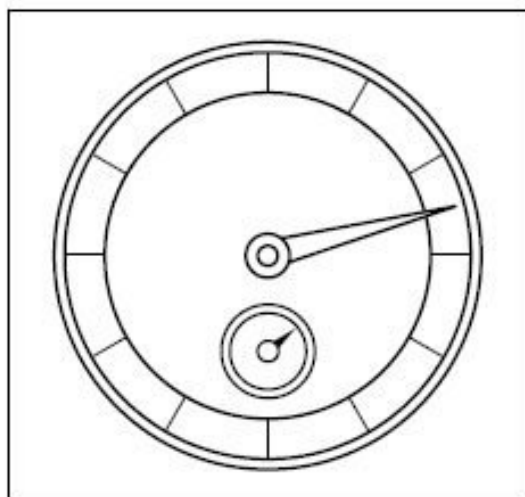


Рис. 1

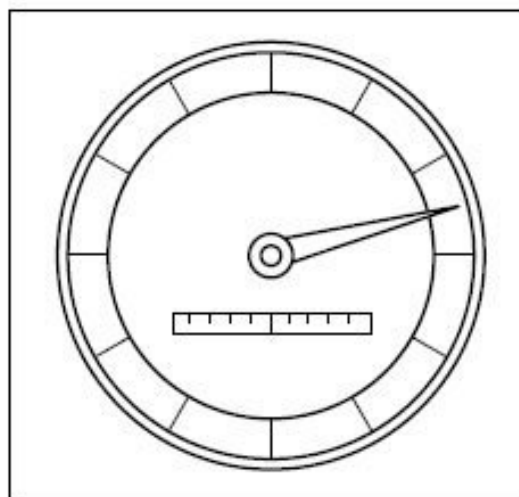


Рис. 2

И вдруг перед его мысленным взором возникла непрерывно свивающаяся и развивающаяся пружина высотомера. Неожиданно вопреки воле изобретателя на пружине появилась черная точка, описывающая небольшую дугу по мере того, как пружина свивалась и развивалась. В следующий момент задача была решена: движение точки на пружине и есть та самая горизонтальная линия, которую он так безуспешно искал»⁴.

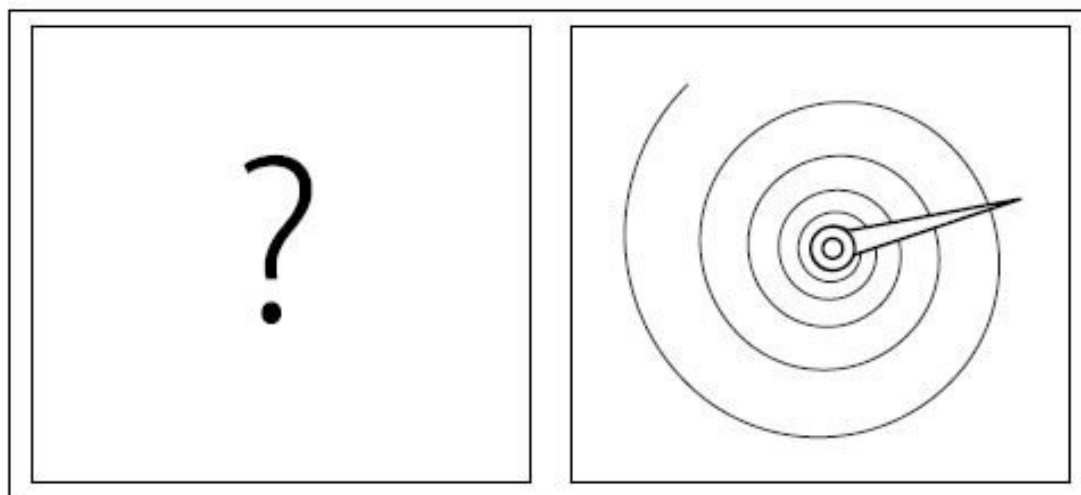


Рис. 3

Это – типичное описание творческого процесса. И хотя взята реальная изобретательская задача, наблюдение за ее решением не дает ничего нового. Новые сведения могли быть получены, если бы исследование велось принципиально иначе и в центре внимания оказались бы не субъективные переживания изобретателя, а объективные изменения – переход от одной модели высотомера к другой, от плохой модели, характеризующейся сложной системой передачи от «двигателя» (пружина) к «рабочему органу» (горизонтально перемещающаяся стрелка), к хорошей модели, отличающейся тем, что передача вообще отсутствует: стрелка прямо «замкнута» на пружину (рис. 3). Передачи нет, отсюда – предельная простота устрой-

⁴ Техника – молодежи. – 1976, № 1. – С. 39.

ства, и передача как бы есть – ее функции по совместительству выполняет пружина. Неудачи обусловлены попытками построить хорошую передачу, а ее, оказывается, надо было вообще исключить...

Одно из двух: либо прием «выбрось передачу, поручив ее функции двигателю или рабочему органу» – годится только для этой задачи, либо это общий прием для всех задач или по крайней мере для какого-то достаточно обширного их класса. Первое предположение ведет в тупик, исследование сразу обрывается. Второе предположение приводит к понятию «идеального объекта»: **технический объект идеален, если его нет, а функция выполняется.** Идеальный объект заведомо лучше любых других объектов – он ничего не стоит, абсолютно надежен (не может сломаться), не создает никаких вредных побочных эффектов (например, шума), не требует ухода и т. д.

Анализ патентного фонда показывает: увеличение степени идеальности технических систем – **всеобщая закономерность**, хотя передача функции – далеко не единственный путь реализации этой закономерности. Такой вывод мог бы положить начало научной технологии решения задач: если найдена одна закономерность, могут быть найдены и другие. Однако исследователи, как мы видели, остановились там, где, собственно, надо было начать работу. Это типично для всех психологических исследований, изначально ограниченных неверным постулатом, что изобретение – некий чисто психологический процесс: важно, мол, только то, что происходит в голове изобретателя. На самом деле изобретение – закономерный переход технической системы от одного состояния к другому. Опираясь на знание закономерностей развития технических систем, можно планомерно решать задачу, сознательно преодолевая трудности, в том числе психологические.

* * *

В конце 40-х годов мне пришлось разрабатывать холодильный костюм для горноспасателей, действующих при подземных пожарах. Главная трудность состояла в том, что вес охлаждающего вещества (льда, сухого льда, сжиженного аммиака) не должен был превышать 8 кг. А по расчетам требовалось не менее 20 кг. Задача считалась неразрешимой: с физическими расчетами не поспоришь... Но я уже знал надежное правило: техническая система идеальна, когда системы нет, а функция выполняется. Горноспасатель обязательно имеет дыхательный аппарат (это 11–12 кг!). Я предложил скафандр, выполняющий две функции – газовую и тепловую защиту. Скафандр работал на сжиженном воздухе; сначала воздух испарялся и нагревался, поглощая тепло, потом шел на дыхание. Ненужным становился отдельный дыхательный прибор, запас холодильно-дыхательного вещества доходил до 20, даже до 30 кг. В таком скафандре можно ремонтировать раскаленную мартеновскую печь!..

Год спустя мне поручили заняться переносным кислородным генератором. Кислород вырабатывался в нем химически – из перекиси водорода. Получалась горячая парогазовая смесь с большим содержанием пара. Ее охлаждали и осушали, потом кислород использовали для сварки и резки. Предшественники, казалось бы, до предела уменьшили вес холодильных и осушительных устройств: борьба шла за каждый грамм и каждый кубический сантиметр. И все равно холодильно-осушительная система весила в полтора раза больше самого генератора... Мне сказали так: «Посмотри, что можно сделать. Снизить бы вес осушителя на несколько процентов... Времени в обрез – месяц».

Идея решения была найдена мгновенно. Точнее: уверенно получена на основе правила. Надо, чтобы охлаждение парогазовой смеси (и, следовательно, осушение путем конденсации) происходило «без ничего» – за счет поглощения тепла другими системами. Какие близкие системы нуждаются в тепле? Прежде всего, генератор горючего газа, работающий совместно с кислородом. Пусть испарение жидкого горючего идет за счет дарового тепла кислородного

генератора. Холодильно-осушительную систему можно вообще убрать! Конструкция генератора горючего газа тоже значительно упрощается: не нужны испаритель, регуляторы, горелка... На расчеты, изготовление опытного образца и испытания потребовалось одиннадцать дней.

* * *

Если Вы более или менее внимательно прочли эти страницы, Вам будет интересно немного поработать с задачей 1.3.

Задача 1.3. В книге В. Губарева «Космическая трилогия» приведены слова одного из конструкторов спускаемого аппарата станции «Венера-8»: «Каждый грамм веса и кубический сантиметр пространства внутри “шарика” использованы рационально. Могу заверить, что вам не удалось бы “впихнуть” туда даже спичечный коробок. Такого плотного монтажа я не встречал ни в одной конструкции»⁵.

Предположим, возникла необходимость «впихнуть» в «шарик» не спичечный коробок, а прибор весом в 6 кг. Как вы думаете, удалось бы «впихнуть» прибор или нет? Если нет – почему? Если да – каким образом?

* * *

Рассмотрим типичнейший случай: в обычной лаборатории решают обычную задачу методом проб и ошибок.

При распылении растворов химикатов важно, чтобы капли были определенного размера. Для регулирования размеров капель нужно сначала научиться их измерять. С помощью аэродинамической трубы создавали воздушный поток, дробящий раствор химиката на капли. Перед исследователями стояла задача: определить размеры капель и выяснить их спектры. Вот как описывает работу инженер Е. Марголин: «И Роберт Казак, и ведущий тему – старший инженер Юрий Данилов, и старший техник Константин Петрович Тимошин, и другие члены группы шли к решению проблемы почти наощупь. Перебрали множество теорий, в конце каждой из которых стояло: “Нуждается в практической проверке”. Поставили тысячи экспериментов только для того, чтобы убедиться: пошли не туда. Испытали десятки конструкций приборов и извели не поддающееся учету количество киноплёнки»⁶. Это не критическая статья, это хвалебный очерк. Не поддающееся учету количество изведенной киноплёнки – не упрек, а, так сказать, количественный показатель творческого горения...

Проблему разделили на несколько задач. Прежде всего, нужно было научиться получать капли одинакового размера. Генератор стандартных капель в лаборатории был: мотор с помощью ременной передачи вращал диск, на который падала струйка жидкости. Центробежные силы создавали капли, причем размер капель зависел от числа оборотов диска. Работал прибор ненадежно: ремень проскальзывал, диск вращался неравномерно, капли получались разных размеров. Началась работа по совершенствованию генератора...

Автор очерка свидетельствует: «На эту систему в лаборатории потратили год, а потом просто посадили диск на ось ротора электромотора». Потратили год (!), а затем выбросили ременную передачу и соединили мотор и диск «накоротко»: идеальная передача, когда передачи нет, а движение передается... Год дорогостоящей работы на задачу, которая решается мгновенно, если использовать понятие об идеальном объекте. Такова плата за методическую

⁵ Губарев В. Космическая трилогия. – М.: Молодая гвардия, 1973. – С. 203.

⁶ Марголин Е. Как падают яблоки. – Рига: Лиесма, 1978. – С. 5–14.

безграмотность: понятие об идеальном объекте многократно изложено в литературе по теории решения изобретательских задач, и одного этого достаточно, чтобы сразу, с первой попытки, найти ответ.

* * *

Хотелось бы, чтобы меня правильно поняли. Вся наша техническая цивилизация держится на изобретениях, сделанных методом проб и ошибок. Работа изобретателей, терпеливо осиливавших труднейшие задачи простым перебором вариантов, достойна большого уважения. Но в последние десятилетия появилась теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Теперь нельзя, недопустимо, непростительно тратить время, средства, силы на «пустые» варианты! Если бы разрядник-шахматист не знал простейших правил, приемов и годами думал над ходом $e2-e4$, это было бы смешно. Когда в заслугу современному изобретателю ставят «пустые» пробы, вызванные незнанием элементарных правил теории, это тоже смешно. Только смех этот – сквозь слезы.

* * *

Быть может, в самых передовых отраслях техники, где сосредоточены лучшие научно-технические силы и созданы наиболее благоприятные условия для разработки технических новшеств, работа идет как-то иначе?

Обратимся к статье научного обозревателя «Правды» В. Губарева «100 минут среди тайн». Речь идет о станции «Венера-12».

«Был в спускаемом аппарате центровочный груз. Да и как обойтись без него, если необходимо, чтобы “шарик” занимал строго определенное положение в пространстве?»⁷

Идеальный центровочный груз – когда груза нет, а функции его по совместительству выполняет какой-то другой объект. В виде общего правила это сформулировано еще в 1956 г. в первой же печатной работе по ТРИЗ: «...на данную систему дополнительно переносятся функции другой системы, за счет устранения которой появляется возможность увеличить вес первой системы» (Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. Психология изобретательского творчества // Вопросы психологии, № 6, 1956. – С. 37–39). В статье В. Губарева рассказывалось: однажды к конструкторам пришел ученый из Института геохимии и аналитической химии и попросил разместить на «Венере-12» еще один прибор весом в 6 кг. «Взрыв смеха. Это уже слишком – предлагать такое... О каком приборе может идти речь, если аппарат уже сделан и каждый грамм веса рассчитан?» Ученый настаивал: надо разместить прибор. Идея пришла неожиданно: снять центровочный груз. Прибор выполнял свои функции и одновременно играл роль груза...

(Теперь самое время вернуться к задаче 1.3. Сформулирована она вполне конкретно: если конструктор сказал, что свободного места нет даже для спичечного коробка, значит – свободного места нет. В условиях не упоминается, что в «шарике» был балласт – центровочный груз. Но для решения задачи в общем виде это не имеет значения. Идеальный прибор – когда прибора нет, а функции его выполняются. В этом смысле нет предела плотности монтажа: теоретически в один и тот же объем можно «впихнуть» неограниченное количество приборов...)

Использование прибора в качестве конструктивного элемента (например, центровочного груза) – это прием, азбучный для ТРИЗ. Если этот прием оказался «неожиданным», наверняка он не был применен в более тонких и не столь очевидных случаях. К тому же это всего-навсего

⁷ Правда. – 1978, 22 дек.

один прием – капля в океане смелых и неожиданных идей современной теории решения изобретательских задач.

* * *

Метод проб и ошибок не предусматривает учета и анализа таких уроков. Даже в пределах одной и той же отрасли тысячи раз совершаются буквально одни и те же ошибки – без каких бы то ни было выводов. Между тем решение сложных задач требует приемов, найденных не только в «своей» отрасли, но и в других отраслях – подчас очень далеких. Наугад перебирая варианты, о такой возможности даже не думают. Страх выйти за пределы специальности заставляет изобретателя упорно решать задачу «своими» приемами. В начале главы я привел цифры: из 150 тысяч ежегодно планируемых разработок 100 тысяч оканчиваются неудачей еще в процессе поиска решения. Тут не сошлешься на трудности внедрения! Виноваты разработчики, цепляющиеся за традиционные подходы и не умеющие видеть нужное решение – иногда совсем готовое! – чуть поодаль от своей специальности.

Ежемесячно в нашей стране выпускают около 300 млн штук фаянсовой посуды. После первого обжига изделия делят на три группы, каждую из которых затем вторично обжигают по своей технологии. Сортировку ведут по звуку: работница берет тарелку, ударяет ее металлическим молоточком и в зависимости от тональности звука кладет тарелку на одну из трех позиций. Такая сортировка – труд чрезвычайно монотонный и тяжелый. Естественно, возникла изобретательская задача: надо избавиться от ручного труда. И вот группа изобретателей разрабатывает... «рукастый» автомат. Одна рука автомата хватается тарелку, другая ударяет молоточком: звуковые колебания воспринимаются микрофоном, анализируются... словом, полностью скопированы действия человека. В истории техники есть множество примеров – весельный паропровод, шагающий паровоз, «рукастая» швейная машина, иллюстрирующая правило: нельзя механически копировать действия человека. «Рукастая» сортировочная машина была построена, ее попытались внедрить... и обнаружили массу недостатков. Машина резко повысила процент боя посуды; грубые манипуляторы машины были лишь внешней копией человеческой руки, которая на самом деле есть часть системы «рука – мозг». Машину не внедрились; деньги, затраченные на ее создание, оказались чистым убытком.

Хрестоматийный случай плохой организации творчества. Проверка качества обжига тарелок – нерешенная задача. Но, может быть, в других отраслях техники аналогичные задачи решались, причем даже с более жесткими требованиями в отношении производительности и точности? Взять хотя бы радиотехнику. Резисторы, широко используемые в радиотехнике, – та же керамика, их надо обжигать и проверять. Но резисторы – «тарелка» настолько маленькая, что молоточком не проверишь. Есть автомат АКС-1: керамика просвечивается двумя монохроматическими лучами света, об обжиге судят по соотношению интенсивностей прошедших через образец световых потоков.

Может быть, где-то есть способ контроля обжига еще более мелких изделий? Есть! Солнце «обжигает» зерна, поэтому в сельском хозяйстве и пищевой промышленности тоже приходится определять, как идет этот «обжиг». А.с.⁸ 431 431: «Способ анализа структуры зерна пшеницы путем использования его оптических свойств, отличающихся тем, что с целью повышения точности анализа определяют пропускную и отражательную способность, а о структуре судят по их отношению».

