

техника
молодежь
творчество

ДЕРЗКИЕ ФОРМУЛЫ
ТВОРЧЕСТВА



ПЕТРОЗАВОДСК «КАРЕЛИЯ» 1987

30у
Д36

Составитель А. Б. Селюцкий
Рецензент — кандидат технических наук
Е. Г. Немкович

2101000000—057
Д М127(03)—87 без объявл.

© «Карелия», 1987.

ТРИЗ В КАРЕЛИИ

Когда в 1958 году я начал работать в бюро рационализации Онежского тракторного завода, передо мной, естественно, встал вопрос: как привлечь к рационализации возможно большее число людей? Завод тогда еще только начинал выпуск тракторов, и его инженерные кадры комплектовались, что называется, «с нуля», выпускниками различных вузов страны. Мы все тогда одинаково «болели» за производство, но рационализаторов среди нас было не так уж много. Деятельность свою в качестве начальника бюро рационализации я начал с выяснения причин, почему далеко не всякий инженер или рабочий становится рационализатором. Опрос показал, что в первую очередь в этом виноват я сам: люди не знали, что рационализировать. Иначе говоря, они не видели задач. И я стал разрабатывать темник (задачник) для рационализаторов: разослал запросы по всем цехам и отделам и получил список так называемых «узких мест» производства с ориентировочным вознаграждением за «расшивку» этих «узких мест», распечатал во множестве экземпляров и разослал по всему заводу. Тогда мне казалось, что стоит людям узнать задачи, как они тотчас забросают бюро рационализации своими решениями. Увы! Этого не произошло. Уже гораздо позже, изучая теорию решения изобретательских задач, я понял, что «узкие места» — это еще не задачи, это лишь ситуации, из которых предстоит выбрать задачи.

Линия переработки древесины на технологическую щепу имеет «узкое место»: освобожденные от коры стволы деревьев длиной до 3 м и диаметром до 80 см необходимо строго по одному подавать в рубительную машину. На транспортер же они сваливаются кучей. Как быть?

Здесь целый клубок задач: можно попробовать подавать бревно по одному на транспортер, можно изменить жерло рубительной машины, чтобы она перерабатывала сразу несколько бревен, можно изменить сам

транспортер, чтобы он захватывал только одно бревно, и т. д., и т. п. Выбор задачи означает выбор стратегии дальнейшей работы. Зачастую неправильно сформулированная задача заводит человека в тупик, и он может отказаться от ее решения.

На мои настойчивые призывы решать задачи из темника некоторые молодые инженеры вполне откровенно признавались, что на маленькие улучшения конструкции или технологии подавать предложения им просто неудобно, а на крупные — «нет таланта». Тем не менее некоторые из них оформляли очень хорошие рацпредложения, и мне казалось, что ни по знаниям, ни по смекалке эти инженеры от других особенно не отличались. Так, может быть, рационализации (и даже изобретательству) можно научиться? И я принялся изучать литературу на эту тему. К сожалению, вся литература хорошо описывала, каким должен быть изобретатель (что читать, как психологически готовить себя к моменту «озарения» и т. п.), но сам процесс решения нигде членораздельно не объяснялся. Крупные изобретатели просто описывали решенные ими задачи на фоне своего жизненного пути, но это для практики опять-таки ничего не давало. И тут мне неожиданно повезло: в библиотеке я наткнулся на маленькую книжку Тамбовского книжного издательства, на переплете которой стояло незнакомое тогда мне имя — Г. Альтшуллер, — «Как научиться изобретать». Издана она была в 1961 году. Именно эта книжка во многом определила мою дальнейшую судьбу. Я понял — изобретательству можно обучиться.

На одном из совещаний патентных работников в Москве я познакомился с заслуженным изобретателем РСФСР Александром Николаевичем Трусовым из Челябинска. Мы разговорились. Я рассказал ему, что пытаюсь применить методику Г. Альтшуллера к составлению темника, но пока не все получается. Александр Николаевич сказал, что он знаком с Генрихом Сауловичем Альтшуллером по переписке и напишет ему о моих проблемах. И вот не прошло и месяца с момента моей встречи с Александром Николаевичем, как я получил письмо из Баку от автора книжки «Как научиться изобретать». С тех пор я стал членом общественной лаборатории теории изобретательства (ОЛТИ), бессменным руководителем которой является Г. С. Альтшуллер.

Уже в качестве члена ОЛТИ я сделал свое первое изобретение («Способ очистки водоемов от затонувшей древесины»), чтобы доказать, прежде всего себе самому, что теория изобретательства мною освоена. Собственно, как таковой теории изобретательства тогда еще не было. Был алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) — система работы над задачей «по шагам», позво-

ляющая путем последовательных операций выявить заложенное в задаче противоречие и разрешить его с помощью набора типовых приемов устранения технических противоречий.

И хоть тогда АРИЗ еще был далек от совершенства, он сразу помогал избавиться от бессистемных поисков решения («А если сделать так? Не вышло. Тогда, может быть, так? и т. д.»), что делало сам процесс решения более осмысленным, а человек приобретал уверенность в успехе. К этому времени я перешел работать на «Тяжбуммаш» и здесь начал пропагандировать АРИЗ среди инженеров. Одним из первых и самым активным пользователем АРИЗа стал молодой тогда инженер-конструктор, а ныне кандидат технических наук Геннадий Иванович Слугин. В процессе работы над диссертацией он решил с помощью АРИЗ семь задач, признанных изобретениями.

Первые попытки обучения группы слушателей теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) были нами (мною и Г. И. Слугиным) сделаны в семидесятые годы.

В основе ТРИЗ лежит постулат о том, что техника развивается по определенным законам и что эти законы надо выявлять и использовать для дальнейшего развития самой техники. Иначе говоря, развитие техники диалектично и не зависит от воли человека — «выживают» только те технические системы, которые соответствуют законам развития. Обобщая свой преподавательский опыт, мы опубликовали серию статей в газете «Комсомолец», а издательство «Карелия» выпустило книгу (А. Б. Селюцкий, Г. И. Слугин «Вдохновение по заказу», 1977 г.).

Для широкого внедрения ТРИЗ в массы необходимы были преподаватели-энтузиасты: разработка и популяризация требовали массу времени и энергии. Одного такого энтузиаста я нашел в лице Эдуарда Курги — студента Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена, где я вел курс ТРИЗ на факультете общественных профессий. Именно с него начал складываться коллектив преподавателей и разработчиков ТРИЗ в Карелии. Вся наша работа велась и в настоящее время ведется под постоянным руководством автора ТРИЗ Г. С. Альтшуллера.

Результатом этого содружества стала вторая книга о теории изобретательства, выпущенная издательством «Карелия» в 1980 году (Г. С. Альтшуллер, А. Б. Селюцкий «Крылья для Икара»). В том же году в Петрозаводске был проведен первый семинар преподавателей и разработчиков ТРИЗ со всего Советского Союза. Научным руководителем семинара, как и всех последующих, был Г. С. Альтшуллер. Теперь такие семинары стали традиционными, и каждый раз они собирают все большее количество преподавателей и разработчиков. Именно на первом Петрозаводском семинаре (организаторы ОС ВОИР и ДКиТ «Машиностроитель»)

был отработан текст АРИЗ-82. В этот период уже была разработана серия учебных программ, появились первые рукописные учебные и самодельные наглядные пособия, активно шла подготовка преподавателей, организация школ, курсов ТРИЗ и т. п. (организаторы ОС ВОИР, ОП НТО Машпром, ДКиТ «Машиностроитель»).

На втором Петрозаводском семинаре, который состоялся в 1982 году, рассматривался более широкий круг вопросов: выявлялись законы развития технических систем, перспективы курса развития творческого воображения, анализировался опыт работы лучших институтов и школ ТРИЗ и т. д. К этому времени ТРИЗ начала завоевывать широкую популярность не только в Советском Союзе, но и за рубежом. Книги и статьи о ТРИЗ переведены в США, Англии, Франции, Японии, Финляндии, ГДР, Болгарии, Польше, Чехословакии, Вьетнаме. Например, в ГДР за последнее время вышли переводы двух книг — Г. С. Альтшуллера «Творчество как точная наука» и Г. С. Альтшуллера и А. Б. Селюцкого «Крылья для Икара». ТРИЗ изучается на курсах в Болгарии (за 1984 и 1985 гг. через такие курсы прошли более 8000 человек). В ГДР ТРИЗ проходят в школах новаторов. В ЧССР и ПНР ТРИЗ используют в группах функционально-стоимостного анализа.

А вот письмо автору ТРИЗ от Калеви Рантанена (автора обзорной книги по ТРИЗ на финском языке): «Рад сообщить, что ТРИЗ пробивает себе дорогу в Финляндии. В ноябре 1985 года состоялся первый семинар (двухдневный) по ТРИЗ в Государственном техническом научно-исследовательском институте. Этот институт — самый крупный НИИ в области технических наук у нас. Семинар прошел настолько успешно, что решено было провести новый семинар (трехдневный). И три недели назад мы провели такой семинар в городе Оулу. Осенью у нас будет курс, продолжительность которого шесть дней, занятия организует центр повышения квалификации инженеров».