⁸ А.с. – авторское свидетельство.

* * *

Метод проб и ошибок связан не только с огромными потерями времени и сил при решении задач. Пожалуй, наибольший ущерб он наносит, не давая возможности своевременно увидеть новые задачи. Тут потери могут измеряться десятилетиями и даже столетиями. Менисковый телескоп, по признанию его изобретателя Максудова, мог быть создан еще во времена Декарта и Ньютона. Была потребность и была возможность создания такого телескопа. Задачу просто не увидели, до попыток решения дело дошло только в середине XX в.

Метод проб и ошибок несет ответственность и за отсутствие критериев оценки новых технических идей. Даже если задача своевременно замечена и быстро решена, новая идея подвергается насмешкам, ее просто не понимают.

Существует огромная инерция традиционных представлений о методе проб и ошибок как о единственно мыслимом механизме творчества. Тысячи лет люди решали творческие задачи методом проб и ошибок. Тысячи лет укоренялось и укреплялось представление, что иных методов нет и быть не может. Само понятие «творчество» в конце концов слилось с технологией решения задач путем перебора вариантов, наощупь. Неизменными атрибутами творчества привыкли считать озарение, интуицию, прирожденные способности, счастливый случай.

Трудно оценить суммарные потери от применения метода проб и ошибок в условиях современной НТР. Думается, что эти потери намного больше убытков от самых страшных ураганов и землетрясений. Метод проб и ошибок давно исчерпал свои возможности. Раньше несовершенство этого метода компенсировали увеличением числа людей, занятых решением задач. Теперь близка к исчерпанию и эта возможность.

Вопрос стоит так: или замедление темпов развития, или последовательный переход на иную, более эффективную технологию совершенствования техники.

2. Бунт на коленях

Перебор вариантов (с добавкой малой толики удачи) привыкли считать единственно возможной технологией изобретательства. Неэффективность этого метода воспринималась как нечто естественное, само собой разумеющееся. «Что поделаешь... творчество! Увеличим число сотрудников в лаборатории...» Но научно-техническая революция буквально заваляла «горящими» задачами институты, конструкторские бюро, лаборатории. Пришлось обратить внимание на **методы активизации перебора** вариантов. Эти методы отнюдь не ломали старую, привычную технологию творчества. Они просто интенсифицировали обычный метод проб и ошибок. Это был бунт против слепого перебора вариантов. Но бунт на коленях...

Показателен в этом отношении **морфологический метод**, его блеск и нищета. Блеск – потому что морфологический метод способен дать очень много комбинационных идей. Нищета – потому что метод не способен выделить из множества «пустых» идей единственную, необходимую и достаточную для решения задачи.

Суть метода состоит в построении таблиц, которые должны охватить все мыслимые варианты. Например, требуется предложить новую упаковку для изделий. Если на одной оси записать, скажем, 20 видов материалов (металл, дерево, картон и т. д.), а на другой – 20 видов форм (сплошная жесткая упаковка, сплошная гибкая упаковка, реечная упаковка, сетчатая и т. д.), получится таблица, включающая 400 сочетаний, каждое из которых соответствует одному варианту. Можно ввести и другие оси, неограниченно наращивая число полученных вариантов.

Прообразом морфологического метода можно считать «Арс магна» («Великое Искусство») Раймундо Луллия, человека, о жизни которого нельзя не сказать хотя бы вкратце.

Луллий (Лулл) родился в 1235 г. в г. Пальма на острове Мальорка (один из Балеарских островов). В молодости был придворным правителя Мальорки, жил бурной, наполненной приключениями жизнью, не раз участвовал в дуэлях. Увлеченный красивой и набожной Амбросией де Кастелло, Лулл повсюду ее преследовал. Однажды он даже въехал верхом на коне в собор, где она молилась. Желая охладить поклонника, красавица показала ему страшную язву, которая обезображивала ее тело. Ночью потрясенному Луллу явился божий лик. Лулл ушел в пустыню искупить грехи, посвятить свою жизнь распространению христианства среди азиатских и африканских магометан. Лулл задумал доказать истинность христианского вероучения, разработав логическую систему построения и выведения догматов религии, создав свое «Великое Искусство». Он научился говорить по-арабски, объездил Европу и Азию, искал поддержки Папы Римского и европейских монархов. Не оставляя занятий «Великим Искусством», Лулл не раз подвергался смертельным опасностям, сидел в тюрьме. Умер в 1315 г., заброшенный камнями в Тунисе, где проповедовал свое «Великое Искусство»...

Основная идея «Великого Искусства» состоит в том, что структура любого знания определяется небольшим числом изначальных понятий. Комбинируя эти понятия, можно вывести все знания о мире.

Лулл строил приборы в виде концентрических окружностей. На каждой окружности были записаны основные понятия. Перемещая окружности относительно друг друга, можно было получить различные высказывания и суждения. Сохранились рисунки этих приборов («фигур»). В центре находился круг, посвященный Богу и обозначенный буквой А. Вокруг – две концентрические окружности, разделенные на 16 частей каждая. Части обозначены буквами В, С, D, E и т. д., причем В – доброта, С – величие, D – вечность, E – мудрость... Вращая внутренний круг относительно наружного, можно получить 256 сочетаний, каждое из которых дает определенные сведения о Боге. Например, сочетание ВС – «Божественная доброта велика», ED – «Божественная мудрость бесконечна» и т. д. Наиболее крупный прибор имел 14

окружностей. Диковинная машина как бы воплощала в себе некий всеобъемлющий ум, способный выразить в формализованных суждениях все, что можно знать обо всем на свете; она давала свыше 70 квадриллионов сочетаний...

В современной форме морфологический метод воссоздан швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки: в 30-е годы Цвикки интуитивно применил морфологический подход к решению астрофизических проблем и предсказал существование нейтронных звезд. В годы Второй мировой войны, когда Цвикки привлекли к американским ракетным разработкам, морфологический анализ – уже вполне сознательно – был использован для решения технических задач.

В простейшем случае морфологический метод предусматривает построение двумерной морфологической карты: выбирают две важнейшие характеристики технической системы, составляют по каждой из них список всевозможных видов и форм, а затем строят таблицу, осями которой являются эти списки. Клетки такой таблицы соответствуют вариантам технической системы. Возьмем, например, такую задачу:

Задача 2.1. Участникам дрейфующих полярных станций постоянно приходится сталкиваться с ситуацией, когда примерзают лыжи самолетов, лыжи, на которых стоят домики, и различное оборудование. Трогаться же с места в случае аварии (трещины, торошение льдов и т. д.) всегда надо быстро. Как быть?

Для освобождения примерзшей лыжи нужен прежде всего запас энергии. Составим список разных источников энергии, не предопределяя заранее, годится он или не годится: электроаккумуляторы, взрывчатые вещества, горючие вещества, химические реактивы, гравитационные устройства, механические устройства (например, пружинные), пневмо- и гидроаккумуляторы, биоаккумуляторы (человек, животные), внешняя среда (ветер, волна, солнце). Это – первая ось таблицы. Далее запишем возможные формы воздействия на лыжи и лед: механическое ударное воздействие, вибрация, ультразвуковые колебания, встряхивание проводника при прохождении тока, взаимодействующего с магнитным полем, световое излучение, тепловое излучение, непосредственный нагрев, обдув горячим газом или жидкостью, электроразряд. Это – вторая ось. Если теперь построить таблицу, получится 90 вариантов. Разумеется, таблицу нетрудно расширить.

Обычно для морфализа строят морфологический ящик, т. е. многомерную таблицу. Построение начинают с выбора главных характеристик – осей ящика. В качестве осей берут части объекта или этапы процесса. Их обозначают буквами А, Б, В... Записывают возможные альтернативы по каждой оси (элементы оси): А-1, А-2, А-3 и т. д. Затем строят морфологический ящик, например:

А-1, А-2, А-3, А-4, А-5;

Б-1, Б-2, Б-3, Б-4, Б-5, Б-6, Б-7;

В-1, В-2, В-3;

Г-1, Г-2, Г-3, Г-4, Г-5;

Д-1, Д-2, Д-3, Д-4, Д-5, Д-6, Д-7, Д-8.

Из ящика извлекают сочетания элементов, например: А-1, Б-5, В-2, Г-4, Д-8 или А-5, Б-3, В-2, Г-5, Д-2. Общее количество вариантов в морфологическом ящике равно произведению чисел элементов на осях. В нашем примере: $5 \times 7 \times 3 \times 5 \times 8 = 4200$.

Такое богатство – свыше четырех тысяч вариантов! Но нам нужен один – всего один! – работающий вариант. А он прячется среди множества слабых и бессмысленных сочетаний. Правил отбора нет: перебирай тысячи вариантов наугад...

* * *

Морфологический метод неоднократно переоткрывался. Вот, например, эпизод из статьи О. Жолондковского «Не было бы счастья...»⁹: «Год тому назад я чуть было не изобрел “способ изобретать”. Дело было так. В целях (грешен и каюсь) саморекламы я решил сфотографировать модель своего антициклона на расположенных по полу авторских свидетельствах. Сначала разложил как попало, потом стал придерживать порядка. Вверху простейшие конструкции, ниже с вращающимися элементами, еще ниже с применением воды, потом с огнем, в самом низу с подачей вспомогательного газа или воздуха. Это как бы стихии. По горизонтали опять же определенная периодичность. Когда же увидел я “периодическую систему антициклонов”, то забыл и про фотографию. В сорока клетках удалось разместить все мои изобретения, да еще и пустые места для новых разработок остались. Ну, думаю, теперь изобретения посыплются, как из рога изобилия. Но здесь что-то заело.

Эта таблица была опубликована в журнале “Техника и наука”. Читателям было предложено заполнить пустующие клетки. Писем много, а предложений ни одного. А ведь, казалось бы, все подано, как в ресторане! И у меня за год ни одной мысли! Хотя все это время ни на минуту о своих антициклонах не забывал. На заводе “Лиепайсельмаш” внедрил несколько модификаций, а нового так ничего и не придумал. Видно, не велика помощь от таблиц».

* * *

Среди методов, активизирующих перебор вариантов, наиболее известен **метод мозгового штурма**. Существует несколько десятков разновидностей этого метода, однако все они лишены красоты, присущей идее чистого мозгового штурма.

Мозговой штурм (мозговая атака) – психологический метод, но его автор, Алекс Осборн, отнюдь не психолог. Родился в конце XIX в. в Нью-Йорке, переменял множество профессий: был рабочим на стройке, посыльным в отеле, клерком, полицейским репортером, преподавателем... Одно время Осборн служил помощником управляющего небольшого завода, в его обязанности входило придумывание новых изделий. Венцом этой пестрой карьеры была работа в крупной рекламной фирме¹⁰. Здесь Осборн, стараясь найти новые идеи для рекламы, создал и применил метод мозгового штурма.

В основе метода – четкая мысль: процесс генерирования идей необходимо отделить от процесса их оценки. При обсуждении задачи многие не решаются высказать смелые, неожиданные идеи, опасаясь насмешек, ошибок, отрицательного отношения руководителя и т. д. Если же такие идеи все-таки высказываются, их зачастую подвергают уничтожающей критике другие участники обсуждения: идеи гибнут, не получив развития. Осборн предложил вести генерирование идей в условиях, когда критика запрещена; наоборот, всячески поощряется каждая идея, даже шуточная или явно нелепая. Для этого отбирают небольшую и по возможности разнородную группу (6–8 человек) «генераторов идей». В эту группу не включают руководителей, а сам процесс генерирования стремятся вести в непринужденной обстановке. Высказанные идеи записывают на магнитофон или стенографируют. Полученный материал передают группе экспертов для оценки и отбора перспективных идей.

Что же дает такое разделение труда? По складу ума люди делятся на «фантазеров» и «скептиков». Разумеется, это условное деление, как и деление на четыре типа темперамента;

⁹ Социалистическая индустрия. – 1980, 29 ноября.

¹⁰ Имеется в виду американское рекламное агентство BBDO, название которого состоит из инициалов его основателей: Баттена, Бартона, Дерштайна и Осборна.

чаще встречаются смешанные типы. Но все-таки в группу генераторов идей можно отобрать «почти фантазеров». Такой отбор плюс запрет на критику и требование подхватывать и развивать любые высказывания создают благоприятные условия для появления смелых, нетривиальных идей: за 25–30 минут штурма набирается не менее 50 идей. Группа экспертов получает, во-первых, идеи, высказанные смело, до конца, без оговорок, а во-вторых, часть идей, уже развитых участниками штурма и имеющих хотя бы первоначальное подкрепление.

Интересна организация штурма. В непринужденной обстановке группа не стесняющихся друг друга людей наперебой высказывают идеи. Существует не только запрет на критику, запрещено и приводить доказательства, поэтому генерирование идей происходит в быстром темпе. В пиковые минуты «коллективного вдохновения» возникает своеобразный ажиотаж, идеи выдвигаются как бы произвольно, прорываются и высказываются смутные догадки, предположения. Именно эти стихийно прорывающиеся идеи считаются наиболее ценной продукцией мозгового штурма.

Философская основа мозгового штурма – теория Фрейда. По Фрейду сознание человека представляет собой тонкое и непрочное наложение над бездной подсознания. В обычных условиях мышление и поведение человека определяются в основном сознанием, в котором властвует контроль и порядок: сознание «запрограммировано» привычными представлениями и запретами. Но сквозь тонкую корку сознания то и дело прорываются темные и грозные стихийные силы и инстинкты, бушующие в подсознании; они толкают человека на нарушение запретов, нелогичные поступки. Поскольку для изобретения приходится преодолевать психологические запреты, обусловленные привычными представлениями о возможном и невозможном, нужно создать условия для прорыва смутных иррациональных идей из подсознания – такова философская концепция мозгового штурма.

Мозговой штурм, появившись в США, попал на хорошо подготовленную фрейдизмом почву. Первые 10–15 лет с ним связывались большие надежды, метод казался потенциально неограниченно сильным. Постепенно выяснилось, что мозговой штурм хорошо «берет» разного рода организационные задачи, например рекламные, однако современные изобретательские задачи штурму не поддаются. Надежды, связанные с мозговым штурмом, не оправдались. Началась эпоха всевозможных видоизменений метода.

Среди многих попыток хотя бы частично улучшить мозговой штурм заслуживает внимания, пожалуй, лишь **синектика**, разработанная Уильямом Гордоном (США).

Гордон, как и Осборн, не психолог. Сменил четыре университета, не окончив ни одного, потом перепробовал десятка полтора профессий, получил полсотни патентов на изобретения... В 1952 г. Гордон организовал первую постоянную группу для решения изобретательских задач. К 1960 г. группа выросла в фирму «Синектикс инкорпорейтед», принимающую заказы на решение задач и обучение творческому мышлению.

Вся «соль» мозгового штурма, вся его сила – в запрете на критику. Но здесь же и его слабость: для развития и видоизменения идеи нужно выяснить ее недостатки, т. е. нужна критика. Гордон преодолел это противоречие путем формирования более или менее постоянных групп. Члены этих групп постепенно привыкают к совместной работе, перестают бояться критики, не обижаются, когда кто-то отвергает их предложения. Постоянные группы вообще имеют много преимуществ. Постепенно накапливается опыт решения задач. Можно совершенствовать состав группы, вводя новых участников. Растет взаимопонимание, идеи схватываются с полуслова.

Гордону удалось если и не преодолеть, то хотя бы смягчить и другое противоречие: он сумел несколько упорядочить процесс решения задачи, сохранив стихийность, присущую мозговому штурму. Руководитель синектической группы направляет процесс решения, призывая к поочередному использованию аналогий: это стимулирует генерирование идей и не стесняет свободы поиска.

Теоретические основы синектики, как и других методов активизации перебора вариантов, весьма несложны. По мнению Гордона, творческий процесс познаваем и поддается усовершенствованию: надо изучать записи решения задач, надо регулярно тренироваться на самых различных задачах. Нечто подобное настойчиво повторяет в своих работах и Осборн, но он ничего не говорит о механизмах решения. Получаются общие призывы: каждый должен пытаться изобретать, все вещи поддаются улучшению, все зависит от настойчивости и, конечно, от удачи... Гордон, в отличие от Осборна, делает упор на необходимости предварительного обучения, на использовании специальных приемов, на определенной организации процесса решения. В целом это значительно более глубокий, чем у Осборна, подход к проблеме.

По Гордону существуют два вида механизма творчества: **неоперационные процессы** (в смысле «неуправляемые») – интуиция, вдохновение и т. д. и **операционные процессы** – использование разного вида аналогий. Нужно учить применению операционных механизмов. Это обеспечивает повышение эффективности творчества и, кроме того, создает благоприятные условия для проявления неоперационных механизмов.

Гордон заметил, что очень многое зависит от понимания задачи: первоначальные условия не всегда ясны, нередко они подталкивают в неверном направлении. Поэтому процесс решения лучше начинать с уяснения и уточнения задачи: надо путем обсуждения перейти от начальной формулировки (проблема как она дана – ПКД) к рабочей формулировке (проблема как она понята – ПКП). Например, была поставлена задача: предложить недорогой экспресс-метод обнаружения мест утечки воздуха в автомобильной шине (для контроля при изготовлении). В ходе обсуждения возникли три разные формулировки ПКП: 1) как найти места утечки; 2) как предсказать возможное расположение этих мест; 3) как найти способ самоустранения утечки. В сущности, здесь три разные задачи.

Для творческого процесса, как полагает Гордон, очень важно умение превращать непривычное в привычное и, наоборот, привычное – в непривычное. Речь идет о том, чтобы за новой (а потому непривычной) проблемой, ситуацией увидеть нечто знакомое и, следовательно, решаемое известными средствами. С другой стороны, очень важен свежий взгляд на то, что уже стало привычным, давно примелькалось. Люди получают наследство из замороженных слов и способов понимания, придающих окружающей действительности удобную привычную форму, но от этого наследства нужно уметь отказываться.

Рабочими механизмами для выработки свежего взгляда на задачу являются аналогии: 1) **прямая** – любая аналогия, например из природы; 2) **личная** (эмпатия) – попытка взглянуть на задачу, отождествив себя с объектом и войдя в его образ; 3) **символическая** – нахождение краткого символического описания задачи или объекта; 4) **фантастическая** – изложение задачи в терминах и понятиях сказок, мифов, легенд.

Руководитель синектического штурма поочередно напоминает о разных видах аналогий, предлагает использовать соответствующие приемы. Например, для применения символической аналогии ищут название книги (из двух слов), в парадоксальной форме характеризующее суть задачи или объекта. Так, при решении одной задачи, связанной с мрамором, для слова «мрамор» было найдено словосочетание «радужное постоянство». Гордон спросил человека, предложившего это словосочетание, почему он так охарактеризовал мрамор. Ответ был такой: «Отшлифованный мрамор (не белый, конечно) многоцветен. Он весь в узорах очень ярких, напоминающих радуго. Но все эти узоры постоянны». Другие примеры символической аналогии: видимая теплота (пламя), энергичная незначительность (ядро атома), взвешенная неразбериха (раствор), надежная прерывистость (храповой механизм).

Гордон правильно выбрал метод исследования: изучение записей решения реальных изобретательских задач. Но при этом все внимание было сосредоточено на действиях человека, а дело вовсе не в них. Технические объекты развиваются закономерно, и действия изобретателя

ретателя успешны только тогда, когда они вольно или невольно изменяют объект в том направлении, в каком идет развитие. В частности, технические объекты становятся идеальнее, т. е. действие, во имя которого существует объект, все в большей и большей степени осуществляется само по себе (действия, так сказать, становится больше, а объема и веса – меньше). Это – всеобщая закономерность. Незачем прибегать к аналогиям, метафорам, незачем надеяться на иррациональные факторы, незачем привлекать игру слов, чтобы натолкнуться на формулировку «действие осуществляется само собой». Такая формулировка должна быть запрограммирована в любом процессе решения, и не в общем виде, а намного более конкретно – с указанием части объекта, к которой она относится, и с точным определением физического действия.

Синектика – предел того, что можно достичь, сохраняя принцип перебора вариантов. Во всяком случае, синектика близка к такому пределу.

* * *

В 60–70-е годы мне довелось провести много мозговых штурмов – обычных и синектических. Интересны учебные штурмы, когда экспериментатор знает ответ на задачу и находится как бы над лабиринтом, в котором блуждают испытуемые. Отчетливо видно, куда ведет тот или иной шаг – к ответу или в тупик.

Штурм действительно помогает преодолевать психологическую инерцию: мысль сдвигается с мертвой точки, разгоняется... и часто проскакивает то место, где нужно остановиться. Десятки раз я наблюдал такую картину: один участник штурма высказывает мысль, ведущую в правильном направлении, другой подхватывает эту мысль, развивает ее; до выхода на финишную прямую остается несколько шагов, но в этот момент кто-то выдвигает совершенно иную идею, цепь обрывается, и группа снова оказывается на исходных позициях.

Явная критика при штурме запрещена, критикуют «без слов»: пожимают плечами, покачивают головой, пренебрежительно улыбаются... Все это можно запретить, но тогда неприятие чужой идеи выражают, выдвигая свою идею. Такую критику запретить труднее: свободное высказывание идей – основа мозгового штурма. Я проводил мозговые штурмы с запретом всякой критики: не разрешалось обрывать развивающиеся цепи идей – каждую идею надо было доводить до логического завершения. «А если разделить корабль на две части?.. Предлагаю делить на много частей: корабль из блоков... Корабль из мелких частиц... Из отдельных атомов...» При такой организации эффективность штурма несколько повышалась. Но резко возрастали затраты времени: штурм растягивался на многие дни. Это уже не мозговой штурм, а мозговая осада.

При мозговой осаде можно в какой-то степени управлять мышлением, но суть дела от этого не меняется: поиск по-прежнему ведется простым перебором вариантов.

* * *

Проверяя письменные работы в школах изобретательского творчества, я заметил, что при морфанализе большая часть ошибок связана с неправильным выбором и построением основных осей. Логично возник вопрос: нельзя ли построить универсальную таблицу, пригодную для морфологического анализа многих технических систем? Такая таблица получила название **фантограммы** (ее применяют в основном не для решения технических задач, а в упражнениях по развитию воображения; отсюда и название). Вертикальной осью фантограммы служат универсальные показатели, характеризующие любую систему: химический состав вещества, физическое состояние вещества, инфраструктура системы (например, для дерева – клетка), система, надструктура системы (для дерева – лес), направление развития, воспроизведение, энергообеспечение, способ передвижения, сфера распространения, управление, назначение.

В качестве горизонтальной оси приведен перечень приемов изменения: уменьшить, увеличить, объединить, разъединить, раздробить, заменить данное свойство антисвойством, ускорить, замедлить, сместить во времени назад, сместить во времени вперед, сделать свойство меняющимся во времени или, наоборот, постоянным, отделить функцию от объекта, изменить связь со средой. Для каждого объекта фантограмма дает 144 сочетания, из которых 20–25 % не лишены смысла. В этом преимущество фантограммы по сравнению с обычным морфализмом. Однако и здесь возможности весьма ограничены. Следовало бы увеличить число элементов по каждой оси, одновременно повысив их точность и конкретность. Но с увеличением числа элементов фантограмма теряет компактность, резко снижается доля осмысленных сочетаний. Это явление характерно для всех методов перебора вариантов: у них нет резервов развития, они могут видоизменяться, но не развиваются, оставаясь в пределах исходного принципа.

* * *

Появление методов активизации перебора вариантов вызвало большие надежды. Кажется, найден простой и универсальный «усилитель интеллекта». Достаточно повысить «уровень шума» – погасить несложными приемами психологическую инерцию, уговорить специалистов смелее выходить за рамки своей специальности, пришпорить процесс генерирования идей – и под силу будет решение любой задачи. . . В фантастическом рассказе «Уровень шума», написанном Р. Джоунсом в середине 50-х годов, психолог Бэрк помогает решить проблему управления гравитацией. И когда эксперимент успешно завершается, Бэрк говорит: «Мы расшатали ваши умственные фильтры, и в результате получился ответ. Метод сработал, он будет действенным всегда. Все, что необходимо сделать, это избавиться от лишнего груза предрассудков, от окаменевшего мусора в голове, изменить произвольную настройку ваших умственных фильтров в отношении других вещей, которые вам всегда хотелось сделать, и тогда удастся найти нужный ответ на любую проблему, которую вы только пожелаете исследовать». И растроганный физик Нэгл отвечает: «Если мы научимся использовать максимальный уровень шума человеческого ума, мы сможем покорить всю вселенную!»

Насколько преувеличены ожидания Бэрка и Нэгла, читатель может убедиться сам. Не надо покорять всю вселенную. Попробуйте придумать сказку. Все знают сотни сказок – тут, можно сказать, все специалисты. Но без «окаменевшего мусора в голове». Сказка – область, где ни у кого нет лишнего груза предрассудков. «Умственные фильтры» пропустят любую сказочную идею, лишь бы она была. . .

Задача 2.2. Надо придумать сюжет для сказки (или краткий сюжет мультфильма). Используем для облегчения первого шага фантограмму. Возьмем традиционный сказочный персонаж – мышь. На фантограмме выберем строку «Область распространения» и колонку «Уменьшение». Получилось вполне осмысленное сочетание: «Область распространения мышей уменьшается». Остается «обыграть» эту исходную мысль, развернуть на ее основе сказочные события. . .

* * *

В 70-е годы наступило разочарование в методах активизации¹¹. В более или менее широкую практику вошли лишь частности, осколки методов. От мозгового штурма сохранились неформальные деловые совещания и понимание того, что формализм несовместим с обста-

¹¹ В начале XXI в. гуманитарии увлеклись методами активизации, в точности повторяя ошибки, уже совершенные инженерами в середине XX в.

новкой, в которой могут возникать творческие идеи. От морфологического метода остались таблицы – их иногда составляют для определения области применения и возможностей развития найденной идеи. Все вернулось «на круги своя»: надо так или иначе перебирать как можно больше вариантов. Впрочем, темпы научно-технической революции нарастали, потребность в новых идеях быстро увеличивалась, и в старую формулу «перебирай варианты» внесли поправку: надо, чтобы как можно больше людей как можно больше времени – днем и ночью! – перебирали варианты...

Показательна в этом плане практика многих японских фирм, о которой рассказывает книга Х. Ясухисы «Идея и разработка товаров широкого потребления».

Фирмы стараются получать от своих сотрудников как можно больше новых идей. Идеи должны генерировать все: начиная с президента и председателя правления и кончая курьерами и уборщицами. Чем больше предложений, тем лучше, поэтому – вырабатывайте идеи, вырабатывайте их с раннего утра до поздней ночи, вырабатывайте при всех обстоятельствах!.. Таков пафос книги, главная мысль, пронизывающая каждую страницу. Автор напоминает широко известную в Японии историю президента «Ото борупэн» Тосабуро Наката. Начинал Наката владельцем небольшой кузнечной мастерской. Постепенно приучил себя к ежедневной утренней «умственной зарядке»: думал над задачами, решал головоломки. Это помогло ему изобрести шариковую ручку, разбогатеть, прославиться...

«На банальных заседаниях рождаются только банальные идеи, – пишет Ясухиса. – Оригинальные идеи рождаются благодаря оригинальным заседаниям. Перед предприятиями-изготовителями стоит срочная задача осознать необходимость и важность разработки ассортимента новой продукции и обеспечить работникам, отвечающим за разработку новых товаров, такие условия, при которых они могли бы свободно мыслить и развивать самобытные идеи». Далее Ясухиса перечисляет условия, наиболее благоприятные для появления новых идей: ночью, при наблюдении за небом; при просмотре мультфильмов по ТВ; в туалете; на берегу моря, при наблюдении за набегающими волнами; при виде панорамы, открывающейся с высокой горы...

В полном соответствии с этим подбираются кадры. Так, фирма «Нитто Коки» назначает в конструкторское бюро «работников с сильно развитым индивидуальным характером, которые по общепринятому понятию могут считаться скорее чудаками, не имеющими здравого смысла». Фирма «Нагатаниэн» действует еще оригинальнее. «Президент фирмы г-н Нагатани в сентябре 1979 г. заявил заместителю заведующего торговым отделом г-ну Нотохара, что тот может не приходить на работу в течение двух лет, в неограниченном количестве тратить деньги, но за этот срок он должен предложить оригинальные идеи, способствующие разработке ходовых товаров». Расходы за два года составили 13 млн иен. Результат был неожиданным. Удивительный эксперимент привлек внимание к фирме, дал ей дополнительную рекламу и принес прибыль в 5 млрд иен. Новых идей Нотохара не выдвинул, сославшись на то, что шумиха, поднятая средствами массовой информации, мешала ему работать. Свободный режим Нотохаре был продлен...

Что ж, в нестандартных условиях действительно часто возникают нестандартные идеи. Но для решения современных задач необходимо перебрать тысячи и тысячи вариантов. А в сутках только 24 часа. НТР не ждет, она выдвигает сложнейшие задачи, которые необходимо решать все быстрее и быстрее...

Вот одна из таких задач.

Задача 2.3. Затонул корабль с ценным грузом. Извлечь груз было невозможно, решили поднимать весь корабль, используя для этого понтоны. Это пустые емкости («бочки»), их заполняют водой, опускают вниз, крепят к кораблю. Потом воду вытесняют сжатым воздухом, понтоны всплывают, поднимая корабль. К сожалению, корпус корабля был наполовину погружен в ил. Подъемной силы понтонов не хватало, чтобы преодолеть присасывающее действие

ила. Водолазы начали борьбу с илом: размывали его струями воды и сжатого газа. Мощные землесосные установки откачивали взвесь ила. Казалось, еще несколько дней – и корпус будет очищен. Но наступила осенняя непогода, волны быстро нагоняли ил, он снова охватывал корпус затонувшего судна. Работу приходилось начинать сначала... Поступило предупреждение: через неделю ожидается жестокий и длительный шторм. Корабль следовало поднять и отбуксировать в док за три-четыре дня. Или же отказаться от спасения груза – «зимовки» под водой груз не выдержал бы. Специалисты помрачнели: все известные им средства были безуспешно испробованы. Требовалось буквально за несколько часов найти идею нового способа – эффективного, легко реализуемого...

Какое предложение Вы внесли бы, если бы участвовали в спасательной экспедиции?

* * *

Методы активизации перебора вариантов, как мы видели, созданы не психологами, а практиками. Какова же позиция ученых – психологов, философов, историков техники?

Большинство придерживается старой концепции: метод проб и ошибок – единственная нормальная технология творчества. Примером могут служить работы английского философа К. Поппера. Один из центральных вопросов творчества – как возникают новые идеи? Правильнее, считает Поппер, этот вопрос ставить по-другому: как возникают хорошие идеи? Главное, что необходимо для появления хороших идей, – готовность и умение критически относиться к ним. Появление идей, их критика и отказ от них – важнейшие составляющие творческого процесса. Это и есть, согласно Попперу, проявление смелого воображения в науке. Ибо воображение требуется не только для выдумывания новых идей, но также для их критической оценки. Поппер ссылается на Эйнштейна: великий физик писал, что в течение двух лет, предшествовавших 1916 г., когда появилась теория относительности, у него в среднем возникала одна идея каждые две минуты, и он отвергал эти идеи...

Противоположный подход представлен, например, в работах психолога Дж. Гоуэна (США). Он сосредоточил свое внимание на механизме догадок, которые трактует как результат свободного обращения ученого к собственному подсознанию. Слишком долго, пишет Гоуэн, рассматривали мозг как устройство для решения проблем. Правильнее рассматривать его как приемное устройство, которое при тщательной настройке может принимать сигналы, всегда наличествующие, но доступные для самых тонких приборов, и то лишь при оптимальных условиях функционирования.

Как практически принимать эти гипотетические сигналы? Психолог Д. Маккиннон (США) считает, что ответ на этот вопрос может дать изучение переходного состояния между сном и бодрствованием. В серии экспериментов Маккиннон во время гипнотического сеанса внушал испытуемым содержание будущего сновидения. На следующий день испытуемые представляли свои отчеты. У одних сновидения точно соответствовали внушенной картине, у других произошли значительные деформации. Характер этих деформаций и был для Маккиннона главным и самым интересным результатом эксперимента. Тут ему виделась аналогия с выбором при решении задач: почему выбирают один вариант и отбрасывают другой...

Пожалуй, наиболее неожиданное объяснение работы «мозга-приемника» дал Вяч. Вс. Иванов¹²: «Авторы подавляющего большинства тех (относительно немногочисленных) произведений, которые определяют вершины человеческой культуры, склонны были, не преувеличивая своих личных заслуг, связывать возникновение этих текстов с такой “одномоментной” переработкой (или приемом) больших массивов информации. Поэтому остается неизвестным, действительно ли правы те специалисты по космической связи, которые предполагают, что при-

¹² Иванов В.В. Чет и нечет. – М.: Советское радио, 1978. – С. 163.

емники на Земле никак не реагируют на сверхкороткие импульсы, которые, возможно, посылают обогнавшие нас в своем развитии разумные существа. По альтернативной гипотезе, такие импульсы оставили существенный след в истории человеческой культуры. На этом пути можно искать и естественнонаучный подход к понятию гениальности».

Написано застенчиво, но смысл «альтернативной гипотезы» предельно ясен: гении – это люди, наделенные способностью улавливать из космоса информацию, посылаемую нашими «вышестоящими» братьями по разуму.

Раньше говорили: «снизошло», «осенило». И указывали источник – бог. У Иванова те же «снизошло» и «осенило», но источник иной – высокоразвитые космические цивилизации. Все лучшее, что придумали люди, отдается неведомым «богам» из космоса. Перечеркнуты колоссальная работа Менделеева и Эдисона, жизненный подвиг Циолковского и Дарвина, коллективный труд «коопераций современников», создавших авиацию, электронику, квантовую оптику... Людям – даже величайшим открывателям и изобретателям – остается роль марионеток.