Третий Петрозаводский семинар состоялся в июле 1985 года под названием «Функционально-стоимостный анализ (ФСА) и теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) — действенный путь обеспечения научно-технического прогресса». Семинар был организован Карельским ОС ВОИР, ОП НТО Машпром, секцией повышения эффективности энергетики и предприятий металлургии и машиностроения Совета комплексного развития народного хозяйства Карельской АССР при областном комитете КПСС и ДКиТ «Машиностроитель». Само по себе количество организаторов говорит о том значении, которое придается ТРИЗ в Карелии. На семинаре много внимания уделялось функционально-стоимостному анализу, его связи с ТРИЗ. На многочисленных примерах было

показано, насколько эффективнее становится ФСА в объединении с ТРИЗ. Особый разговор шел о воспитании творчества у детей, выявлении общих закономерностей развития не только технических, но и художественных, музыкальных, лингвистических систем, то есть о поиске общих закономерностей различных видов творчества. В качестве главного направления на ближайшие годы определено воспитание творческой личности (теория развития творческой личности, ТРТЛ).

Очередной, четвертый Петрозаводский семинар намечено провести в 1987 году. Нет сомнения, что он станет следующим шагом как в развитии ТРИЗ, так и ТРТЛ — ведь ТРИЗ позволяет предсказать, что от творческих личностей надо переходить к творческим коллективам.

В Петрозаводске широкое изучение и применение ТРИЗ началось с 1981 года. Тогда был организован Народный университет научно-технического творчества, в котором обучались инженеры и рабочие различных предприятий города. Честно говоря, мы не ждали от нашего университета быстрой материальной отдачи, да и ставку на это не делали, считая, что гораздо полезней и для наших слушателей и для всего государства отдача моральная — дать слушателям основы теории и привить вкус к творческому образу жизни. Материальной отдачи мы ждали лишь через 2—3 года, когда слушатели уже систематически на практике начнут применять свои знания. Однако, еще на первом курсе рабочий-котельщик ПО «Петрозаводскбуммаш» Виктор Прямое в содружестве с механиком цеха КСК-1 Василием Киризлиевым осуществили на практике (на КСК-1) решение задачи о защите трубопровода от износа сыпучими материалами. Решение дало экономический эффект 3,5 тыс. рублей и окупило с лихвой все затраты на обучение (стоимость обучения группы специалистов в течение года около 900 рублей).

Первый выпуск нашего университета состоялся в 1983 году. Было защищено 15 дипломных работ, часть из них впоследствии была защищена авторскими свидетельствами на изобретение. Среди выпускников было четверо рабочих. Тезис о том, что изобретательству можно и нужно обучать всех и любой, имеющий желание, может этому обучиться, мы подтвердили тем, что наши слушатели нашли и продолжают находить оригинальные решения, которые позволяют с минимальными затратами решать сложные задачи. И хоть не всегда эти решения признаются изобретениями, но все они — отличные рационализаторские предложения, а главное, во всех них есть «изюминка» оригинальности. Примером такого решения может служить диплом Николая Пименкова. Николай Пименков — электросварщик. В качестве дипломной работы он взял улучшение маски сварщика.

Для того, чтобы защитить глаза электросварщика от ослепляющих лучей электросварки, его лицо закрывается специальной маской, имеющей черное стекло. Через это стекло при обычном дневном свете невозможно ничего видеть, зато в процессе сварки хорошо виден раскаленный шов. Плохо то, что каждый раз, прерывая по какой-либо причине процесс сварки (кончился электрод, надо начинать новый шов и т. п.), сварщику приходится приподнимать маску и ждать, когда глаза, привыкшие к темноте внутри маски, адаптируются к обычному свету. На это уходит около минуты. Чего только ни придумывали изобретатели для сокращения процесса адаптации глаз! Например, вводили под маску маленькие лампочки, чтобы они освещали пространство под маской, не давая глазам привыкнуть к темноте. Но это не только усложняет конструкцию маски, но и создает определенный тепловой раздражитель.

Пименков подошел к конструированию новой маски с позиций ТРИЗ. Маска — техническая система, призванная защищать лицо сварщика от искр, стекло же предназначено сразу для двух целей: для защиты глаз от яркого света и для наблюдения.

Идеальное стекло — это когда стекла нет, а глаза защищены. Черное стекло хорошо выполняет свои функции по защите глаз от слишком яркого света и от искр, но оно же мешает быстрой адаптации глаз к дневному или обычному освещению. Сформулировав физическое противоречие (ФП), Николай пришел к выводу, что стекло должно быть в одно и то же время темным, чтобы предотвращать попадание в глаза лучей электросварки, и прозрачным (светлым), чтобы глаза постоянно были адаптированы к нормальному освещению. Такое противоречие можно разрешить либо во времени, либо в пространстве. Есть японское решение, которое разрешает этот вопрос во времени: стеклу придается свойство темнеть при ярком освещении, т. е. оно само реагирует на яркость. Но это решение достаточно дорогое для массового применения. Пименков разрешил это противоречие путем разделения его в пространстве. Пусть стекло состоит из двух частей — верхней прозрачной и нижней темной, а чтобы искры и яркий свет не попадали в верхнюю часть стекла, между стеклами перпендикулярно к маске или даже слегка наклонно вверх установлен специальный темный козырек.

Когда рабочий сваривает детали, он смотрит на шов

через нижнюю часть стекла, в то же время, через верхнюю часть в глаза постоянно попадает обычный свет. Это решение расширяет возможности сварщика, теперь он может производить работу, находясь в положении, когда у него заняты обе руки (например, одной рукой он вынужден держаться за лестницу, а другой производить сварку). Раньше в этом случае, чтобы установить электрод на место сварки, он вынужден был поднимать маску рукой, в которой у него электродержатель с электродом (что весьма нежелательно с точки зрения техники безопасности). Теперь ему не надо поднимать маску, а достаточно лишь наклонить голову и посмотреть сквозь прозрачное стекло.

Чтобы отбить шлак со шва при работе с обычной маской, надо снять маску, надеть прозрачные очки и только после этого отбивать шлак. Но очки в этом случае спасают только глаза, попадание же шлака на лицо не исключено. В маске Пименкова не надо терять время на снятие маски и надевание очков, при этом лицо сварщика полностью защищено.

Нам, преподавателям, приятнее всего то, что большинство наших выпускников и в настоящее время продолжают жить, что называется, в творческом ключе. Вот отзыв начальника цеха, в котором трудились два уже упоминавшихся наших выпускника — Виктор Прямов и Николай Пименков: «Исключительные ребята, образец рабочего 21 века, я бы сказал. Такими они стали, освоив курс АРИЗ и ТРИЗ. Очень широко, инженерно мыслят. Всегда, когда надо, готовы внести усовершенствования, являются незаменимыми помощниками мастера, технологов».

Но у всех школ и университетов ТРИЗ, в том числе и у нашего, есть одна общая проблема. Занятия в университете научно-технического творчества проводятся один раз в неделю по вечерам. Люди приходят на занятия после своей основной работы, в это время у них повышена утомляемость, поэтому работать в творческом режиме, да еще и вести конспект им весьма сложно, отсюда — снижение качества усвояемости материала.

ТРИЗ, как и всякая наука — система развивающаяся. Новаторам необходимо постоянно быть в курсе новых разработок. Цикл книг «Техника — молодежь — творчество» поможет решить сразу несколько проблем.

Во-первых, он познакомит читателей с отечественной теорией решения изобретательских задач и ее постепенным перерастанием в теорию развития творческой личности (ТРТЛ). Во-вторых, он снабдит молодого новатора основными инструментами ТРИЗ: АРИЗом, стандартами на решение изобретательских задач, ука-

зателями физических, химических, геометрических и других эффектов. В-третьих, он даст практические рекомендации по само-совершенствованию человека как творческой личности: умению выбирать достойные жизненные цели, вести личные картотеки, экономно распоряжаться своим временем, решать творческие задачи и т. д. В-четвертых, поможет привлечь к чтению научно-фантастической литературы, предложит методы ее анализа и оценки. Этот пункт требует некоторого пояснения. Еще проводя первые опыты по обучению, мы столкнулись с проблемой, о которой предупреждал Альтшуллер,— проблема эта в теории изобретательства называется «психологической инерцией».

Допустим, необходимо усовершенствовать крышку мешального бассейна. Мешальный бассейн представляет собой бетонный резервуар около 15 м в диаметре. Внутри бассейна находится чрезвычайно химически активная масса, которую надо постоянно перемешивать. Для того, чтобы ядовитые пары не отравляли атмосферу в районе бассейна, его закрывают мощной чугунной крышкой, через отверстие которой по трубопроводу отводят пары. Чтобы перемешивать массу по всему периметру бассейна от двигателя, установленного над центром крышки, вращается рычаг, на конце которого, уже под крышкой над массой находится двигатель, вращающий «мешалку», опускающую в массу. От едких испарений двигатель, находящийся под крышкой, очень быстро выходит из строя, а замена двигателя — процесс трудоемкий и весьма вредный для здоровья.