* * *

Мысль о необходимости разработки эффективных методов решения творческих задач высказывалась давно, по крайней мере со времени древнегреческого математика Паппа, в сочинениях которого впервые встречается слово «эвристика». Однако лишь в середине XX в. стало очевидно, что создание таких методов не только желательно, но и необходимо. Появление методов активизации перебора вариантов – знаменательная веха в истории человечества. Впервые была доказана на практике возможность – пусть в ограниченных пределах – управлять творческим процессом. Осборн, Цвикки, Гордон показали, что способность решать творческие задачи можно и нужно развивать посредством обучения. Был подорван миф об «озарении», не поддающемся управлению и воспроизведению.

К сожалению, методы активизации сохранили старую технологию решения творческих задач. Это предопределило их поражение. Методы активизации оказались неспособными к развитию, они жили в рамках исходных формул. Полной неудачей закончилась и попытка как-то объединить, скомбинировать эти методы.

Круг замкнулся. Попытки перестроить решение творческих задач, сохраняя технологию перебора вариантов, завели в тупик.

* * *

В научно-техническом мировоззрении все меняется – неизблемым остается лишь представление о неуправляемости творческого процесса. Более того, считается, что и в будущем – через сто и тысячу лет – сохранятся те же особенности творчества.

Сила старых представлений о природе творчества колоссальна. Поэтому так трудно увидеть то, что, казалось бы, должно само бросаться в глаза; технические системы развиваются по определенным законам, которые можно познать и применить для создания новой технологии творчества.

Методы активизации перебора вариантов можно сравнить с воздушными шарами: подобно тому, как воздушные шары позволили впервые оторваться от земной поверхности, методы активизации впервые показали возможность усиления интеллектуальных операций при решении творческих задач. Но завоевание воздушного океана стало возможным только с появлением принципиально иного летательного аппарата – самолета. Точно так и освоение безбрежного «творческого пространства» требует средств, принципиально отличающихся от методов активизации.

Технические системы развиваются закономерно. Закономерности эти познаваемы, их можно использовать для сознательного совершенствования старых и создания новых технических систем, превратив процесс решения изобретательских задач в точную науку развития технических систем. Здесь и проходит граница между методами активизации перебора вариантов и **современной теорией решения изобретательских задач (ТРИЗ)**.

3. Внимание: задачи

Допустим, Вы назначены послом на Марс. Будем считать, что условия на этой планете – почти как на Земле. Люди и техника тоже почти такие же. А управляет Марсом Аэлита, та самая Аэлита – из повести Алексея Толстого. Или, если хотите, ее правнучка, очень похожая на толстовскую Аэлилу. Посольство отправляется впервые, от успеха Вашей миссии зависит установление дружественных отношений между двумя планетами. Так вот, Вы – посол и по древним марсианским обычаям должны прежде всего преподнести Аэлите подарок – какое-нибудь новое украшение. Заметьте, золота на Марсе – как у нас железа. Алмазов и других драгоценных камней – как у нас булыжников. Поэтому дело вовсе не в пышности и стоимости подарка. Нужно придумать что-то необычное, свидетельствующее о тонком вкусе землян... и достойное Аэлиты.

Однажды на моем рабочем столе оказалось письмо, в котором сухо и деловито – без упоминания об Аэлите – излагалась проблема. «Нашему проектно-конструкторскому институту предложена тема – разработать и внедрить систему автоматизированного проектирования (САПР) для ювелирного завода. Цель состоит в том, чтобы помочь ювелиру-художнику создавать новые изделия...» Далее следовала просьба: нельзя ли использовать теорию решения изобретательских задач «для активизации и формализации творческого процесса создания конструкции в диалоговом режиме на графическом дисплее из автоматизированного рабочего места (АРМ) в союзе с мощной ЭВМ».

Пришлось расспрашивать «проблемодателя», копаться в литературе, знакомиться с производством. Постепенно ситуация стала яснее, начали вырисовываться удивительные обстоятельства. Ювелирная промышленность давно превратилась в крупную отрасль народного хозяйства с современным массовым производством. Однако процесс создания ювелирного изделия почти не изменился с древних времен. Разве только людей прибавилось – вместо кустика-одиночки работает коллектив. Выглядит это примерно так.

Художник придумывает и рисует новое изделие. Допустим, серьги или браслет. По рисунку конструктор и технолог разрабатывают чертежи, продумывают технологию изготовления, составляют документацию на необходимую оснастку. Опытные мастера готовят образец изделия. Получив образец, художник пробует его на сотруднице: как смотрится вообще, как в движении, как при разном свете и т. д. Высказывают свое мнение женщины (это не предусмотрено штатным распорядком, но разве запретишь...). Художественный совет напоминает, что нельзя выигрывать в красоте изделия за счет чрезмерной стоимости его изготовления. Художник говорит конструктору: «Этот стерженек уберем, из двух камней оставим один, здесь округлим, здесь удлиним...» Начинается второй цикл. На 28-м и 33-м цикле художника осеняет: «Нет, не так! Вот набросок совершенно иного изделия!..» Все начинается сначала...

Для специалиста по ТРИЗ азбучная истина: нельзя принимать на веру формулировку, в которой предлагают задачу. В письме упоминаются активизация творческого процесса, формализация, использование ЭВМ, создание автоматизированного рабочего места для художника... Клубок проблем! Между тем задача должна содержать только одну проблему, но – центральную, изначальную, ключевую. В письме эта проблема даже не названа...

Информация к размышлению.

Некая зарубежная ювелирная фирма выпустила кольца с камнями, меняющими цвет в зависимости от настроения владельца. Обычно камень в этих кольцах зеленый, но если человек чем-то взволнован, зеленый цвет сменяется фиолетовым. На страх и угнетенное состояние камень реагирует почернением. Забавно, правда? А секрет прост. Под прозрачным камнем помещен слой жидкокристаллического вещества, меняющего свой цвет при изменении температуры. Температура пальца зависит от эмоционального состояния человека. Колебания

температуры невелики – от 31 до 33 °С, но этого достаточно для чувствительных жидких кристаллов. Самое потрясающее: за первые полтора месяца было продано 35 млн этих колец!

Итак, обыкновенное кольцо плюс грошова добавка жидкокристаллического вещества и капелька, самая малая капелька фантазии – в итоге получается новое ювелирное изделие, выпуск которого гарантирует фирме сенсационный успех. Спрашивается: нужны ли для этого дисплей, автоматизированное рабочее место и «союз с мощной ЭВМ»?!

«Проблемодатель» не коснулся главного – технологии генерирования новых художественно-технических идей. А она предельно несовершенна, эта технология. Художник перебирает варианты: «Попробуем так... Ах, не получилось?.. Ладно, попробуем иначе...» Ориентиры для поиска дает опыт. Но этот же опыт навязывает сильнейшую психологическую инерцию: поиск вольно или невольно идет в привычном направлении, робкие попытки свернуть в сторону тут же пресекаются. «Проблемодатель», однако, и не помышляет затрагивать методику придумывания нового, он хочет сохранить перебор вариантов, как-то компенсировав его несовершенство. Отсюда подсказка: используйте дисплей, создайте автоматизированное рабочее место, ведите поиск в союзе с мощной ЭВМ...

Представьте себе такую задачу: «Для повышения эффективности действия телеги надо автоматизировать рабочее место возчика, снабдить его магнитофонным устройством для звукового монолога («Ну, залетные, живей пошли!...»), установить мощную ЭВМ, в союзе с которой возчик будет определять оптимальный режим бега коней». Пример ничуть не утрирован. Применительно к прошлому, к уже решенным задачам все ясно. Да, надо не автоматизировать рабочее место возчика, а менять принцип действия старой системы, переходить от телеги к автомобилю. Но ставя свою задачу или сталкиваясь с новой, мы словно нарочно забываем об этом.

Первоначальную формулировку проблемы в ТРИЗ принято называть **изобретательской ситуацией**. Иногда «проблемодатель» излагает ситуацию корректно: описывает производственный процесс или техническую систему, указывает недостаток – от какого вредного свойства надо избавиться или какого полезного свойства недостает. Скажем, так: «Поступил срочный заказ на оригинальное ювелирное изделие. Для выполнения этого заказа необходимо придумать нечто совершенно новое. Идея новинки должна гарантировать успех, не меньший, чем у колец с жидкими кристаллами. Но труд художника-ювелира кустарен, поиск нового идет медленно и неэффективно, выполнение заказа может сорваться. Как быть?»

К сожалению, в большинстве случаев ситуация включает и неверное предписание о направлении решения. Более того, это предписание часто вытесняет действительно необходимые исходные сведения, навязывает поиск в направлении, уводящем от цели: «Необходимо создать автоматизированное рабочее место...»

Ситуацию легко перевести в максимальную и минимальную задачи. Схема **макси-задачи**: требуется принципиально новая техническая система для такой-то цели. У **мини-задачи** иная схема: необходимо сохранить существующую систему, но обеспечить недостающее полезное действие (или убрать имеющееся вредное свойство). В обеих формулировках суть дела должна быть изложена просто и ясно – так, чтобы все было понятно и неспециалисту. Если задача понятна и десятикласснику, это верный признак того, что ее понимает сам «проблемодатель»...

Пример хорошей постановки макси-задачи – «подарок для Аэлиты». Четкая формулировка, нет навязчивых указаний, что делать, запоминающаяся форма изложения.

Посмотрим теперь, как выглядит мини-задача. Два предварительных замечания. Первое: «минимальная» не означает «маленькая», «небольшая». Просто при решении мини-задачи **результат надо получить при минимальных изменениях уже имеющейся системы**. В парадоксальном мире изобретательства мини-задача может оказаться труднее макси-задачи. В формулировке появляются дополнительные ограничения, порой их очень трудно преодолеть.

Второе: из одной и той же ситуации можно, вообще говоря, получить много разных мини-задач. Из ситуации «Требуется повысить эффективность создания нового ювелирного изделия» можно получить мини-задачи, относящиеся к разработке идеи нового изделия, изготовлению опытного образца, налаживанию массового производства, выполнению той или иной операции.

Одна из возможных мини-задач.

Задача 3.1. У художника возникла идея оригинального браслета, состоящего из множества тонких золотых цепочек. Образец был изготовлен и представлен членам художественного совета. Браслет понравился, кто-то даже сказал, что такой браслет не стыдно преподнести Аэлите... Цепочки были сплетены из граненой проволоки, при малейшем движении в них вспыхивали бесчисленные золотистые искры... Однако совет единодушно отказался принять изделие и рекомендовать его в серию. Да и сам художник понимал, что трудоемкость изготовления браслета чрезмерно велика. Все упиралось в сложность основной операции – пайки звеньев. Сплести золотую цепочку нетрудно, есть даже автоматы, превращающие проволоку в цепочку. Но существует закон: всякое изделие из драгоценного металла должно представлять собой нераздельное целое. Подлинность изделия, его неподдельность удостоверяются государственным пробирным клеймом – не ставить же клеймо на каждое звено цепочки! Вся цепочка должна быть единым изделием, каждое звено надо пропаять, замкнув его припоем. Как это сделать, если метр цепочки весит грамм и звеньев там множество, а зазоры в них едва видны?»

* * *

Эта книга рассказывает об основных идеях современной теории решения изобретательских задач. Логично в первых главах представить читателю главного героя книги – типичную изобретательскую задачу. Но их нет, типичных изобретательских задач! Есть ситуации, которые относятся к задачам примерно так, как куски железной руды относятся к подшипникам. Есть «задачи-призраки» – тупиковые формулировки, полученные неверным истолкованием исходной ситуации. Внешне «призраки» похожи на макси-задачи и мини-задачи: для такой-то цели надо придумать такой-то механизм. А потом, после многих безуспешных попыток, выясняется, что для достижения цели надо было искать совсем иной механизм. Да и сама цель нередко полностью меняется в ходе решения...

В школе и вузе будущий инженер привыкает к тому, что условиям задачи следует безоговорочно доверять. Если в условиях сказано, что даны А и Б и надо найти Х, это значит, что найти надо именно Х и что приведенные данные (А и Б) достоверны и вполне достаточны. В изобретательской задаче все иначе: в процессе решения может выясниться, что найти надо не Х, а Y и для этого нужны не А и Б, а В и Г. Поэтому первые встречи с изобретательскими задачами порождают недоумение и неуверенность в том, правильно ли они сформулированы, конкретно ли поставлены и т. д. На самом деле правильно сформулированных изобретательских задач не бывает. Если абсолютно правильно сформулировать изобретательскую задачу, она перестанет быть задачей: ее решение сделается очевидным или же будет ясно, что задача не поддается решению при имеющемся уровне науки и техники.

Мы будем использовать привычный термин «задача», помня при этом, что «задача» может означать и «ситуация», и «тупиковая задача», и «макси-задача», и «мини-задача». Умение видеть «кто есть кто» придет постепенно – по мере знакомства с ТРИЗ.

* * *

Вернемся к задаче 1.1 (перевозка жидкого шлака). Разумеется, это не задача, а типичная изобретательская ситуация. Причем такая ситуация, в которой нет требований об усовершенствовании конкретных показателей, создании определенных машин и механизмов. Именно это делает формулировку ситуации корректной – в той мере, в какой это возможно для изобретательской ситуации.

Обычно ситуацию произвольно переводят в задачу, привязывая к наиболее «больному месту». В данном случае это – выбивка затвердевшего шлака из ковшей – тяжелая и малопродуктивная работа, осуществляемая вручную. Ситуацию можно перевести в конкретную задачу: надо механизировать выбивку твердого шлака. Однако нет никакой уверенности в том, что решение полученной задачи существенно улучшит исходную общую ситуацию. Более того, нет гарантии, что эта формулировка не ведет в тупик.

Ситуация со шлаком была предложена в разное время трем группам инженеров – до начала обучения теории решения изобретательских задач. В ходе обсуждения свободно выдвигались различные идеи, никакой определенной процедуры поиска решения не было. Единственное условие состояло в том, что после обсуждения нужно назвать идею, рекомендуемую в первую очередь. Ниже приведены итоги эксперимента.

Таблица 2

Рекомендуемая идея	Номер группы	Число слушателей	Продолжительность обсуждения, мин	Кол-во идей
Изменить конструкцию пробивного устройства	1	22	45	18
Использовать теплоизолирующую крышку для ковша	2	13	45	16
Перерабатывать жидкий шлак без перевозки	3	18	90	23

Идеи, рекомендуемые группами, относятся к разным иерархическим уровням. Изменение конструкции пробивного устройства – это частичное изменение одной из небольших систем. Применение крышки требует введения новой системы, обеспечивающей ее подъем и опускание. Наконец, переработка шлака без перевозки затрагивает всю систему утилизации шлака.

* * *

Системная природа техники осложняет решение задач и в тех случаях, когда объект, подлежащий изменению, выбран правильно и точно. Всякое изменение выбранного объекта называется, чаще всего отрицательно, на других объектах, на надсистеме, в которую входит объект, и на подсистемах, из которых он состоит. Возникают технические противоречия: выигрыш в одном сопровождается проигрышем в чем-то другом. Поэтому для решения изобретательской задачи недостаточно улучшить ту или иную характеристику объекта; необходимо, чтобы это улучшение не сопровождалось ухудшением других характеристик.

Обязательный признак изобретения – преодоление противоречия. Но с позиций юридических изобретениями признаются и многие конструкторские, и даже просто технические решения. Например, по авторскому свидетельству 427423 задача определения давления газа внутри лампы накаливания решена так: лампу разбивают, газ выпускают в мерный сосуд и измеряют давление. Чтобы точно проконтролировать давление газа в партии изготовленных ламп, надо разбить как можно больше ламп (в идеале – все лампы), а чтобы сохранить лампы, их, естественно, не надо бить (в идеале необходимо, чтобы уцелели все лампы). Противоречие не устранено, налицо даже не конструкторское, а тривиальное техническое решение. Однако юридически оно признано изобретением.

На такого рода «неизобретательские изобретения» выдается значительная часть патентов и авторских свидетельств.

Задача 3.2. При обогащении руды исходный продукт подают в наполненную жидкостью открытую цилиндрическую камеру. Жидкость вспенивают, а пена, несущая частицы руды, перехлестывает через край камеры. Для снятия пены используют лопастное устройство, расположенное под камерой: вращаясь, лопасти смахивают пену. При этом лопасти постепенно раскручивают и жидкость в камере, а это затрудняет отделение руды от пустой породы.

Как предотвратить вращение жидкости в камере, не мешая лопастям смахивать пену?

Задача решается весьма тривиально: флотационную камеру снабжают несколькими радиальными перегородками. Эти перегородки не дают жидкости вращаться, но не мешают лопастям смахивать пену под камерой. На такое решение 39 (!) авторов получили а.с. 439316.