АРИЗ в этом случае выводит на необычное решение: «крышка должна быть жидкой». А специалист знает, что и у нас в стране и за рубежом все решения направлены на совершенствование конструкции крышки. О том же говорит и анализ патентной литературы. Вот специалист и отвергает «жидкую» крышку как неперспективную, тем самым закрывая путь принципиально новому направлению. Ведь если поверхность массы покрыть, например, специальной полимерной пеной, то, во-первых, не будет никаких испарений, во-вторых, двигатель будет работать в идеальных условиях, и, в-третьих, мы сэкономим колоссальное количество металла, который шел на изготовление крышек.

Как же бороться с этой психологической инерцией? Для этой цели в ТРИЗ есть большой раздел, который носит название курса развития творческого воображения (курс РТВ). Основу курса составляет чтение и анализ научно-фантастической литературы (НФЛ). НФЛ сегодня самая читаемая молодежью литература. На занятиях многочисленных школ и университетов ТРИЗ (а их сейчас в стране более 300) выяснилось, что легче всего восприни-

мают самые «дикие» идеи и быстрее обучаются изобретательству те, кто любит и много читает научную фантастику. Поэтому в цикл «Техника — молодежь — творчество» введена как одна из неотъемлемых его частей научная фантастика.

В первую книгу цикла «Техника — молодежь — творчество» собраны три части. Первая — «Дерзкие формулы творчества» (автор Генрих Саулович Альтшуллер) знакомит с теорией решения изобретательских задач (ТРИЗ), с ее основными положениями и понятиями, описывает законы развития технических систем и дает общее представление о языке изобретателей — веполе, о понятии «изобретательский стандарт». Для закрепления материала даны упражнения.

Вторая часть книги — «Магический кристалл физики» знакомит читателя с новой отраслью знаний — изобретательской физикой. Сегодня это неотъемлемая часть ТРИЗ, его информационный фонд. Информация об этой новой отрасли знания разбросана в специальной литературе и фактически недоступна молодым новаторам. Материал в книге организован таким образом, что его можно использовать и при решении задач по АРИЗу и как самостоятельный арсенал изобретателя.

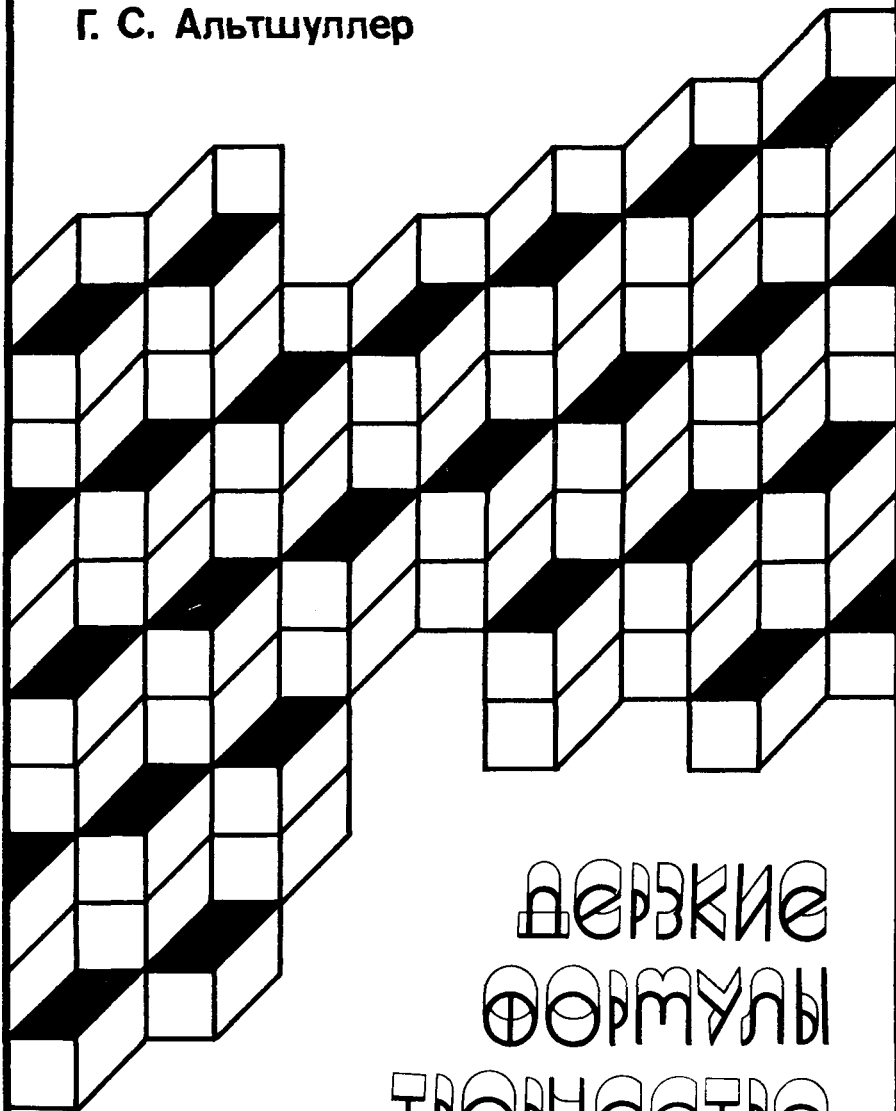
И, наконец, третья часть книги — «Звезда психологии», в которой представлены научно-фантастические рассказы В. Журавлевой. Выше уже говорилось о том, какую роль научная фантастика играет в творчестве. Эти рассказы — о психологии творчества. И, быть может, именно вам, наши читатели, удастся осуществить те фантастические сегодня идеи, которыми они насыщены.

Выступая на встрече в ЦК КПСС с ветеранами стахановского движения, передовиками и новаторами производства 20 сентября 1985 года, Михаил Сергеевич Горбачев, в частности, сказал, что ни одна сколь-нибудь масштабная историческая задача не может быть решена без активного, деятельного и разностороннего участия молодежи и что сегодня, как никогда, важно полностью использовать энергию молодого поколения для решения грандиозных новаторских задач, которые стоят перед нашим обществом.

Искренне хочется надеяться, что цикл «Техника — молодежь — творчество» станет одним из инструментов для решения этих задач.

А. Селюцкий

Г. С. Альтшуллер



ДЕРЗКИЕ
ФОРМУЛЫ
ТВОРЧЕСТВА

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ

Иерархия технических систем

Применение и развитие техники связано с решением многочисленных и разнообразных технических задач. Например, при строительстве дома, измерении глубины скважины, доставке груза из одного города в другой и т. п.

Для решения технических задач используются известные технические средства и знания, однако в ряде случаев они оказываются непригодными. Предположим, поставлена задача защитить от молнии антенну радиотелескопа. Средство для защиты известно — молниеотвод, специальный металлический стержень. Но молниеотводы, установленные вокруг антенны, непроходимы для радиоволн. В системе «молния — молниеотвод — антенна — радиоволны» с улучшением «молниеотводных» свойств ухудшаются «антенные» и наоборот — для улучшения работы антенны надо уменьшить число молниеотводов или совсем их убрать, т. е. ухудшить «молниеотводные» свойства системы. Подобные конфликты между частями или свойствами системы называются *техническими противоречиями* (ТП).

Задача, содержащая ТП, может быть решена либо нахождением компромисса между противоречивыми характеристиками системы, либо определением путей устранения противоречия. Первый путь типичен для конструкторских решений, второй — для решений изобретательских.

Таким образом, изобретательская задача — это такая техническая задача, которая содержит техническое противоречие, неразрешимое известными техническими средствами и знаниями, причем условия задачи исключают компромиссное решение. Если техническое противоречие преодолено — изобретательская задача решена, получено изобретение. Появление новых изобретений — основная форма развития техники и качественного повышения ее уровня.

Известные технике средства и знания следует отличать от средств и знаний, известных науке. Например, в науке известен эффект исчезновения магнитных свойств вещества при нагреве выше точки Кюри. Однако первое использование этого эффекта

для автоматического поддержания определенной температуры системы является изобретением. Оно повышает уровень технических знаний: в технику входит новая идея управления температурой (и другими связанными с ней характеристиками) не с помощью сложных и ненадежных устройств, а самим веществом системы.

Изобретательские задачи бесконечно многообразны, но всем им присуща неопределенность условий. Даже в тех случаях, когда задачу формулируют, казалось бы, достаточно конкретно, некоторая неопределенность остается. Например, задачу ставят так: для такой-то цели надо улучшить работу такого-то механизма. Может, однако, оказаться, что для достижения цели, указанной в условиях задачи, необходимо улучшить совсем другой механизм или вообще иную техническую систему. Да и сама цель может быть полностью изменена в ходе решения.