Патентная охрана «неизобретательских изобретений» обусловлена причинами исторического и экономического характера. Патентное право начиналось с выдачи привилегий на торговлю тем или иным видом товара. Цель состояла в создании условий, обеспечивающих получение прибыли от торговли, а совсем не в регистрации творческих достижений. И до сих пор в патентном праве на первом месте стоят коммерческие интересы. Так, во многих странах в выдаче патента будет отказано, если суть изобретения, хотя бы и гениального, изложена в статье или книге до подачи заявки. Мотивируется это тем, что предприниматели уже после публикации могли вложить средства в реализацию изобретения, выдача патента обесценила бы эти капиталовложения. Интересно отметить, что при выдаче диплома на открытия, когда нет необходимости защищать чьи-то коммерческие интересы, предварительная публикация не только не возбраняется, но, напротив, является обязательной.

Идея о том, что изобретениями следует считать только те решения, которые обеспечивают устранение технических противоречий (ТП), впервые выдвинута сравнительно недавно, в 50-х годах¹³. В последнее время эта идея попала в поле зрения патентоведов и начала находить применение в практике работы некоторых экспертов¹⁴.

* * *

В ТРИЗ принято делить задачи на пять уровней.

Первый уровень. Решение таких задач не связано с устранением технических противоречий и приводит к **мельчайшим изобретениям** («неизобретательские изобретения»). Задача первого уровня и средства ее решения лежат в пределах одной профессии, решение задачи под силу каждому специалисту. Объект задачи указан точно и правильно. Вариантов изменений

¹³ Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. О некоторых вопросах советского изобретательского права // Советское государство и право. – 1958, № 2. – С. 35–44.

¹⁴ Основы теории и общие методы экспертизы. – М.: ЦНИИПИ, 1973. – С. 20–21.

мало, обычно не более десяти. Сами изменения локальны: незначительно перестраивая объект, они не отражаются на иерархии систем.

Задача 3.3. На речных судах мачты состоят из двух частей: неподвижная часть (стандерс) шарнирно соединена с подвижной (стойкой). При прохождении под мостом стойку опускают, а потом, когда мост останется позади, вновь поднимают. Весит стойка немало, поднимать и опускать ее сложно. Возникает задача, как упростить подъем-спуск стойки?

Задача предельно простая: «Есть шлагбаум. Поднимать и опускать его подвижную часть трудно. Как быть?» Еще на заре «шлагбаумостроения» где-нибудь в Древнем Египте или Древнем Риме знали: подвижная часть хорошего шлагбаума должна быть уравновешена. Если на корабле трудно поднимать стойку, значит, мачта – плохой шлагбаум, неуравновешенный. Надо заменить его хорошим, уравновешенным. За это «новшество» трем авторам в 1984 г. **нашей эры** выдано а.с. 1070055: «Судовая заваливающаяся мачта, содержащая стойку, прикрепленную с помощью опорного шарнира к стандерсу, отличающаяся тем, что, с целью упрощения конструкции, опорный шарнир расположен в центре тяжести стойки...»

Задача 3.4. Предположим, речное судно снабжено заваливающейся мачтой со стойкой длиной 6 м. На судне установили дополнительное палубное оборудование. Как теперь опускать стойку мачты, если свободного пространства (по горизонтали) осталось всего 3 м?

Ответ очевиден: надо поставить еще один шарнир, чтобы складывать верхнюю часть стойки. В формуле изобретения по а.с. 973407 (тоже три автора!) это звучит почти торжественно. «Судовая мачта, содержащая неподвижное основание, к которому шарнирно прикреплена поворотная часть... отличающаяся тем, что, с целью уменьшения вылета мачты при заваливании ее поворотной части и сохранения при этом работоспособности судового оборудования, верхний участок шарнирно соединен с поворотной частью мачты...»

Может быть, размахнуться, разделить стойку на звенья и установить много шарниров? Есть и такое изобретение: а.с. 1082673, выдано в 1984 г. Стойка складывается, как плотницкая линейка...

Я предложил задачу 3.4 читателям «Пионерской правды» (условия напечатаны в номере от 4 мая 1985 г.). Прибыло 5272 письма от учащихся второго – седьмого классов; правильных ответов – 4570...

Задача 3.5. Некоторые сельскохозяйственные объекты окружают забором, выполненным из железобетонных стоек. Иногда часть забора надо опустить. Для этого каждая стойка снабжена шарниром. Но стойки тяжелые, опускать-поднимать их сложно. Как быть?

Читатель, надо полагать, решит эту задачу, еще не дочитав условий. А.с. 965404, два пункта формулы:

«1. Стойка для искусственной изгороди, содержащая основание, шарнирно соединенный с ним столбик с механизмом его подъема в вертикальное положение, отличающаяся тем, что, с целью упрощения конструкции, механизм подъема столбика выполнен в виде противовеса, размещенного на нижнем конце столбика под шарниром.

2. Стойка по п. 1, отличающаяся тем, что противовес выполнен в виде прилива, например из бетона или чугуна».

Восхищает глубокая мудрость второго пункта; противовес сделан не из драгоценного черного дерева или, скажем, платины, а экономно – из бетона и чугуна...

Задача 3.6. В трубе движется жидкость. Для очистки жидкости на первых циклах нужен керамический фильтр. Выполнен он в виде плоского круглого диска. После очистки жидкости фильтр бесполезно увеличивает гидравлическое сопротивление системы. Ваше предложение?

Эту задачу решала группа из 18 инженеров. Каждый работал отдельно, причем испытуемые были предупреждены, что необходимо записывать все варианты, возникающие по ходу решения. Всего (во всех записях) оказалось шесть вариантов, наибольшее их число в одной работе – три. Во всех записях был контрольный ответ: после окончания фильтрации надо поворачивать диск плоскостью вдоль течения. Типичная задача первого уровня, хотя итог решения юридически считается вполне патентоспособным изобретением.

Второй уровень. Задачи с техническими противоречиями, легко преодолеваемыми с помощью способов, известных применительно к родственным системам. Например, задача, относящаяся к токарным станкам, решена приемом, уже используемым в станках фрезерных или сверлильных. Меняется (да и то частично) только один элемент системы. Ответы на задачи второго уровня – **мелкие изобретения**. Для получения ответа обычно приходится рассмотреть несколько десятков вариантов решения.

Задача 3.7. В трубе, по которой движется газ, установлена поворотная заслонка. Иногда температура газа неконтролируемо меняется (повышается на 20–30 °С). С повышением температуры уменьшается плотность газа, падает количество газа, проходящего через трубу в единицу времени. Нужно обеспечить постоянный расход газа (для каждого угла поворота заслонки).

Задача была предложена той же группе испытуемых. Максимальное время на решение – 42 мин, всего выдвинуто разных вариантов – 26, наибольшее количество вариантов в одной записи – 12. На контрольный ответ вышли только шесть инженеров (а.с. 344199): «Дроссельная заслонка с поворотным диском, закрепленным на оси, отличающаяся тем, что, с целью компенсации изменения расхода газа в зависимости от температуры, в диске выполнено сквозное отверстие, и на диске установлен биметаллический чувствительный элемент, перекрывающий отверстие». Анализ вариантов показал, что сначала почти все (15 человек из 18) пытались идти наиболее очевидным путем: предлагали измерять температуру и регулировать положение заслонки в зависимости от изменения температуры. Это решение явно противоречило условиям задачи (изменение температуры неконтролируемо) и конструктивно оказывалось довольно сложным. Возникла вторая серия идей: использовать для саморегулирования тепловое расширение. Но тепловое расширение характеризуется малым изменением размеров при сравнительно больших перепадах температуры. Выгоднее использовать биметаллические пластины, способные значительно менять свою форму (изгиб) даже при небольших колебаниях температуры.

Третий уровень. Противоречие и способ его преодоления находятся в пределах одной науки, т. е. механическая задача решается механически, химическая задача – химически. Полностью меняется один из элементов системы, частично меняются другие элементы. Количество вариантов, рассматриваемых в процессе решения, измеряется сотнями. В итоге – **добротное среднее изобретение**.

Задача 3.8. Существует специальный вид фотографирования с использованием взрывного затвора: с помощью сильного электрического заряда уничтожают шторку, перекрывающую путь световому потоку. Решено было использовать этот принцип при киносъемке. Но киносъемка требует непрерывности, надо снимать один кадр за другим. Возникает проблема: каким образом быстро менять шторку, уничтоженную взрывом?

В одном из экспериментов эту задачу решала группа в 14 человек. Время, затраченное на решение, от 2 до 3 часов, в записях много одинаковых вариантов (в одной записи – 22 варианта – и нет правильного ответа). Большинство предложений связано с различными спосо-

бами замены одной «взорванной» шторки другой. Многие идеи выходят за рамки ограничений, поставленных условиями задачи (вместо сохранения взрывного затвора предлагают различные механические затворы). Контрольный ответ – а.с. 163487: «Способ перекрытия светового пучка с использованием взрывного затвора, например при скоростной киносъемке, отличающийся тем, что, с целью многократного использования одного и того же прерывателя светового пучка, взрыв и искровой разряд производят в жидкости, помещенной между двумя защитными стеклами так, чтобы ее свободная поверхность в спокойном состоянии касалась светового канала оптической системы». В записях двух инженеров есть приближение к контрольному ответу: предложено заранее сломать и измельчить шторку, т. е. сделать шторку из порошка.

***Четвертый уровень.** Синтезируется новая техническая система. Поскольку эта система не содержит технических противоречий, иногда создается впечатление, что изобретение сделано без преодоления ТП. На самом же деле ТП было, однако относилось оно к прототипу – старой технической системе. В задачах четвертого уровня противоречия устраняются средствами, подчас далеко выходящими за пределы науки, к которой относится задача (например, механическая задача решается химически). Число вариантов, среди которых «прячется» правильный ответ, измеряется тысячами и даже десятками тысяч. В итоге – **крупное изобретение**. Нередко найденный принцип является «ключом» к решению других задач второго – четвертого уровней.*

Задача 3.9. На заводе, выпускающем сельскохозяйственные машины, был небольшой полигон для испытания машин на трогание с места и развороты. Завод получил заказ на поставку продукции в 20 стран. Выяснилось, что нужно проводить испытания на 100 видах почв. Чем больше полигонов – тем надежнее, испытания. Но с увеличением числа полигонов резко возрастает стоимость испытаний и, следовательно, стоимость продукции.

Десять лет – с 1973 по 1982 г. – эта задача предлагалась многим группам на учебных семинарах по ТРИЗ. Но не было ни одного случая, чтобы задачу правильно решили до обучения.

***Пятый уровень** – изобретательская ситуация представляет собой клубок сложных проблем (например, очистка океанов и морей от нефтяных и прочих загрязнений). Число вариантов, которое необходимо перебрать для решения, практически не ограничено. В итоге – **крупнейшее изобретение**. Это изобретение создает принципиально новую систему, она постепенно обрастает изобретениями менее крупными. Возникает новая отрасль техники. Примерами могут служить самолет (изобретение самолета положило начало авиации), радио (радиотехника), киноаппарат (кинотехника), лазер (квантовая оптика).*

Задача 3.10. Нужно предложить подземоход, способный передвигаться в земной коре со скоростью 10 км/ч при запасе хода в 300–400 км.

Здесь хорошо видна характерная особенность задач пятого уровня: к моменту постановки подобных задач средства их решения лежат за пределами современной науки. Неизвестны те физические эффекты, явления, принципы, на основе которых может быть создан подземоход (а вместе с ним новая отрасль техники – глубинный транспорт).

Условия задачи пятого уровня обычно не содержат прямых указаний на противоречие. Поскольку системы-прототипа нет, то нет и присущих этой системе противоречий. Они возникают в процессе синтеза принципиально новой системы. Предположим, решено обеспечить продвижение подземохода путем расплавления горных пород. Сразу образуется узел сложнейших противоречий: расплавляя окружающие породы, мы облегчаем движение машины,

но резко увеличиваем расход энергии, создаем гигантский теплоприток внутрь подземного корабля, затрудняем использование известных навигационных средств, следовательно, лишаем машину управления.

* * *

Не хотелось бы, чтобы у читателя создалось упрощенное представление: задачи первого уровня до смешного легки, чем выше уровень – тем лучше, а потому даешь изобретения четвертого-пятого уровней!.. Все значительно сложнее. Да, задачи первого уровня действительно не имеют отношения к изобретательскому творчеству, это конструкторские задачи. Иначе обстоит дело с задачами второго-третьего уровней: их решения необходимы не только сами по себе, но и для реализации изобретений более высоких уровней.

В первой главе рассказано, как был создан газотеплозащитный скафандр. Это изобретение четвертого уровня: синтезирована новая техническая система. Теперь представьте горно-спасателя с внушительным резервуаром сжиженного воздуха за спиной. Воздух должен непрерывно испаряться; значит, в резервуаре должны быть постоянно открытые входные отверстия. Но через эти отверстия – при малейшем наклоне резервуара – выльется сжиженный воздух. Клапаны? Рискованное усложнение конструкции. Сделать резервуар по принципу школьной чернильницы-непроливайки? Но тогда придется запастись сжиженного воздуха в 2–2,5 раза меньше. Задача второго уровня, но от ее решения зависела реализация основного изобретения...

* * *

Технические системы, как и биологические (и любые другие), не вечны: они возникают, переживают периоды становления, расцвета, упадка и, наконец, сменяются другими системами. Типичная история жизни технической системы показана на рис. 4а, где на оси абсцисс отложено время, а на оси ординат – один из главных показателей системы (скорость самолета, грузоподъемность танкера, число выпущенных телевизоров и т. д.). Возникнув, новая техническая система далеко не сразу находит массовое применение: идет период обрастания системы вспомогательными изобретениями, делающими новый принцип практически осуществимым. Быстрый рост начинается только с точки 1. Далее система энергично развивается, ассимилируя множество частных усовершенствований, но сохраняя неизменным общий принцип. С какого-то момента (точка 2) темпы развития замедляются. Обычно это происходит после возникновения и обострения противоречий между данной системой и другими системами или внешней средой. Некоторое время система продолжает развиваться, но темпы развития падают, система приближается к точке 3, за которой исчерпывают себя физические принципы, положенные в основу системы. В дальнейшем система остается без изменений (велосипед за последние полвека) или быстро регрессирует (газовое освещение после появления электрического). На смену системе А приходит система Б. При этом абсцисса точки 1' системы Б обычно близка в абсциссе точки 3 системы А. Теоретически систему Б нужно было бы развивать значительно раньше – так, чтобы точка 1' совпала с точкой 2, но на практике это происходит лишь в очень редких случаях. Старая система А оттягивает силы и средства, при этом действует мощная инерция финансовых интересов и узкопрофессиональных представлений. Разумеется, новая система в конечном счете неодолима, но она блокируется старой, что преодолевается лишь после того, как старая система одряхлеет и вступит в резкий конфликт с внешней средой.

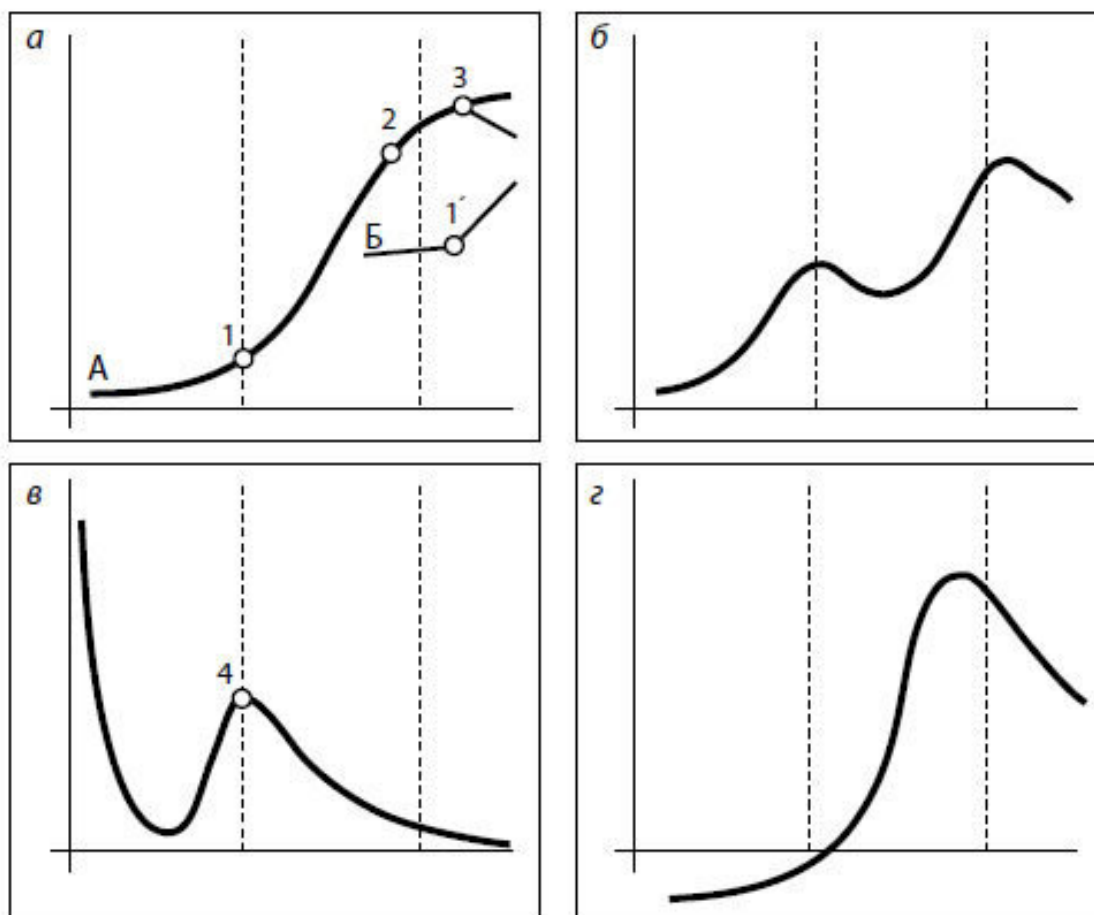


Рис. 4

Изменение количества изобретений на разных этапах развития системы иллюстрирует рис. 4б. Первый пик связан с переходом к массовому применению системы, второй – с попытками множеством мельчайших изобретений продлить жизнь одряхлевшей системы. На рис. 4в показаны уровни изобретений на разных этапах жизни системы: рождение системы связано с одним или несколькими изобретениями четвертого-пятого уровней, затем уровень снижается, но в районе точки 4 наблюдается некоторый пик – изобретения, позволяющие перейти к массовому применению системы, нередко достигают третьего-четвертого уровней. После этого уровень изобретений вновь падает – и на этот раз необратимо.