В школе и вузе будущий инженер привыкает к тому, что условиям задачи следует безоговорочно доверять. Если в условиях сказано, что даны A и B и надо найти X , то это значит, что найти надо именно X и что приведенные данные (A и B) достоверны и вполне достаточны. В изобретательской задаче все иначе: в процессе решения может выясниться, что найти надо не X , а Y , и для этого нужны не A и B , а B и G . 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 будет очевидным или же станет ясно, что задача нерешима при данном уровне науки и техники.

Процесс решения изобретательской задачи и состоит в многократном переформулировании и постепенном углублении ее условий. Задача вновь и вновь перестраивается, становясь все более и более правильной, и, наконец, после очередной перестройки появляется очевидный ответ.

Неопределенность изобретательских задач обусловлена природой техники. Техника — это сложная иерархическая система. Технические системы низшего ранга входят в состав систем более высокого ранга, а те в свою очередь входят в системы еще более высокого ранга и т. д. В табл. 1 приведена одна из важных схем иерархии технических систем. Ранги в этой таблице крупные, каждый из них можно разделить на несколько более мелких. Однако и по этой таблице видно, сколь высока иерархическая лестница технических систем.

Характеристики технической системы любого ранга в принципе зависят от влияния характеристик технических систем всех других рангов, как «вышестоящих», так и «нижестоящих». Взаим-

Схема иерархии технических систем

Ранг	Название системы	Пример	Аналоги в природе
15	Однородное вещество	Химически чистое железо	Простое вещество (кислород, азот)
14	Неоднородное вещество	Сталь	Смеси, растворы (морская вода, воздух)
13	Однородная деталь (при разделении)	Проволока, ось, балка	Углеродная цепь —C—C—C—C—C—C
12	Неоднородная деталь (при разделении образует неодинаковые части)	Винт, гвоздь	Несимметричная углеродная цепь —C—C—C—C—C—C
11	Пара деталей	Винт и гайка, ось и колесо	Молекула, образованная разными радикалами, например $C_2H_5-C=O$
			1
			O—H
10	Узел	Ось и два колеса (появляется новое свойство — способность качения)	Сложные молекулы, полимеры
9	Однородный механизм (совокупность узлов, позволяющая изменить энергию и вещество, не меняя их вида)	Винтовой домкрат, тележка, парусное оснащение, часы, трансформатор, бинокль	Молекула гемоглобина, способная транспортировать кислород
8	Неоднородный механизм (совокупность узлов, позволяющая осуществлять перевод энергии и вещества одного вида в другой)	Электростатический генератор, двигатель внутреннего сгорания	Молекулы ДНК, РНК, АТФ
7	Машина	Локомотив, автомобиль, самолет	Клетка
6	Агрегат	Локомотив, вагоны, рельсовый путь	Органы тела: сердце, легкие и т. д.
5	Предприятие	Завод, метро, аэропорт	Организм

ранг	Название системы	Пример	Аналоги в природе
4	Объединение	Аэрофлот, автотранспорт, железнодорожный транспорт	Класс
3	Отрасль	Транспорт (все виды)	Тип
2	Техника	Вся техника (все отрасли)	Фауна
1	Техносфера	Техника + люди + ресурсы + система потребления	Биосфера

ное влияние очень сильно на дистанциях в 1—2 ранга и, естественно, значительно слабее на дальних дистанциях, однако в той или иной мере оно всегда сохраняется. Этот факт имеет принципиальное значение для теории решения изобретательских задач.

Изобретательская задача чаще всего возникает вследствие появления потребности в улучшении той или иной характеристики конкретной технической системы. Формулировка задачи оказывается привязанной к системе определенного ранга, и изобретатели пытаются решить задачу путем изменения системы, указанной в условиях задачи. Между тем во многих случаях менять надо систему совершенно иного ранга — более высокого или более низкого (как в медицине: если болит голова, то совсем не обязательно лечить надо голову). Бывают ошибки и противоположного характера: изменяется система, значительно удаленная по шкале рангов от данной, хотя для решения достаточно изменить именно ее.

Положение осложняется еще и тем, что реальные технические системы обычно включают много систем одного и того же ранга. Так, двигатель внутреннего сгорания (система 8-го ранга) состоит из десятков однородных механизмов (систем 9-го ранга) и сотен узлов, пар и деталей (систем 10—13 рангов). Если, например, перегревается какой-то механизм, не обязательно изменять именно его: решение задачи может заключаться в изменении всей системы, одного из механизмов или же узла, пары, детали. Так возникает неопределенность: какой бы объект не назывался в задаче, всегда кроме него существует множество других, каждый из которых может оказаться «очагом» возникновения задачи, а поскольку все эти объекты могут быть изменены множеством способов, общее

количество вариантов, среди которых находится единственно нужный, чрезвычайно велико даже для задачи средней трудности.

На практике число подлежащих рассмотрению вариантов сокращают, руководствуясь здравым смыслом, опытом и т. д. Такая тактика вполне оправдана при решении несложных задач, но уже при решении задач средней трудности здравый смысл и опыт чаще всего не приводят к компромиссному решению, а если приходится работать со сложной задачей, то они, как правило, и вовсе ведут в тупик.

Изобретение — результат преодоления технического противоречия

Системная природа техники осложняет решение задач и в тех случаях, когда произведен правильный и точный выбор объекта, подлежащего изменению. Всякое изменение выбранного объекта сказывается (чаще всего отрицательно) на других объектах, на подсистеме, 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 в иерархии систем.

С точки зрения науки о технике преодоление противоречия — обязательный признак изобретения. Но с юридических позиций изобретениями признаются и многие конструкторские и даже просто технические решения. Например, по авторскому свидетельству (а. с.) № 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 их как можно больше (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, хотя эти изобретения и не расширяют возможности техники, не повышают уровень технических знаний. 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, в выдаче патента будет отказано, если суть изобретения, хотя бы и гениального, была изложена в статье или в книге до подачи заявки. Мотивируется это тем, что после публикации предприниматели уже могли вложить средства в реализацию изобретения и выдача патента обесценила бы эти капиталовложения. Интересно отметить, что при выдаче дипломов 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 ТП, впервые выдвинута сравнительно недавно — в 50-е годы¹. В последнее время эта идея попала в поле зрения патентоведов² и начала находить применение в практике работы некоторых экспертов ВНИИГПЭ, не будучи еще, однако, зафиксированной в официальных документах.

Изобретательская ситуация

Рассмотрим некоторые особенности изобретательских задач на конкретном примере.

Задача 1. При выплавке чугуна в домнах образуется расплавленный шлак (температура около 1000° С), который сливают в ковши, установленные на железнодорожных платформах, и увозят на шлакоперерабатывающие установки. Шлак, залитый в ковш, охлаждается, на его поверхности появляется твердая корка. Чтобы вылить шлак из ковша, в корке с помощью специального копрового устройства пробивают два отверстия. Однако отверстия эти приходится делать не у самого края ковша, поскольку ковш имеет конусную форму и шлак может находиться на разных уровнях (корка шлака имеет разную толщину). В результате затвердения часть шлака остается в ковше, его неполный слив приводит к потерям примерно одной трети шлака. Приходится сооружать специальные эстакады, где выбивают затвердевший в ковшах шлак, сливают остатки жидкого, охлаждают водой, грузят на самосвалы и увозят в отвалы, громождящиеся вокруг заводов.

В условиях приведенной задачи нет традиционного требования об усовершенствовании конкретных показателей, технологии и т. д., но именно эта незавершенность и делает формулировку задачи сравнительно корректной — в той мере, в какой это возможно для изобретательских задач. Действительно, дополнить условия задачи можно самыми различными требованиями: механизировать вы-

¹Альтшуллер Г. С., Шапиро Р. Б. Психология изобретательского творчества.— Вопросы психологии, 1956, № 6, с. 37—49.

Шапиро Р. Б., Альтшуллер Г. С. О некоторых вопросах советского изобретательского права.— Сов. Государство и право, 1958, № 2, с. 35—44.

²Основы теории и общие методы экспертизы/Под ред. В. М. Бакастова.— М.: ЦНИИПИ, 1973, с. 20—21.

бивку твердого шлака, усовершенствовать копровое пробивное устройство и т. д.

Обычно постановка задачи привязывает к наиболее «больному» месту, в данном случае это может быть выбивка затвердевшего шлака из ковшей — тяжелая и малопроизводительная работа, осуществляемая вручную, т. е. нужно предложить более эффективный способ очистки ковшей. Однако нет никакой уверенности в том, что именно такая постановка задачи приведет к наилучшему решению, более того, нет гарантии, что эта формулировка не ведет в тупик.

Чтобы избежать сужения задачи или, наоборот, постановки ее в излишне широком виде, необходимо начинать с формулировки, охватывающей иерархическую группу задач — без указания, какую именно задачу из этой группы надо решать. Такую исходную формулировку мы будем называть *изобретательской ситуацией*. Она охватывает не менее трех-четырёх иерархических уровней. Так, в ситуации с перевозкой шлака упомянуты: выплавка чугуна, утилизация шлака, перевозка жидкого шлака в ковшах, пробивка отверстий в шлаковой корке. Каждый уровень (кроме высшего для этой ситуации уровня — производства чугуна) представлен несколькими системами одного ранга, поэтому число объектов, которые могут быть изменены для получения нового и положительного эффекта, оказывается весьма большим. Еще больше число возможных изменений в каждом объекте.

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

Таблица 2

Итоги решения задачи 1

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

нужно назвать идею, рекомендуемую в первую очередь. Итоги эксперимента приведены в табл. 2. Нетрудно заметить, что 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.

Уровни изобретений

Изобретения, сделанные в результате решения изобретательских задач, можно разделить на пять уровней — в зависимости от степени новизны.

Первый уровень — мельчайшие изобретения («неизобретательские изобретения»), не связанные с устранением технических противоречий. Задача и средства ее решения лежат в пределах одной профессии, поэтому задача под силу каждому специалисту. Варианты, которые надо рассматривать, немногочисленные, обычно их не более десяти. Примером может служить изобретение по а. с. № 313047: «Способ крепления газовых баллонов в вертикальном положении, отличающийся тем, что с целью повышения надежности баллоны попарно связаны гибким шнуром». Еще один пример: «Вкладыш к поддону для изложницы, устанавливаемой в ее гнезде перед разливкой стали, отличающийся тем, что с целью надежной приварки к слитку он выполнен из пористого металлического материала» (а. с. № 542412, 20 авторов).

Такие изобретения, незначительно меняя объект, никак не отражаются на иерархии систем.

Задача 2. 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. Как избежать этого?

Эта задача была предложена группе из 18 человек с разной технической подготовкой. Каждый решал задачу отдельно, причем испытуемые были предупреждены, что надо записать все возникающие варианты. Всего (во всех записях) оказалось шесть вариантов, наибольшее их число в одной работе — три. Контрольный ответ у всех одинаков: после окончания фильтрации поворачивать диск плоскостью вдоль течения. Типичная задача, решаемая на первом уровне, хотя итог решения считается патентоспособным изобретением и даже приведен в качестве примера в журнале «Вопросы изобретательства» (1969, № 3, с. 28).

Второй уровень — мелкие изобретения, полученные в результа-

те устранения ТП способами, известными в данной отрасли (например, машиностроительная задача решается способами уже известными в машиностроении, но применительно к другим техническим системам). При этом меняется (частично) только один элемент системы. Для получения изобретения второго уровня обычно приходится рассмотреть несколько десятков вариантов решения.

Задача 3. В трубе, по которой движется газ, установлена поворотная заслонка. Иногда температура газа неконтролируемо меняется (повышается на 20—30°). 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 минуты, всего предложено 26 вариантов, наибольшее количество вариантов в одной записи — 12. Контрольных ответов только — 6 (а. с. № 344199: «Дроссельная заслонка с поворотным диском, закрепленным на оси, отличающаяся тем, что в диске с целью компенсации изменения расхода газа в зависимости от температуры выполнено сквозное отверстие, а 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. Оно характеризуется малым изменением размеров при сравнительно больших перепадах температуры. При этом выгоднее использовать биметаллические пластины, способные значительно менять свою форму (изгиб) даже при небольших изменениях температуры.

Третий уровень — средние изобретения. Противоречие преодолевается способами, известными в пределах одной науки (механическая задача решается механически, химическая задача — химически и т. д.). Полностью меняется один из элементов системы. Количество возможных вариантов измеряется сотнями.

Задача 4. Существует специальный вид фотографирования с использованием взрывного затвора: с помощью сильного электрического разряда уничтожают шторку, перекрывающую путь световому потоку. Решено было использовать этот принцип при киносъемке. Но при киносъемке нужно снимать один кадр за другим непрерывно. Возникает проблема: каким образом быстро менять шторку, уничтоженную взрывом?

Задачу решала группа из 14 человек. На решение было затрачено приблизительно 2—3 часа, в записях много одинаковых вариантов, в одной из записей — 22 варианта (и нет правильного

ответа). Большинство предложений связано с различными способами 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, отличающейся 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 лишь двух членов испытуемой группы есть приближение к контрольному ответу: предложение заранее сломать и измельчить шторку, т. е. сделать шторку из порошка.

Четвертый уровень — крупные изобретения. 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.

Задача 5. На заводе, выпускающем сельскохозяйственные машины, был небольшой полигон для испытания машин на трогание с места и развороты. Завод получил заказ на поставку продукции в 40 стран. Выяснилось, что нужно проводить испытания на 150 видах почв. Чем больше полигонов — тем надежнее испытания. Но с увеличением числа полигонов резко возрастает стоимость испытаний и, следовательно, стоимость продукции.

В 1973—1977 гг. эта задача предлагалась многим учебным группам изобретателей, но контрольного ответа не поступило. Он опубликован ранее: почвой на полигоне служит ферромагнитный порошок, удерживаемый магнитным полем. Меняя силу тока, можно легко менять механические характеристики «почвы»¹.

Пятый уровень — крупнейшие изобретения. Число вариантов, которое необходимо перебрать для решения, практически не ограничено. Изобретения пятого уровня создают принципиально новую систему 7—9 рангов, она постепенно обрастает изобретениями низших уровней и превращается в систему 4 или даже 3 ранга, при этом нередко создается новая отрасль техники. Примерами могут служить самолет (изобретение самолета положило начало авиа-

¹ Изобретатель и рационализатор, 1972, № 10, с. 35.

ции), радио (радиотехника), киносъёмка (кинетехника), лазер (квантовая оптика).

Задача 6. Нужно предложить подземоход, способный передвигаться в земной коре со скоростью до 10 км/ч при запасе хода в 300—400 км.

В этом примере 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. Противоречия возникают в процессе синтеза принципиально новой системы. Так, предположим, что 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.

Основные этапы развития технических систем

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. 1 а, 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 по-

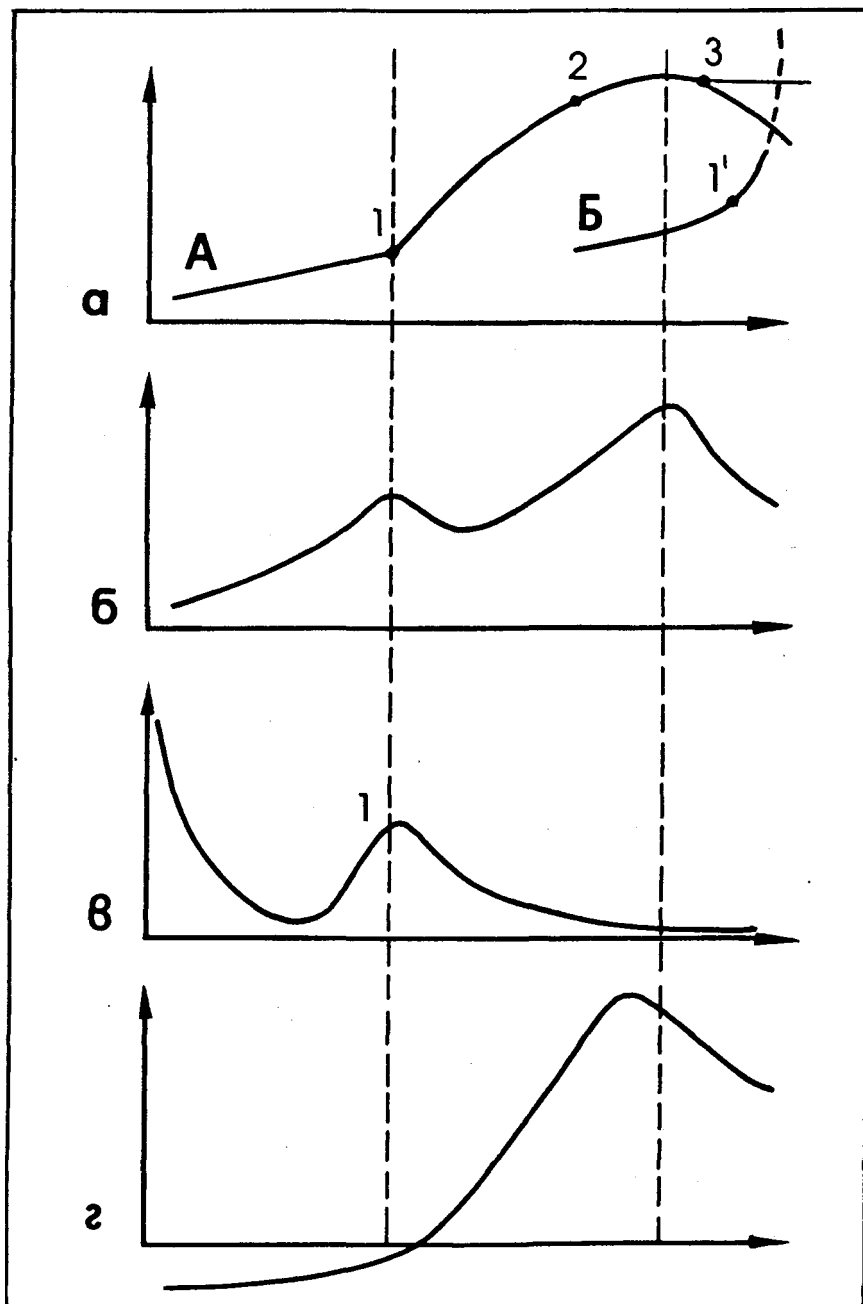


Рис. 1. Схема этапов развития технических систем

следние 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 к 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 системой, и эта блокировка преодолевается лишь после того, как старая система одряхлеет и вступит в резкий конфликт с внешней средой.