В книге «Алгоритм изобретения» [Г. Альтшуллер. Алгоритм изобретения. – М.: Московский рабочий, 2-е изд., 1973] приведены данные по 14 классам изобретений за 1965 и 1969 гг. Анализ дал такие цифры: изобретений первого уровня – 32 %, второго – 45, третьего – 19, четвертого – менее 4, пятого – 0,3 %. Таким образом, свыше 3/4 зарегистрированных изобретений фактически представляли собой результаты решения мелких и мельчайших задач. В 1982 г. я повторил анализ по трем классам (А 62 – спасательная служба, В 63 – суда, Е 21 – бурение). Результаты таковы: первый уровень – 39 %, второй – 55 %, третий – 6 %, крупных и крупнейших изобретений нет... Конечно, выборка за один год по трем классам явно мала для обобщений, но первое представление о «спектре качества» она дает. Опасное измельчение изобретений просматривается достаточно ясно.

Существует точка зрения, согласно которой преобладание «мелочи» – явление нормальное и положительное: «Как в математике бесконечно малые приращения способны образовывать конечные и вполне ощутимые суммы, так незначительные, казалось бы, но организо-

ванные и целенаправленные усовершенствования, зафиксированные юридической формулой, создают техническую базу того, что принято называть научно-технической революцией»¹⁵.

Не правда ли, изящное сравнение? Но, увы, аналогия с математикой ошибочна. Чтобы получить конечную величину, надо сложить бесконечно большое число бесконечно малых величин...

Некрупные изобретения всегда нужны на начальном этапе становления технической системы (до точки 1): они наращивают «плоть» новой идеи, позволяют перейти от схемы к реальной вещи. В общем, нужны небольшие изобретения и на этапе зрелости системы (между точками 1 и 2), но основная масса мелких изобретений относится к старым техническим системам «от точки 2 до точки 3 и далее». Массовая инъекция таких изобретений призвана искусственно продлить рост и жизнь устаревших по своим принципам систем.

Технические системы могли бы быстрее сменять одна другую. Для этого необходимо, чтобы при достижении системой А точки 2 происходил переход к системе Б, заранее развитой до состояния 1'. В отдельных случаях так и бывает. Например, реактивные самолеты (система Б) почти без потерь времени сменили самолеты с поршневыми двигателями (система А). Однако в подавляющем большинстве случаев жизнь систем стремятся продолжить и после прохождения точки 2. Это выгодно тем, кто вкладывал средства в эти системы и рассчитывает на получение прибыли. Себестоимость перевозки нефти на танкере водоизмещением в 540 тыс. тонн на 50 % ниже, чем на танкере в 80 тыс. тонн. Инженерные силы направлены не на поиск новых принципов транспортирования нефти, а на разработку усовершенствований, позволяющих строить и эксплуатировать супертанкеры громадных размеров. Поток небольших усовершенствований на них неуклонно увеличивается, но эти изобретения не способны обеспечить безопасность движения супертанкеров и предотвратить загрязнение Мирового океана.

На рис. 4 з показано изменение средней эффективности одного изобретения, т. е. размер даваемой им экономии. Великие изобретения пятого уровня и первые крупные и средние изобретения, превращающие новый принцип в отрасль техники, поначалу не дают прибыли, они убыточны. Прибыль появляется потом, когда новая машина находит массовое применение. Тогда любая мелочь дает большую экономию. Пример: сотрудники Института электросварки им. Е.О. Патона заменили пайку бокового вывода к цоколю лампы автоматизированной сваркой. Экономится лишь капля припоя. Замена пайки сваркой давно стала типовым приемом. Как максимум это – изобретение второго уровня, а скорее всего, – «неизобретательское изобретение». Но в целом по стране экономия составляет около миллиона рублей в год, хотя лампа осталась старой, т. е. ненадежной и крайне неэкономичной системой.

Заканчивая третью главу, я вдруг подумал, что ничего не сказано о красоте. Есть графики, таблицы, сухие формулы изобретений – и ничего о красоте изобретательских задач!.. А они поразительно красивы. Они могут относиться к любой области жизни, к любой отрасли техники, но они всегда загадочны, всегда исполнены очарования тайны. И еще: они романтичны. Их решение – драма идей, приключение, которое неизвестно чем кончится. Они удивительны, эти задачи; стоит ввести дополнительное ограничение, чуть-чуть повернуть условия – и задача обновится...

Мы только вступаем в ТРИЗ. Впереди – законы, правила. А пока посмотрим еще одну задачу, лукавую и изящную. Простенькая задача, не выше второго уровня. Но разве это мешает ей быть красивой?

Задача 3.11. Робин Гуд вскинул боевой лук, и стрела, со свистом рассекая воздух, устремилась к лазутчику, посланному шерифом...

¹⁵ Изобретатель и рационализатор. – 1975, № 10. – С. 42.

– Опять промазал! – воскликнул режиссер. – Метра на два выше. Подумать только: взяли дублером заслуженного мастера, чемпиона, а он мажет...

– Давайте скомбинируем, – предложил кинооператор. – Отдельно снимем выстрел, отдельно – летящую стрелу. Потом дублер подойдет метра на три, станет вне кадра, и я сниму попадание. Смонтируем три куска.

– Ни в коем случае! – возмутился режиссер. – Зрители прекрасно знают этот трюк. Надо снимать непрерывно: вот Робин Гуд отпускает тетиву, стрела летит и поражает предателя прямо в сердце. И всем видно, что Робин Гуд стрелял издалека. Мне нужна правда жизни.

– Тогда снимайте без меня! – сердито сказал артист, игравший лазутчика. Он вытащил дощечку, спрятанную в верхнем кармане куртки. – Сам Робин Гуд не попал бы в такую цель. Ужас! Мне надо играть, а я думаю о том, что произойдет при малейшем отклонении стрелы...

Подошел дублер, одетый в костюм Робин Гуда, виновато развел руками:

– Даже на олимпиаде так не переживал. В последний момент невольно беру вверх, боюсь стрелять в человека...

– Завтра уже не будет такой погоды, – вздохнул оператор. – Снять бы эпизод сегодня...

Красота – красотой, но все-таки подчеркнем главное. Комбинированные съемки исключены. Зритель должен видеть, как стрела летит и попадает в цель. В куртке артиста, игравшего роль лазутчика, спрятана дощечка (по размерам она не больше почтовой открытки), в эту дощечку должна вонзиться стрела. «Мишень» не только мала, она еще и подвижна, пытается убежать...

4. Формула победы

Как возникают новые виды животных? В результате действия различных мутагенных факторов появляются новые признаки. В огромном большинстве случаев они бесполезны или даже вредны. И лишь изредка появляется признак, полезный для организма. Естественный отбор бракует особи с неудачными новыми признаками и способствует сохранению и распространению особей с признаками полезными.

Таков и традиционный механизм работы при решении изобретательских задач. Изобретатели, не зная законов развития технических систем, генерируют – мысленно и в металле – множество различных вариантов решения. Жизнеспособными оказываются только те «мутации», которые действуют в направлении, совпадающем с объективно существующими законами развития.

У природы нет сознания, разума: результаты мутаций не изучаются, борьба за повышение «процента удачных мутаций» не ведется. В технике есть возможность накопить опыт «мутаций», исследовать его, выявить «правила удачного мутирования», отражающие объективные законы развития. Это позволит вести «мутации» сознательно: первый же выдвинутый вариант должен быть наилучшим.

Воображение – вольно или невольно – создает определенный образ задачи. Прочитал человек условия, и сразу же вспыхивает мысленный экран с высвеченной на нем картинкой (рис. 5).

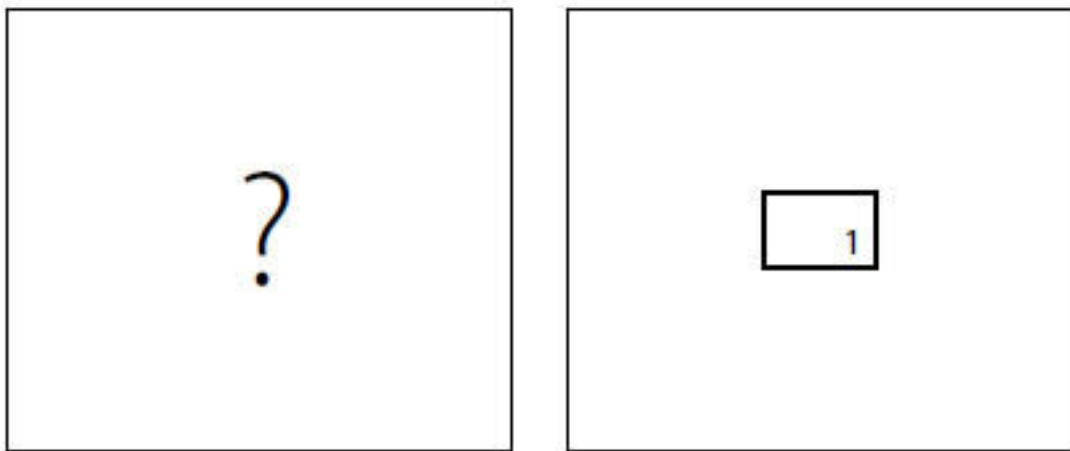


Рис. 5

Мышление несистемно. Не успели люди в процессе эволюции выработать системное видение мира. Если в задаче сказано «дерево», человек видит именно дерево.

Начинается перебор вариантов. Дерево становится чуть больше, чуть меньше... Часто на этом все кончается: ответ не найден, задача признана неразрешимой.

Это – обычное мышление. Талантливое воображение одновременно зажигает три экрана (рис. 6): видны надсистема (группа деревьев), система (дерево), подсистема (лист).

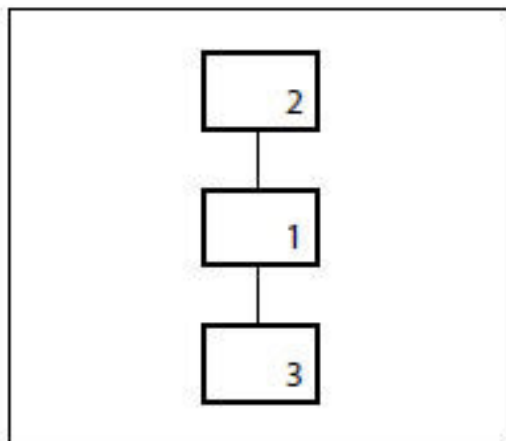


Рис. 6

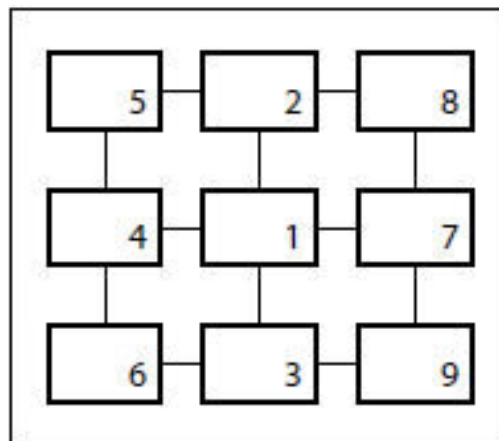


Рис. 7

Конечно, это минимальная схема. Иногда включаются и другие экраны: наднадсистема (лес) и подподсистема (клетка листа). А главное – все это видно в развитии, потому что работают боковые экраны, показывающие прошлое и будущее на каждом уровне. Девять (минимум девять!) экранов системно и динамично отражают системный и динамичный мир (рис. 7).

Задача 4.1. В Народной Республике Бангладеш, как утверждает статистика, 13 миллионов финиковых пальм. За сезон каждая пальма может дать 240 литров сладкого сока, идущего на изготовление пальмового сахара. Но для сбора сока надо сделать надрез на стволе под самой кроной. А это 20 метров высоты!.. Как быть?

Задачу предложили фирме, выпускающей сельскохозяйственные машины и механизмы. Специалисты попробовали «альпинистский способ» – человек поднимается, вырубая ступеньки на стволе. Способ оказался непригодным: много ступенек – дерево погибает, мало ступенек – трудно подниматься. Начали проектировать нечто вроде пожарной машины с раздвижной лестницей. Каково же было удивление проектировщиков, когда они узнали, что бангладешские крестьяне обладают секретом, позволяющим легко подниматься на пальму без всяких машин...

Задача 4.1 не решается, если включен только экран 1. Но стоит совместно рассмотреть экраны 1 и 4, как решение становится очевидным. На экране 4 – маленькая – пальма. Сока она еще не дает, но на ней легко можно сделать зарубку – будущую ступеньку. От одной-двух зарубок дерево не погибнет. На следующий год – еще несколько зарубок. И к тому времени, когда дерево вырастет и будет способно давать сок, на стволе окажется готовая лестница.

Другое решение просматривается при включении экрана 2. К одному дереву надо приставлять лестницу. Но если рядом растут два дерева, их стволы – почти готовая лестница, не хватает только веревочных перекладин...

Еще раз подчеркну: это не самый сложный случай – девять экранов. Гениальное мышление заставляет работать много больше экранов: вверх и вниз по иерархии систем, левее экрана 4 (в глубь прошлого) и правее экрана 7 (в глубь будущего). Сложно устроены и сами экраны. Во-первых, они двойные: на каждом экране одновременно изображение и антиизображение (объект и антиобъект). Во-вторых, меняются размеры изображений – то резко увеличиваются, то столь же резко уменьшаются...

Мир устроен непросто, и чтобы его правильно видеть и правильно понимать, нужны непростые мысленные экраны. Даже у гениев полная многоэкранный схема мышления проявляется в редкие звездные мгновения. Да и то многое остается незадействованным... Цель

ТРИЗ: опираясь на изучение объективных закономерностей развития технических систем, дать правила организации мышления по многоэкранной схеме.

* * *

Сравним два изобретения:

А.с. 210662: «Индукционный электромагнитный насос, содержащий корпус, индуктор и канал, отличающийся тем, что, с целью упрощения запуска насоса, индуктор выполнен скользящим вдоль оси канала насоса».

А.с. 244266: «Колонка для замораживания горных пород, включающая замораживающую и питающую трубы, а также турбулизатор, отличающаяся тем, что, с целью обеспечения возможности управления процессом образования ледопородного цилиндра по высоте зоны замораживания, турбулизатор установлен на питающей трубе с возможностью перемещения вдоль оси».

Изобретения относятся к разным областям техники, однако суть технических решений одинакова. Имеются некая труба и некое устройство, жестко соединенное с этой трубой. Чтобы повысить управляемость системы, предложено заменить жесткое соединение нежестким, сделать устройство подвижным, перемещающимся вдоль трубы.

Если обратиться к патентному фонду, нетрудно найти множество подобных технических решений. По а.с. 232160 в электромагнитном гидроциклоне пусковой патрубков выполнен перемещающимся относительно надетого на этот патрубок корпуса циклона. По а.с. 499939 вал мешалки способен перемещаться относительно ванны с жидкой средой.

Не менее часто встречаются изобретения, в которых части системы перемещаются относительно друг друга благодаря введению шарнирных связей. Например, а.с. 152842 предусматривает шарнирное соединение горелки и корпуса термобура. Идентичное решение использовано в а.с. 179859 для придания подвижности головке сварочной горелки.

Возникает вопрос: не является ли переход от жесткой схемы к гибкой закономерностью, распространяющейся на все технические системы?

Историко-технические исследования и анализ патентного фонда дают положительный ответ на этот вопрос. «Молодые» технические системы чаще всего имеют жесткие связи между частями, не позволяющие системе приспосабливаться к меняющимся внешним условиям. Поэтому для каждой системы неизбежен этап «динамизации» – переход от жесткой, неменяющейся структуры к структуре гибкой, поддающейся управляемому изменению. Общеизвестными примерами действия этого закона могут служить применение убирающегося шасси на самолете, самолеты с изменяющейся геометрией крыла (Ту-144 с откидывающимся «носом») и т. д. «Зрелые» и «пожилые» системы тоже динамизируются, что компенсирует увеличение их размеров. Вот а.с. 893124: «Морское судно, имеющее подводные погружные торпедообразные корпуса, соединенные с надводным корпусом вертикальными обтекаемыми стойками, отличающееся тем, что, с целью уменьшения осадки судна при швартовке у берега, крепление вертикальных стоек к надводному корпусу выполнено подвижным по высоте».