На рис. 1 б показано изменение количества изобретений на разных этапах развития системы. Первый пик связан с переходом к массовому применению системы, второй — с попытками любыми средствами продлить жизнь одряхлевшей системы. На рис. 1 в показаны наивысшие уровни изобретений на разных этапах жизни системы: рождение системы связано с одним или несколькими изобретениями пятого уровня, затем число изобретений снижается, но в районе точки 1 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.

Были проанализированы изобретения по 14 разным классам за 1965 и 1969 гг.¹ Анализ дал следующие цифры: изобретения первого уровня составили 32%, второго — 45, третьего — 19, четвертого — менее 4, пятого — менее 0,3%.

Таким образом, свыше $\frac{3}{4}$ зарегистрированных изобретений фактически представляют собой результат решения мелких и мельчайших изобретательских задач. Существует точка зрения, согласно которой такое преобладание «мелочи» — явление нормальное и положительное. «Как в математике бесконечно малые приращения способны образовывать конечные и вполне ощутимые суммы, так незначительные, казалось бы, но организованные и целенаправленные усовершенствования, зафиксированные юридической формулой, создают техническую базу того, что принято называть научно-технической революцией»².

¹ Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения, 2-е изд.— М.: Моск. рабочий, 1973, с. 36.

² Изобретатель и рационализатор, 1975, № 10, с. 42.

Аналогия с математикой ошибочна: чтобы получить конечную величину, надо сложить бесконечно большое число бесконечно малых величин. Вопрос о ценности мелких и мельчайших изобретений не так прост. Небольшие изобретения всегда нужны на начальном этапе становления технической системы (до точки 1): они нарастают «плоть на костях» новой идеи, позволяя перейти от схем к реальной вещи. Небольшие изобретения необходимы 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.

Смена систем могла бы идти в быстром темпе: при приближении системы А к точке 2 мог бы происходить 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. т на 56% ниже, чем на танкере в 80 тыс. т. Инженерные силы направлены не на поиск новых принципов транспортирования нефти, а на разработку усовершенствований, позволяющих строить и эксплуатировать супертанкеры все более 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. 1 г 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, не дают прибыли, они убыточны. Прибыль появляется потом, когда новая машина находит массовое применение. Тогда любая мелочь дает большую экономию и, следовательно, большое авторское вознаграждение (если оплата производится в зависимости от величины экономии). 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» (изобретение первого уровня или даже

обычная технологическая разработка). Но в целом по стране экономия составляет около миллиона рублей в год, авторы могут рассчитывать на большое вознаграждение, хотя лампа осталась все той же старой, ненадежной и крайне неэкономичной системой.

Упражнения и задачи

1.1. Из инструкции по эксплуатации электрической фотолампы накаливания: «Через 5 мин. непрерывного горения требуется выключение лампы не менее чем на 5 мин.» Определить техническое противоречие, присущее фотолампе.

1.2. Привести примеры изобретений, относящихся к техническим системам низкого (12—15) и высокого (2—3) рангов.

1.3. Привести пример изобретения, относящегося к системе среднего (7—9) ранга, но вызвавшего создание новой отрасли техники.

1.4. На предприятии имелся парк резервуаров для хранения нефтепродуктов. Налицо потери нефтепродуктов вследствие испарения. Известны способы хранения, по которым поверхность нефти прикрывают различными плавающими экранами. Однако использование таких экранов наталкивается на противоречие. Если зазор между экраном и стенками резервуара мал, то и испарение нефти мало, но стенки, деформируясь под действием меняющихся нагрузок, мешают свободному движению экрана. Если же зазор велик, то экран передвигается свободно, но и нефть имеет возможность испаряться. При обсуждении проблемы были высказаны следующие мнения:

- заключить с НИИ хоздоговор на решение этой проблемы,
- укрепить стенки резервуара, чтобы они не деформировались, и использовать известные конструкции экранов,
- разработать систему охлаждения резервуаров,
- построить систему улавливания паров нефти,
- сделать резервуары герметичными, способными выдерживать повышенное давление паров нефти,
- пригласить пожарную команду,
- проконсультироваться с химиками,
- разработать экраны с гибкими («притирающимися») стенками.

Задание: расположить эти предложения в порядке убывания ценности, дать обоснование полезности двух наиболее ценных предложений.

1.5. Привести примеры изобретений разных уровней (можно по бюллетеню изобретений). Объяснить, почему то или иное изобретение отнесено к определенному уровню.

1.6. Привести примеры систем, находящихся: а) на начальном этапе развития, т. е. до точки 1 (см. рис. 1); б) между точками 1 и 2; в) между точками 2 и 3; г) после точки 3.

МЕТОД ПРОБ И ОШИБОК

История развития метода

Решение изобретательских задач — один из древнейших видов (если не самый древний вид) человеческой деятельности. Основным методом решения изобретательских задач был и остается метод проб и ошибок. Суть его заключается в последовательном выдвигании и рассмотрении всевозможных вариантов решения: если выдвинутая идея оказывается неудачной, ее отбрасывают, а затем выдвигают новую. Правил выдвигания идей нет, в принципе мо-

жет быть выдвинута любая идея, даже самая нелепая. Нет и определенных правил оценки идей: пригодна или непригодна идея — об этом судят субъективно. Во многих случаях нет и субъективных критериев: приходится ставить эксперименты, на опыте определяя достоинства и недостатки того или иного варианта. Когда-то перебор вариантов вели буквально наугад. Однако по мере развития технических знаний формировались представления о том, что в принципе возможно и что невозможно. Сообразно с этими представлениями человек, решающий задачу, «фильтрует» варианты, отбрасывая то, что кажется неудачным. Увеличение степени «фильтрации» — главная тенденция исторического развития метода проб и ошибок. Современный инженер, приступая к работе, прежде всего знакомится с опытом предшественников, отраженным в технической или патентной литературе. Изучение этого опыта позволяет перейти от ситуации к задаче и наметить определенную концепцию поиска — направление, в котором следует искать решение. На выработку поисковой концепции оказывают сильное влияние и специальность инженера, и личный опыт решения творческих задач. В результате выделяется, подчас весьма произвольно, узкая область поисков.

Другая тенденция развития метода проб и ошибок — замена вещественных экспериментов мысленными. Объем знаний, доступных современному инженеру, настолько велик, что результаты многих проб могут быть предсказаны заранее. Инженер 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 большинство 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, в отличие от реальных мысленные эксперименты, как правило, не сопровождаются неожиданными побочными открытиями, обнаружением всевозможных непредвиденных явлений и эффектов.

Двум группам слушателей, приступающим к изучению ТРИЗ, был дан текст задачи (ситуации) о шлаке и перечень вариантов решения. Слушателей попросили 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 в табл. 3.

Оценка вариантов решения задачи 1

№	Вариант решения задачи	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	Добавить в шлак лед	—	19	—	20
5	Закрывать ковш съемной крышкой	14	5	11	9
6	Поместить ковш в сильное магнитное поле	2	17	14	6
7	Обрабатывать шлак ультразвуком	1	18	11	9

Как видно из таблицы, группа, в которой преобладают специалисты, придерживается традиционных вариантов и весьма единодушно отвергает идеи «дикие», группа же неспециалистов значительно более терпима 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 «невероятный» вариант № 4, который ближе всего к контрольному ответу.

Метод проб и ошибок вполне пригоден для решения задач первого уровня. Этот метод приемлем и тогда, когда приходится решать задачи второго уровня: перебрав несколько десятков вариантов, изобретатель почти всегда находит верное решение. Иначе обстоит дело с задачами третьего уровня. Если решение «спрятано» среди сотен всевозможных неиспробованных вариантов, путь к правильному ответу может растянуться на долгие годы. Далеко не всякий инженер способен терпеливо перебирать сотни вариантов, да и на производстве на это просто нет времени. К тому же нет никакой гарантии, что даже неисчерпаемое упорство будет вознаграждено: правильный ответ можно вообще не заметить или, заметив, неверно оценить, счесть неудачным. Будет нарастать об-

шее количество рассмотренных вариантов, в ход пойдут все более сложные умственные построения, а правильный ответ затеряется где-то позади... Иногда, так и не найдя эффективного решения, изобретатель соглашается на идею, не поднимающуюся над первым уровнем. Примером может служить упомянутое ранее а. с. № 427423, выданное изобретателю на способ определения давления газа в лампе путем... излома стеклянной колбы.

Темпы развития техники зависят прежде всего от создания принципиально новых систем. Но именно здесь, при решении изобретательских задач высших уровней, метод проб и ошибок в сущности бессилён. Нет людей, которые могли бы уверенно — одну за другой — решить задачи четвертого-пятого уровней. Даже если счастливый случай поможет кому-то решить одну такую задачу, нет никакой гарантии, что этот человек сумеет справиться со следующей.

Возникает вопрос: каким же образом решаются задачи «ценой» в миллионы проб? До 70-80-х гг. прошлого века несовершенство метода проб и ошибок ничем не компенсировалось. Решение трудных задач растягивалось на десятки и сотни лет. Задачу постепенно «перемалывало» несколько поколений изобретателей. С конца прошлого века (в особенности после Эдисона) несовершенство метода проб и ошибок стали компенсировать, сосредотачивая на решении одной задачи усилия многих разработчиков. Обширное «поисковое поле» делится 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.

Исследование метода проб и ошибок

Свидетельства изобретателей о ходе решения задач немногочисленны и немногословны. Обычно повторяется одна и та же схема: долгие размышления, перебор всевозможных вариантов и внезапная догадка в результате какой-то случайной подсказки. Психологи пытались воспроизвести в эксперименте процесс решения задач. При этом обычно использовались простые задачи первого уровня, а порой вообще 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 сосредотачивается и перебирает вариант за вариантом. Гештальт-психологи объясняли суть дела так: человек создает мысленный образ объекта, о котором говорится в задаче (это и есть гештальт), а затем перестраивает этот образ, меняет связи между его элементами, и вот неожиданно появляется новое

понимание задачи, усматривается некая связь между элементами или новая особенность объекта и его элементов.

Наиболее обстоятельные эксперименты провел в 20-30-х гг. немецкий психолог К. Дункер¹. 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 всем. Не имеет практического значения — будет ли получено решение со второй или с десятой попытки. Вся проблема — в неясности механизма решения трудных задач. При решении их проявляется что-то еще, кроме перебора вариантов. Нередко ответ на сложную задачу оказывается очень простым: не требовалось никаких особых знаний, чтобы прийти к этому ответу, но многие пытались — и не смогли решить задачу, а какой-то один человек ее решил. Как это происходит, почему это не повторяется, почему человек, решивший трудную задачу в «момент озарения», беспомощен при решении следующей задачи, и вообще почему трудны задачи — эти и подобные вопросы интересовали исследователей процесса изобретательства.

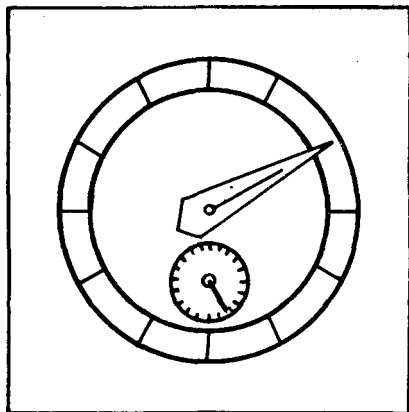
Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо исследовать процесс решения сложных реальных задач. К. Маркс отмечал в «Капитале», что все крупнейшие изобретения сделаны не одним человеком, а «кооперацией современников». Психологи за сто лет изучения творчества не поставили ни одного эксперимента по решению крупной реальной задачи «кооперацией современников». Лишь в последние годы появились сведения об опытах, в которых фигурировали небольшие, но все-таки реальные изобретательские задачи, решаемые одним человеком или небольшой группой.

Вот одна из таких задач.

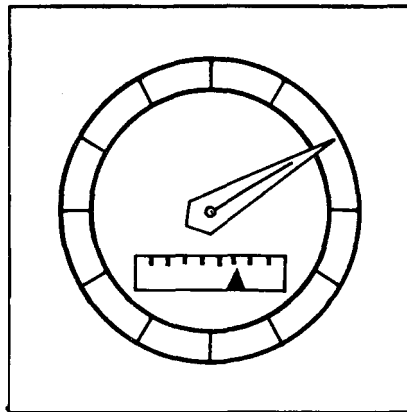
Задача 7. Авиационный высотомер (альтиметр) работает, измеряя падение давления с высотой. В сущности, это обычный барометр, но шкала градуирована в единицах длины (высоты). Высотомер имеет две круговые шкалы: большая шкала показывает метры, малая — километры (такие высотомеры можно видеть, например, в пассажирской кабине самолета Ил-18). Из-за этих шкал произошло немало аварий, так как пилоты часто их путали. Поэтому инженеры-психологи решили установить новый высотомер, на циферблате которого километры показывались бы на горизонтальной шкале, а метры — на круговой.

Спроектировать такой прибор было поручено высококвалифицированным инженерам. С задачей они справились, но вместо нескольких шестеренок и колесиков в новом высотомере пришлось установить их около сотни. Трение в них было столь велико, что точность нового прибора оказалась сведенной на нет. Все по-

¹ В кн.: Проблемы мышления. — М: Прогресс, 1965.



Авиационный высотомер



Усовершенствованный высотомер

пытки уменьшить число шестеренок ничего не дали. Тогда решение задачи было поручено человеку, мало знакомому с такого рода проблемами.

Надо сразу подчеркнуть, что задача 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.

Приведем описание эксперимента по решению задачи¹ (за этим неспециалистом наблюдали ученые, изучающие процесс творчества):

«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 отвлечься и поехал за город, в лес. Осенние листья плавно кружились в воздухе, изобретатель медленно брел вдоль лесной просеки в полузабытьи, какие-то образы мелькали в его уме.

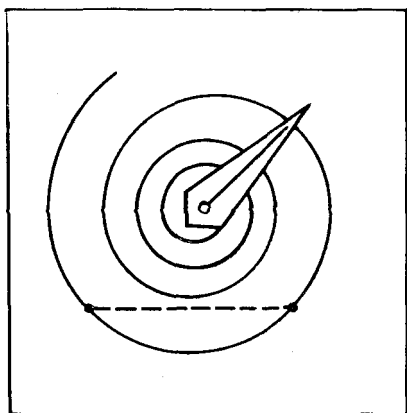
¹ Техника молодежи, 1976, № 1, с. 39.

И вдруг перед его мысленным взором возникла непрерывно свивающаяся и развивающаяся пружина альтиметра. Неожиданно и 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».

Это типичное внешнее описание процесса решения. И хотя взята реальная изобретательская задача, наблюдение за процессом ее решения не дало 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, отличающейся тем, что передача вообще отсутствует: стрелка прямо «замкнута» на пружину. Передачи нет — отсюда предельная простота устройства, и передача как бы есть — ее функции по совместительству выполняет пружина. Неудачи были связаны с попытками построить хорошую передачу, а ее, оказывается, вообще не нужно.

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

Логично теперь перейти к проверке этого предложения, ибо оно выведено на основе только одного изобретения. Для проверки не нужны громоздкие эксперименты-наблюдения, материал имеется



Пружинная модель высотомера

в практически неограниченном количестве. Это — миллионы описаний изобретений. В каждом описании четко объяснено, «что было» и «что стало». Можно легко проверить, действительно ли технические системы развиваются в направлении увеличения степени идеальности.

Анализ патентного фонда показывает: увеличение степени идеальности технических систем — *всеобщая закономерность*, хотя прием передачи функции — далеко не единственный путь реализации этой закономерности. Такой вывод мог бы положить начало научной технологии решения задач: если найдена одна закономерность, могут быть обнаружены и другие, если найден один прием, 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 — это 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.

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, на ощупь. Тысячи лет в качестве основных атрибутов творчества фигурировали озарение, интуиция, природжденные способности, счастливый случай. Это импонировало изобретателям, и они немало сделали, чтобы закрепить такое представление о творчестве.

За тысячи лет в научно-техническом мировоззрении произошло множество крупнейших переворотов. Все изменилось — незабываемым осталось только представление о неуправляемости творческого процесса. Более того, считается, что и в будущем — через сто или тысячу лет — сохранятся те же особенности творчества. Мы говорим: «От каждого по способностям». Это подразумевает неравенство способностей, существование способных решать творческие задачи и неспособных к этому.

Сила старых представлений о природе творчества колоссальна. Потому так трудно увидеть то, что, казалось бы, само бросается в глаза: технические системы развиваются закономерно, эти законы можно познать и использовать для сознательного и мощного развития техники.

Применение метода проб и ошибок

Приведем характерный пример решения задач методом проб и ошибок¹.

Здесь все типично: обычная лаборатория, решающая обычные задачи обычным методом проб и ошибок, однако работа идет крайне неэффективно.

Задача 8. При распылении растворов химикатов с самолетов важно, чтобы капли были определенного размера (от 20 до 1000 микронов — таковы пределы). Для регулирования размеров капель нужно сначала научиться их измерять.

В лаборатории с помощью аэродинамической трубы создавался воздушный поток, в котором раствор химикатов дробился на капли. Задача исследователей состояла в определении размеров капель и соотношения этих размеров. Группа исследователей шла к решению проблемы почти на ощупь. Перебрали множество теорий, каждая из которых, однако, нуждалась в практической проверке. Поставили тысячи экспериментов, испытали десятки конструкций приборов, перепаяли сотни метров проводов и извели неподдающееся учету количество киноплёнки, но к решению задачи не пришли.