Вводят шарниры и упругие элементы, применяют пневмо- и гидроконструкции, используют вибрацию, фазовые переходы... Выбор способа динамизации зависит от конкретных обстоятельств, но сама **динамизация – универсальный закон**, определяющий направление развития всех технических систем, даже таких, которые по самой своей природе, казалось бы, должны оставаться жесткими. Опора для шпалерных насаждений – просто столбик, к которому крепится проволока. Но по а.с. 324990 опора выполнена из двух шарнирно соединенных частей; это позволяет осенью пригибать ветви. В а.с. 243241 описан молоток, ударный элемент которого для получения постоянной силы удара соединен с рукояткой при помощи пружины.

Зная закон увеличения степени динамичности, можно прогнозировать развитие технических систем. Рассмотрим, например, а.с. 193349 на устройство для ввода сыпучих материалов в горизонтальный трубопровод (рис. 8). Под люком бункера на четырех болтах установлена площадка. Ее высоту подбирают так, чтобы угол откоса материала не позволял ему высыпаться за пределы площадки. Благодаря этому в поток воздуха поступает столько порошка, сколько поток может унести, и предотвращается образование пробок. Типичная жесткая система! Очевидно, можно перейти к динамичной системе, имеющей заведомое преимущество – возможность регулирования подачи сыпучего материала. Для этого необходимо выполнить площадку подвижной, чтобы мог меняться угол ее наклона к оси трубы. Динамичность можно обеспечить и вибрацией площадки, установив ее на шарнирных или пружинных опорах (а.с. 272064).

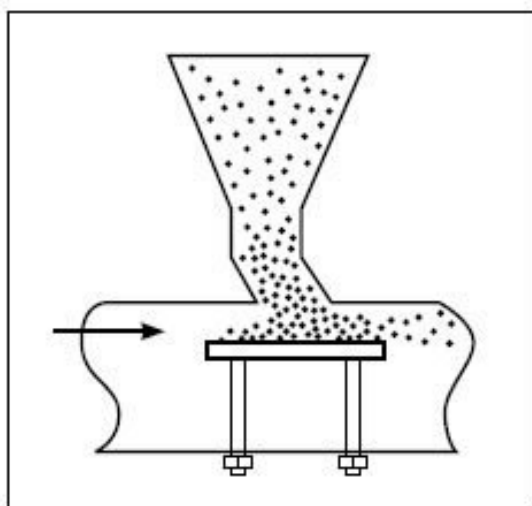


Рис. 8

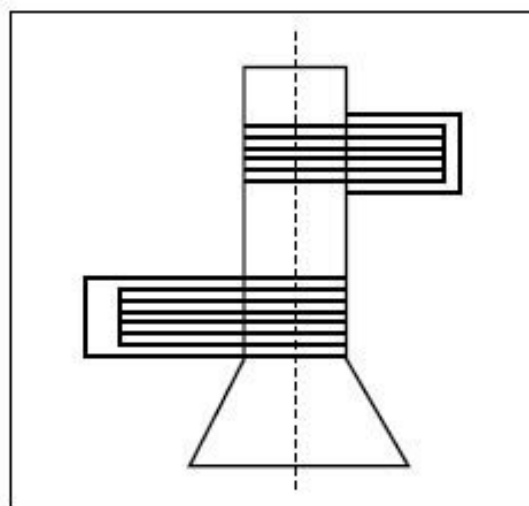


Рис. 9

Задача 4.2. В а.с. 235856 описан дозатор для ферромагнитных материалов, отличающийся тем, что вместо механических задвижек использованы кольцевые электромагниты (рис. 9). При выключенном верхнем электромагните материал из бункера поступает в калиброванную трубу – до уровня нижнего (включенного) магнита. Затем включают верхний магнит и выключают нижний. Отмеренная доза материала проходит вниз по трубе. Надо предложить новую и более эффективную конструкцию подобного дозатора.

Задача очень трудна для «непосвященных», потому что не ясно, чем, собственно, плоха исходная конструкция дозатора. Для тех, кто знает закон увеличения степени динамичности, решение задачи очевидно: надо перейти к системе гибкой, подвижной. Это можно сделать, выполнив один магнит подвижным относительно другого. В результате будет обеспечена возможность регулирования отмеряемой дозы материала (а.с. 312810).

Задача 4.3. Спортивный катамаран представляет собой два поплавка, соединенные площадкой, на которой стоит спортсмен. Чем больше расстояние между поплавками, тем устойчивее катамаран. Однако перевернувшийся катамаран – именно из-за высокой устойчивости – невозможно без посторонней помощи вернуть в первоначальное положение. Как быть?

Задача решается легко. Катамаран – жесткая система. Именно поэтому катамаран не приспособлен к применению в других внешних условиях, в которых он оказывается после опрокидывания. Решение очевидно: либо поплавки должны сдвигаться друг к другу, либо – что проще – мачта должна перемещаться из нижнего (опрокинутого) положения в верхнее с тем, чтобы в дальнейшем можно было плыть на обратной стороне площадки (обе стороны одина-

ковы). Для этого мачта должна быть шарнирно соединена с брусом на передней кромке площадки (англ. пат. 1372642).

Таким образом, знание закона увеличения степени динамичности позволяет прогнозировать развитие технических систем и решать некоторые изобретательские задачи. И наоборот: незнание закона делает легкую (с позиций ТРИЗ) задачу почти неприступной.

Задача 4.4. Возьмем за прототип дозатор, изображенный на рис. 8. Предположим, он уже динамизирован: высота площадки регулируется, корпус дозатора снабжен виброприводом. А что дальше? Помимо динамизации...

* * *

И еще одна задача.

Задача 4.5. Для сохранения рыбы после копчения ее надо заморозить. Кроме того, изолировать от воздуха. Испытали упаковку в виде пластикового мешка; пришли к выводу, что она помогает мало. Хранение в металлической упаковке исключено. Как быть?

Между прочим, эта задача Вам знакома...

* * *

Закон увеличения степени динамичности отражает лишь одну сторону эволюции технических систем. Естественно предположить существование и других законов.

В сущности, речь идет о том, чтобы признать, что техника материальна, а ее развитие диалектично. Материальность технических систем очевидна, и столь же очевиден факт их развития, подчиняющегося, как и всякое развитие, всеобщим законам диалектики. Отсюда со всей непреложностью вытекает решающий для методологии изобретательства вывод: **существуют объективные законы развития технических систем, эти законы можно познать и использовать для сознательного решения изобретательских задач без слепого перебора вариантов**¹⁶.

* * *

Если ход «техноэволюции» определяется не одним законом, а комплексом законов, научная методика решения задач тоже должна быть комплексной, многоходовой: «Проверим, соблюдается ли первый закон... Так, здесь все в порядке. А второй?.. Тоже не нарушен, хорошо! Но вот третий закон – тут явное отклонение... Систему надо изменить!»

Существование в «техноэволюции» комплекса законов особенно сердит оппонентов ТРИЗ. Логика тут такая: много законов – много шагов при решении задачи, а это трудно... Вот, например, что говорит Р. Повилейко: «Многие, наверное, слышали о различных методиках технического творчества. Книг по этой проблеме много. Толстых, с большим количеством схем, формул, условных обозначений. Берешь в руки такую книгу и вспоминаешь древнегреческий философский диалог. Сороконожку спросили: «Почему у нее 29-я нога движется после

¹⁶ В своих работах Г.С. Альтшуллер неоднократно подчеркивал, что он начал выявлять законы развития техники, потому что здесь уже был собран патентный фонд изобретений. Нельзя автоматически переносить закономерности, выявленные на техническом материале, на социальные системы – сначала нужно собрать свой фонд, выявить решения высоких уровней, проделать обобщения и т. п.

28-й?» Она задумалась и остановилась. В некоторых методиках столько шагов, что, освоив даже 2–3 из них, перестаешь думать о цели, теряешь ее»¹⁷.

В первой книге по теории изобретательства [Альтшуллер Г. С. Как научиться изобретать. – Тамбов: Тамбовское книжное издательство, 1961] я писал: «Смысл притчи о сороконожке прост: не надо мудрствовать лукаво, лучший метод – это вообще обходиться без методов».

Что ж, с этим трудно спорить, если речь идет о сороконожке. Пожалуй, сороконожке действительно следует ходить без особой методики. Но человек может и должен осмысливать все виды своей деятельности».

* * *

Работа по созданию теории решения изобретательских задач началась в нашей стране в 1946 г. Первая публикация относится к 1956 г. [Альтшуллер Г. С., Шапиро Р.Б. Психология изобретательского творчества // Вопросы психологии, 1956, № 6. – С. 37–49], первая книга по ТРИЗ появилась в 1961 г. Творческий процесс настолько привыкли считать не поддающимся управлению, что полтора десятилетия (1956–1970) потребовалось на переход от разрозненных семинаров к регулярному обучению ТРИЗ в общественных школах и институтах технического творчества. Были написаны первые учебные пособия, подготовлены первые преподаватели.

Сначала скептики отвергали саму идею решения творческих задач «по правилам». Когда с помощью ТРИЗ были получены первые авторские свидетельства, возражения изменились: «А где доказательства, что этому можно учить всех инженеров?» Начали работать школы ТРИЗ. Скептики не сдавались: «Да, обучать можно, но почему именно ТРИЗ, а не мозговому штурму или другим подобным методам?» Шло время, стало очевидным: ТРИЗ быстро развивается, крепнет, а мозговой штурм, синектика, морфологический метод остаются практически неизменными. Возражения звучали иначе: «Конечно, все это неплохо... Но ТРИЗ не дает сильных, неожиданных решений, теория годится только для простых усовершенствований». И снова шли годы, накапливались сведения о трудных задачах, которые удалось осилить с помощью ТРИЗ. Скептики ненадолго умолкли, а потом сказали: «Прикиньте-ка расходы и докажите, что обучение окупается!»

В декабре 1968 г. впервые были организованы занятия с будущими преподавателями ТРИЗ. Стоили эти занятия около 6 тыс. руб. В апреле 1969 г. один из слушателей, Михаил Иванович Шарапов, рассказал в газете «Магнитогорский металл» об изобретении, сделанном по ТРИЗ. Позже была подсчитана экономия: 42 тыс. руб. в год только на одном металлургическом комбинате. Одно это изобретение перекрыло расходы на обучение во всех школах ТРИЗ в течение многих последующих лет. Между тем у заслуженного изобретателя М.И. Шарапова ныне свыше 60 авторских свидетельств. Другим слушателем тех же курсов – Ю.В. Чинновым, тоже ставшим заслуженным изобретателем, за 10 лет получено более 100 авторских свидетельств. Вот что пишет один из выпускников днепропетровской школы ТРИЗ: «Начинал учебу инженером, год назад окончившим вуз и смотревшим с глубочайшим уважением на людей, у которых было хотя бы одно изобретение, так как у самого не было ни одного. Оканчивал учебу, имея три положительных решения о выдаче авторских свидетельств и уверенность в своих творческих силах. И еще одно, самое важное, на мой взгляд, приобретение – острое, неодолимое желание изобретать, постоянно находиться в творческом поиске. Сейчас, через шесть лет, у меня уже около 40 изобретений». В кандидатской диссертации А. Анищенко «Исследование и разработка способов управления течением листового материала при газостатической формовке» (1980 г.) последовательно применен почти весь аппарат ТРИЗ. Найдено 13 новых тех-

¹⁷ Советская Сибирь. – 1982, 9 янв.

нических решений, 10 из них защищены авторскими свидетельствами. Внедрение этих технических решений только на одном заводе дает экономический эффект в 680,4 тыс. руб. в год.

Ну а если подвести общий итог? Полных данных нет, но если суммировать сведения по главным школам, получится примерно такая картина. За 10 лет (1972–1981) через школы ТРИЗ прошло около 7000 слушателей. Подано почти 11 000 заявок. Получено более 4000 авторских свидетельств (значительная часть заявок еще на рассмотрении), экономия от внедрения составляет миллионы рублей. Общие же расходы на обучение не превышают 100 тыс. руб. Поистине – нет ничего практичнее работоспособной теории!

* * *

Итак, в основе ТРИЗ – представление о закономерном развитии технических систем. Материалом для выявления конкретных закономерностей является патентный фонд, содержащий описания миллионов изобретений. Ни в одном другом виде человеческой деятельности нет такого огромного и систематизированного свода записей «задача – ответ».

Анализ патентных материалов позволил выявить ряд важнейших законов развития технических систем. Первая группа этих законов («статика») относится к критериям жизнеспособности новых технических систем.

Необходимыми условиями принципиальной жизнеспособности технической (как и биологической!) системы являются:

- 1) наличие и хотя бы минимальная работоспособность ее основных частей;
- 2) сквозной проход энергии через систему к ее рабочему органу;
- 3) согласование собственных частот колебаний (или периодичности действия) всех частей системы¹⁸.

Задача 4.6. По конвейеру движутся одна за другой металлические детали, похожие на кнопки: круглая пластинка размером с гривенник, а в центре – стерженек высотой 5 мм. У одних «кнопок» стерженьки тупые, у других – острые. Нужно автоматизировать разделение «кнопок» по этому признаку. Способ должен быть простым и надежным.

Типичная задача на синтез измерительной системы. Измерение, как и изменение, всегда связано с преобразованием энергии. Но в задачах на изменение необходимость преобразования энергии видна намного отчетливее, чем при решении задач на измерение. Поэтому при решении задачи 4.6 методом перебора вариантов даже не вспоминают о законе обеспечения сквозного прохода энергии. В эксперименте задача была предложена четырем заочникам, живущим в разных городах и только приступающим к изучению ТРИЗ. Результат: выдвинуто 11 идей, правильного решения нет. Предложения характеризуются неопределенностью: «Может быть, острые и тупые «кнопки» отличаются по весу? Тогда надо проверить возможность сортировки по весу...» Четыре заочника второго года обучения дали правильные ответы, причем двое из них отметили тривиальность задачи. В самом деле, если применять закон о сквозном проходе энергии, ясно, что энергия должна проходить сквозь основание «кнопки» и стерженек, а затем поступать на измерительный прибор. При этом между острием стерженька и входом измерительного прибора желательно иметь свободное пространство (воздушный промежуток), чтобы не затруднять движения «кнопок». Цепь «кнопка – острие стерженька – воздух – вход прибора» может быть легко реализована, если энергия электрическая, и значительно труднее – при использовании других видов энергии. Следовательно, надо связать процесс с

¹⁸ В настоящее время опубликован ряд работ, посвященных закономерностям развития технических систем, например: Балашов П. Эволюционный синтез систем. – М: «Радиосвязь», 1985; Белозерцев В.И., Сазонов Я.В. Философские проблемы развития технических наук. – Саратов: Изд. Саратовского ун-та, 1983.

потоком электрической энергии: в каких случаях ток зависит от степени заостренности стерженька, контактирующего с воздухом? Такая постановка вопроса, в сущности, содержит и ответ на задачу: надо использовать коронный разряд, сила тока в котором прямо зависит (при прочих равных условиях) от радиуса кривизны (т. е. от степени заостренности) электрода.

* * *

Вторая группа законов развития технических систем («кинематика») характеризует направление развития независимо от конкретных технических и физических механизмов этого развития.

Все технические системы развиваются: 1) в направлении увеличения степени идеальности; 2) увеличения степени динамичности; 3) неравномерно – через возникновение и преодоление технических противоречий, причем чем сложнее система, тем неравномернее и противоречивее развитие ее частей; 4) до определенного предела, за которым система включается в надсистему в качестве одной из ее частей; при этом развитие на уровне системы резко замедляется или совсем прекращается, заменяясь развитием на уровне надсистемы.

Существование технической системы – не самоцель. Система нужна только для выполнения какой-то функции (или нескольких функций). Система идеальна, если ее нет, а функция осуществляется. Конструктор подходит к задаче так: «Нужно осуществить то-то и то-то, следовательно, понадобятся такие-то механизмы и устройства». Правильный изобретательский подход выглядит совершенно иначе: «Нужно осуществить то-то и то-то, не вводя в систему новые механизмы и устройства».

Закон увеличения степени идеальности системы универсален. Зная этот закон, можно преобразовать любую задачу и сформулировать идеальный вариант решения. Конечно, далеко не всегда этот идеальный вариант оказывается полностью осуществимым. Иногда приходится несколько отступить от идеала. Важно, однако, другое: представление об идеальном варианте, вырабатываемое по четким правилам, и сознательные мыслительные операции «по законам» дают то, для чего раньше требовались мучительно долгий перебор вариантов, счастливая случайность, догадки и озарения.

Примером может служить решение задачи 1.1 о транспортировке жидкого шлака. Сформулируем идеальный вариант ответа: «Крышка идеальна, если ее нет, а функция крышки выполняется». Иными словами, идеальная крышка должна быть сделана «из ничего» – из уже имеющихся и потому бесплатных материалов: жидкого шлака и воздуха. Парадоксальный ход: горячий шлак и холодный воздух сами предотвращают свое вредное взаимодействие!.. Простейшее сочетание шлака и воздуха – пена. Застывшая шлаковая пена вместо крышки – таков ответ на задачу 1.1. Вспенить шлак нетрудно: достаточно при заполнении ковша шлаком подать немного воды. Образуется «крышка» из шлаковой пены с высокими теплоизолирующими свойствами. При наклоне ковша жидкий шлак расплавляет «крышку», потерь шлака нет...

Задача впервые решена М.И. Шараповым (а.с. 400621), сознательно использовавшим законы увеличения степени идеальности системы. Изобретение – в силу исключительной простоты – без затруднений внедрились сначала на Магнитогорском металлургическом комбинате, а затем и на многих других предприятиях.

При решении задач перебором вариантов сознательное стремление к идеальному ответу встречается крайне редко. Но повышение степени идеальности систем – закон. К ответу, повышающему степень идеальности, приходят на ощупь после того, как отбросили множество «пустых» вариантов.

* * *

А теперь вернемся к вопросу о красоте задач. Уточним: красивы не столько сами задачи, сколько сочетания «задача – логика решения – ответ». Красоты тем больше, чем неприступнее задача, изящнее логика ее решения, идеальнее ответ.

Вспомните задачу 4.5 – о копченой рыбе. Уверен, что эта задача не вызвала у Вас восторга: скорее всего, она не по Вашей специальности, да и вообще проблема сохранения копченой рыбы – где-то в стороне от романтики. К тому же вряд ли Вы знаете, с какой стороны подступиться к этой задаче... Между тем задача 4.5 – просто-напросто двойник задачи 1.1. Или, если хотите, зеркальное ее отображение... В задаче 1.1 надо помешать горячему веществу (жидкий шлак) «общаться» с веществом холодным (воздух). В задаче 4.5 требуется помешать холодному веществу (замороженная копченая рыба) «общаться» с теплым воздухом. В первом случае ввели прослойку застывшей пены; почему бы не использовать этот прием вторично?... Застывшую пену в первом случае сделали из имеющихся под рукой веществ – жидкого шлака и газа (пара). Почему бы не поступить так и во второй раз?... Ответ: после замораживания рыбу обволакивают застывшей пеной, приготовленной из коптильной жидкости и инертного газа, например азота (а.с. 1127562).

* * *

Мы познакомились с двумя исключительно важными понятиями:

1. При решении задачи следует ориентироваться на идеальный ответ. Такой ответ не всегда достижим в полной мере, но необходимо добиваться максимального приближения к нему. Составленную по определенным правилам формулировку идеального ответа называют **идеальным конечным результатом (ИКР)**.

2. Для приближения к ИКР необходимо максимально использовать имеющиеся ресурсы – вещественные и энергетические. Данные по условиям задачи вещества и поля, а также «даровые» вещества и поля принято называть **вещественно-полевыми ресурсами (ВПР)**.

Максимальное использование ВПР для максимального продвижения к ИКР – такова в самом общем виде формула победы над задачей.

* * *

Уточним некоторые понятия, относящиеся к противоречиям.

Существуют **противоречия административные (АП)**: нужно что-то сделать, а как сделать – неизвестно. Такие противоречия констатируют лишь сам факт возникновения изобретательской задачи, точнее – изобретательской ситуации. Они автоматически даются вместе с ситуацией, но ни в какой мере не способствуют продвижению к ответу. **Технические противоречия (ТП)** отражают конфликт между частями или свойствами системы (или «межранговый» конфликт системы с надсистемой, системы с подсистемой). Изобретательской ситуации присуща группа ТП, поэтому выбор одного противоречия из этой группы равносильно переходу от ситуации к задаче. Существуют типовые ТП, например, в самых различных отраслях техники часто встречаются ТП типа «вес – прочность», «точность – производительность» и т. д. Типовые технические противоречия преодолеваются типовыми же приемами. Путем анализа многих тысяч изобретений (преимущественно третьего-четвертого уровней) удалось составить списки приемов. Более того, были составлены таблицы применения этих приемов в зависимости от типа противоречий. ТП обладают определенной «подсказывательной» (эвристической)

ценностью: зная ТП, можно по таблице выйти на нужную группу приемов. Однако при решении сложных задач такой путь не всегда оказывается эффективным, поскольку многое остается неопределенным: неизвестно, какой именно прием из группы надо использовать, к какой части конфликтующей пары относится этот прием, как именно его применить в конкретных обстоятельствах данной задачи. Положение осложняется еще и тем, что решения многих сложных задач связаны с использованием определенных сочетаний нескольких приемов (или сочетаний приемов и физэффектов). Поэтому задачи необходимо анализировать глубже, выявляя физическую суть ТП.

Современная ТРИЗ предусматривает анализ причин ТП и переход от технического к **физическому противоречию (ФП)**.

Техническое противоречие (ТП) представляет собой конфликт двух частей системы; для перехода к ФП необходимо выделить одну часть, а в этой части – одну зону, к физическому состоянию которой предъявляются взаимо-противоречивые требования. Формулируется ФП так: «Данная зона должна обладать свойством А (например, быть подвижной), чтобы выполнять такую-то функцию, и свойством не-А (например, быть неподвижной), чтобы удовлетворять требованиям задачи».

«Физичность» ФП, четкая локализация и предельная обостренность самого конфликта (быть А и не быть А) придают ФП высокую «подсказывательную» ценность. Если ФП сформулировано правильно, задачу – даже сложную – можно считать в значительной мере решенной. Дальнейшее продвижение не вызывает принципиальных трудностей (хотя и требует обширного и сконцентрированного информационного аппарата, например указателя физических эффектов и явлений).

Задача 4.7. Имеется установка для испытания длительного действия кислот на поверхность образцов сплавов. Установка представляет собой герметично закрываемую металлическую камеру. На дно камеры устанавливаются образцы (кубики). Камеру заполняют агрессивной жидкостью, создают необходимые температуру и давление. Агрессивная жидкость действует не только на кубики, но и на стенки камеры, вызывая их коррозию и быстрое разрушение. Приходится изготавливать камеру из благородных металлов, что чрезвычайно дорого. Как быть?

Перед нами изобретательская ситуация с четко видимым административным противоречием: нужно как-то снизить стоимость системы, а как именно – неизвестно. В системе три части: камера (т. е. корпус камеры, стенки), жидкость и кубик (достаточно рассмотреть один). Соответственно имеются три их комбинации: 1) камера – жидкость, 2) камера – кубик, 3) жидкость – кубик. Конфликтующими являются только первая и третья пары. Нетрудно заметить: для возникновения конфликта нужно взаимодействие частей пары; между камерой и образцом нет конфликта, поскольку нет взаимодействия. Две конфликтующие пары – это разные изобретательские задачи со своими техническими противоречиями. Какую из них выбрать?

По задаче 4.7 за 1973–1982 гг. накопилась обширная статистика (см. таблицу).

Таблица 3

Слушатели	Выбор конфликтующих пар	Ответы		
		прав.	сомнит.	неправ.
Незнакомые с ТРИЗ — 850 чел.	Камера — жидкость 628	4	121	503
	Кубик — жидкость 222	163	39	20
Знакомые с основами ТРИЗ 388 чел.	Камера — жидкость 64	—	21	43
	Кубик — жидкость 324	303	16	5

Слушатели, незнакомые с ТРИЗ, в 75 % случаев выбирают в качестве конфликтующей пары «камеру – жидкость», т. е. ситуация переводится в задачу по борьбе с коррозией. Это крайне невыгодная стратегия: локальная задача по улучшению способа испытаний образцов заменяется несоизмеримо более общей и трудной задачей по защите металла от коррозии. В результате – 80 % заведомо неверных решений и почти 20 % весьма сомнительных и ненадежных (например, различные защитные покрытия камеры). Слушатели, знающие основы ТРИЗ, в 83 % случаев выбирают пару «кубик – жидкость», что почти всегда приводит к правильному ответу. (Следует отметить, что неверные ответы возникают – при решении этой задачи по ТРИЗ – только из-за грубого нарушения правил: человек знает правила, но ему кажется, что в данном случае они «ведут не туда»; из-за психологической инерции решение по ТРИЗ подменяется перебором вариантов.)

Задача 4.7 проста, ее можно решить перебором вариантов (хотя реально ее впервые решили по ТРИЗ, а до этого применяли дорогостоящую облицовку, считая это неизбежным). Перебрав достаточно много вариантов, можно перейти от идеи защиты стенок к идее вообще обойтись без них. Это равносильно переходу к паре «кубик – жидкость». Правила выбора пары, основанные на законах развития технических систем, делают то же самое, но без «пустых» проб. Общее правило, вытекающее из закона повышения степени идеальности, гласит: в пару должны входить изделие и та часть инструмента, с помощью которой непосредственно ведется обработка изделия. Смысл правила: инструмент тем идеальнее, чем его меньше (при сохранении эффективности), поэтому надо рассматривать только изделие и рабочую часть инструмента, как будто всего остального вообще нет. Тем самым мы от задачи переходим к ее модели. В данном случае модель выглядит так: кубик и вокруг него агрессивная жидкость. Реально этого не может быть – жидкость прольется. Модель задачи – это мысленная, условная схема задачи, отражающая структуру конфликтного участка системы.

Переход от задачи к модели задачи облегчает выявление физического противоречия. При этом следует использовать правило: менять предпочтительно не изделие, а входящую в модель часть рабочего органа системы (изменение изделия может вызвать острые противоречия в нескольких этажах иерархии систем). Инструмент в задаче – жидкость. Эта жидкость должна окружать кубик, чтобы шли испытания, и не должна окружать кубик, чтобы не растекаться. Такая формулировка отсекает все варианты, кроме двух: 1) жидкость заменена вязким веществом типа пластилина и 2) жидкость удерживается самим кубиком (для чего он должен быть сделан полым). Предпочтительнее последний вариант: он не связан с изменением свойств жидкости.

* * *

Нам иногда говорят: вы учите решать задачи по законам, следовательно, учите шаблонному мышлению... Все наоборот! Обычное мышление из-за психологической инерции идет шаблонными путями. Знание законов развития технических систем позволяет сознательно уходить от шаблонов, законы подталкивают к нетривиальным, «диким» мыслительным операциям, свойственным очень талантливым изобретателям.

Задача 4.8. В книге М. Борисова «Кратеры Бабакина» есть эпизод, связанный с проектированием станции «Луна-16». Нужно было снабдить станцию компактной и сильной электролампой для освещения лунной поверхности «под ногами» станции. Лампе предстояло выдержать большие механические перегрузки. Естественно, отобранные образцы придирчиво испытывали. И вот оказалось, что лампы не выдерживают перегрузок. Слабым местом было соединение цоколя лампы со стеклянным баллоном. Сотрудники Бабакина сбились с ног, пыта-

ясь найти более прочные лампы... Как Вы думаете: что предложил в этой ситуации главный конструктор Георгий Николаевич Бабакин?

Эту задачу Вы должны решить без всяких затруднений. Идеальный баллон – когда баллона нет, а функция его выполняется. В чем функция баллона? Держать вакуум внутри лампы. Но зачем везти вакуум на Луну, если там сколько угодно своего – притом отборнейшего – вакуума?! Бабакин предложил поставить на «Луну-16» лампу без стеклянного баллона. Такая лампа непригодна на Земле, но ведь на Земле она и не нужна...

5. Новеллы о законах

Задача 5.1. Группа ученых под руководством П.Л. Капицы изучала поведение плазменного разряда в гелии. Установка (точнее, интересующая нас часть установки) представляла собой «бочку», положенную на бок. Внутри «бочки» находился газообразный гелий под давлением 3 атм. Под действием мощного электромагнитного излучения в гелии возникал плазменный шнуровой разряд, стягивающийся в сферический сгусток плазмы («шаровую молнию»). Для удержания этого сгустка в центральной части «бочки» использовали соленоид, кольцом охватывающий «бочку». В ходе опытов постепенно наращивали мощность электромагнитного излучения. Плазма становилась все горячее и горячее. Но с повышением температуры уменьшалась плотность плазменного шара. Молния поднималась вверх. Мощности соленоидного кольца явно не хватало. Сотрудники Капицы предложили строить новую установку – с более сильной соленоидной системой. Но Петр Леонидович Капица нашел другое решение. Как Вы думаете, какое?

Рассмотрим несколько изобретений.

А.с. 319460. Для обработки (овализации) зерен абразива предложено смешать зерна с ферромагнитными частицами и вращать смесь магнитным полем.

А.с. 333993. Для очистки проволоки от окалины предложено пропускать проволоку через абразивный ферромагнитный порошок, поджимаемый магнитным полем.

А.с. 387570. Для распыления полимерных расплавов предложено вводить в расплав ферромагнитные частицы и пропускать расплав через зону действия знакопеременного магнитного поля.

А.с. 523742. Для изгибания немагнитных труб предложено наполнять их ферромагнитным порошком и действовать магнитным полем.

А.с. 883524. Щит опалубки в виде гибкого «матраца», заполнен ферромагнитным материалом, твердеющим в магнитном поле.

А.с. 1068693. Мишень для стрельбы из лука из кольцевого электромагнита заполнена сыпучим ферромагнитным материалом.

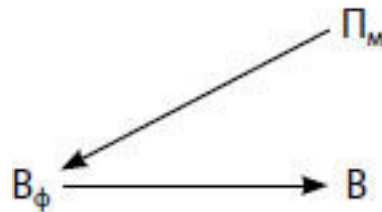
Нетрудно подметить общий прием, использованный в этих изобретениях. Имеется некоторое вещество, само по себе не поддающееся управлению (изменению, обработке). Чтобы управлять веществом, вводят ферромагнитные частицы и действуют магнитным полем.

Задача 5.2. Для временного перекрытия трубопроводов путем образования пробки закачивают быстротвердеющий полимерный состав. Недостаток способа состоит в том, что жидкость до отвердевания растекается. Пробка получается неоправданно длинная, это усложняет ее извлечение после ремонта трубопровода. Как быть?

Возможно, эта задача раньше показалась бы нелегкой. Теперь ответ очевиден: надо ввести в полимерный состав ферромагнитные частицы и удерживать состав магнитным полем. Такое решение зафиксировано в а.с. 708108. Запишем это решение так, как записывают химические реакции. По условиям задачи дано вещество (полимерный состав), обозначим его буквой В. Пунктирной стрелкой покажем, что вещество плохо поддается управлению и надо научиться им управлять:



Запишем теперь ответ. Вводится магнитное поле Пм, действующее на ферромагнитный порошок Вф, который, в свою очередь, управляет В:



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



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

Запись «реакции» отражает суть всех изобретений, приведенных в начале раздела. В патентном фонде имеются тысячи изобретений, соответствующих этой «реакции». «Треугольник» из Пм, Вф и В получил название **феполь** (от слов «феррочастицы» и «поле»). Существуют, однако, другие поля и другие вещества, хорошо работающие в паре с ними.

А.с. 236279. Для сжатия порошка, заключенного в металлический корпус, используют охлаждение корпуса.

А.с. 359198. Для съема гребных винтов используют тяговые стержни, удлиняющиеся при нагревании.

А.с. 412428. Для точной регулировки клапана в вакуумном вентиле изменяют размеры штока клапана, пропуская внутри него охлаждающую жидкость.

А.с. 735256. Для микродозирования жидких лекарств нагревают воздух в полости пипетки.

Формула этих изобретений может быть записана так:



Дано плохо управляемое вещество – изделие В1. Чтобы обеспечить хорошую управляемость, надо перейти к системе, в которой тепловое поле Пт действует на вещество – инструмент В2, связанное с В1. Структуры из Пт, В2 и В1 получили название **теполей**.

В общем случае возможны структуры, включающие любое поле:



Такую структуру принято называть **веполь** (от слов «вещество» и «поле»). Нетрудно заметить, что **веполь является схемой минимальной ТС**: он включает изделие, инструмент и энергию (поле), необходимую для воздействия инструмента на изделие. Любую сложную техническую систему можно свести к сумме веполей. Тут уместна аналогия с геометрией: любую сложную фигуру можно разбить на треугольники. Зная свойства треугольников, можно производить вычисления, связанные со сложными фигурами. Отсюда особое значение тригонометрии. Аналогичную роль играет и **вепольный анализ**. Записывая условия задачи в вепольной форме, мы отбрасываем все несущественное, выделяя причины возникновения задачи, т. е. «болезни» технической системы, например, недостроенность веполя. Поэтому вепольный подход не только удобная символика для записи изобретательских «реакций», но и инструмент проникновения в глубинную суть задачи и отыскания наиболее эффективных путей преобразования технических систем.

Задача 5.3. Дана смесь одинаковых по размерам и имеющих одну и ту же плотность кусочков коры и древесины (разрубили на щепки кривой ствол, с которого нельзя было снять кору). Как отделить кору от древесины?

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.