Посмотрим теперь, как шла работа. Главная задача была разделена на ряд подзадач. Прежде всего нужен был генератор стандартных капель.

Задача 9. Имеется прибор: мотор, шкив, диск, на который падает струйка жидкости. Центробежные силы создают капли определенных размеров, причем эти размеры зависят от числа оборотов диска. В приборе, однако, шкив проскальзывает, движение диска неритмично, вследствие чего размеры капель непостоянны. Цель задачи — получить генератор капель стандартного размера.

На решение задачи в лаборатории потратили год, а потом просто посадили диск на ось электромотора, т. е. выбросили шкив и соединили мотор и диск «накоротко» (идеальный шкив — когда шкива нет, а функции его выполняются двигателем или рабочим органом системы). Год дорогостоящей работы на задачу, которая решается мгновенно, если использовать понятие об идеальном объекте. Такова плата за методологическую безграмотность: понятие об идеальном объекте изложено в литературе по теории решения изобретательских задач, и одного этого достаточно, чтобы сразу, с первой попытки, решить задачу.

Итак, нужно определить, из каких капелек состоит поток. Прибор уже существовал: поперек потока вводили миниатюрную кассету, открывали крышку, капельки попадали на ленту, крышка закрывалась — проба отобрана, можно считать. Работал прибор плохо, потому что капли расплющивались при ударе о ленту. По-

¹ Марголин Е. Как падают яблоки.— Рига: Лиесма, 1978, с. 5—14.

пробовали на приемную ленту нанести слой масляной смазки. Это типичное изобретение первого уровня: жестко падать — подложим что-то мягкое. Так или иначе новшество внедрили. Научились ловить капли на ленту, отбирать пробы. Кадр (проба) имеет диаметр 0,6 мм и на нем 700—800 капель. Надо их сфотографировать, сосчитать и обмерить. Чтобы изображение было четче, капли подкрашивали. Снимок проецировали по очереди два сотрудника, затем один из них прикладывал линейку к экрану и называл цифры, второй записывал. Были использованы сотни снимков, сотни тысяч измерений, однако работа двигалась крайне медленно.

В сущности исследование зашло в тупик. Взяли плохой прибор, чуть-чуть усовершенствовали и, естественно, получили крайне медленную технологию.

Идеальный счетчик — когда счетчика нет, а счет ведется. Если отказаться от отбора проб, остается одна возможность — считать капли прямо в потоке. Возможно ли это? Да, есть простые правила, выводящие на этот способ. Рассмотрим их позже, а пока конкретный пример — а.с. № 272645: «Способ анализа различных веществ, основанный на определении степени затухания импульсов электромагнитных волн, прошедших через исследуемое вещество, отличающийся тем, что с целью осуществления анализа многокомпонентных систем определяют степень затухания электромагнитных волн при различных частотах колебания». Сквозь поток проходят электромагнитные волны. Поглощение волн потоком зависит от резонанса, происходящего при совпадении длины волны излучения с размерами частиц. Меняя длину волны, можно получить кривую, соответствующую распределению частиц в потоке. В авторском свидетельстве, к сожалению, не приведены данные о точности способа, но если даже допустить, что точность меньше требуемой, все равно — именно этот способ надо брать за прототип, направив усилия на повышение его точности. Способ имеет принципиальные преимущества: быстрдействие, возможность автоматизации измерений. Он неизмеримо сильнее примитивного способа «отлова» капель и счета их «на пальцах».

Может возникнуть вопрос: почему же в лаборатории взялись за «счет на пальцах»? Ответ прост: был прибор для «отлова» капель, психологическая инерция заставила совершенствовать именно этот прибор.

Итак, работа зашла в тупик. Что же дальше? Помогли коллеги из другого НИИ. Они создали телевизионный анализатор — для определения спектра капельного распыла в облаках.

Таковы итоги восьмилетней работы и перспективы на дальнейшее: ручной счет капель на снимке заменен телевизионным, но счет можно вести только по участкам, придется создавать «устройство с кнопкой» — для перехода с участка на участок.

О потерях, обусловленных применением метода проб и ошибок

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 газеты «Правда» В. Губарева «110 минут среди тайн»¹. 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?».

Идеальный центровочный груз — когда груза нет, а функции его по совместительству выполняет какой-то другой объект. В виде общего правила это было сформулировано 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»². В очерке В. Губарева рассказывается о том, как однажды к конструкторам пришел ученый из Института геохимии и аналитической химии, попросил разместить на «Венере-12» еще один прибор весом в 6 кг. В ответ — взрыв смеха. Это уже слишком — предлагать такое...

О каком приборе может идти речь, если аппарат давно 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.

Использование прибора в качестве конструктивного элемента (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 один прием — капля в океане действительно смелых и неожиданных идей современной ТРИЗ.

В 1962 г. в журналах «Мисайлз энд рокетс» и «Авиэйшн вика» появилось сообщение, что фирма «Грумман эйркрафт» собирается изготовить часть внутренних элементов лунной кабины корабля «Аполлон-С» из спрессованной пищевой смеси, которую в аварийных ситуациях можно использовать как продукт питания. Обозреватель английского журнала «Нью сайентис» опубликовал статью с градом издевательств: «Наверное, скоро у нас

¹ Правда, 1978, 22 декабря.

² Вопросы психологии, 1956, № 6, с. 48.

будет создана «цельно-рисовая-хлебная» ракета... Какой великолепный дождь технологических новшеств прольется теперь у нас! Взять хотя бы такой самый тривиальный шаг вперед, как создание съедобного автомобильного двигателя. Нет ничего лучше для автомобилиста, отправляющегося в дальний путь. Ведь в случае аварии он наверняка будет избавлен от голода... «Если вещь вышла из строя, съешьте ее!» — так будет звучать лозунг нашей повседневной жизни. Воцарится всеобщее процветание, особенно в тех отраслях промышленности, которые выпускают различные соусы, придающие особый вкус старой швейной машине или паре съедобных футбольных бутс». Статья была перепечатана «Неделей»¹ под заголовком «На закуску... скафандр». Прошло несколько лет и журналы запестрели заголовками: «Мебель из пищи», «В космосе отходов нет!» и т. п. Идея, над которой издевались, оказалась вполне разумной. Предельно наглядный урок для конструкторов космических кораблей: прием идеализации путем совмещения функций прямо использован в космической технике. Метод проб и ошибок не предусматривает учета неудач даже внутри одной отрасли: люди тысячи раз проходят буквально через одни и те же неудачи, не делая из этого никаких выводов.

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. Так, менисковый телескоп, по признанию его изобретателя Максудова, мог быть создан еще до времени Декарта и Ньютона. Была потребность и была возможность создания такого телескопа. Задачу просто не увидели, до попыток решения дело дошло только в середине XX века.

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.

Трудно оценить суммарные потери от применения метода проб и ошибок. 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.

¹ Неделя, 1962, № 25, с. 5.

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

Упражнения и задачи

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 всегда надо в аварийном порядке (трещины, торошение льдов и т. д.). Как быть? Требуется найти средство столь же простое и безотказное, как кувалда, но значительно более эффективное.

2.2. Для того чтобы выбрать надежное место расположения дрейфующей станции, необходимо определить толщину льда. Задание это выполняет «ледовая разведка» путем посадки самолета в предполагаемом месте и путем бурения льда. Посадка — смертельный риск. Отсюда задача: определить толщину льда с самолета. Хороший (для организации станции) лед должен иметь толщину 1,5 — 3,0 м. Способ измерения должен быть простым и достаточно эффективным.

МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ПЕРЕБОРА ВАРИАНТОВ

Предварительные соображения

Существуют две принципиально отличные возможности перехода к новой технологии решения изобретательских задач:

- интенсифицировать метод проб и ошибок, используя различные приемы для более активного генерирования вариантов;
- выявить законы развития технических систем и применить для выявления и решения изобретательских задач.

Первый путь сохраняет и углубляет метод проб и ошибок, второй полагает необходимым замену перебора вариантов точными операциями, основанными на знании законов развития технических систем.

К методам активизации перебора вариантов относят метод фокальных объектов, морфологический анализ, мозговой штурм, метод контрольных вопросов, синектику и десятки других методов, представляющих собой фрагменты или, наоборот, сочетания этих пяти «базовых» методов. Мы рассмотрим «базовые» методы и попутно некоторые их модификации и комбинации.

Метод фокальных объектов

Любая изобретательская задача прямо или косвенно содержит упоминание о каком-то техническом прототипе — объекте, который необходимо усовершенствовать. С этим прототипом связаны определенные укоренившиеся представления. Так, например, бу-

ровая вышка мыслится в виде конструкции, возвышающейся над земной поверхностью, хотя в принципе возможна и «подземная» вышка. Многие неудачные варианты, выдвигаемые при решении задач, характеризуются своей привязанностью к привычным представлениям о прототипе. Поэтому в основе одной из первых попыток повысить эффективность метода проб и ошибок лежала идея искусственного наделения прототипа посторонними признаками. В 20-х гг. профессор Берлинского университета Ф. Кунце предложил «метод *каталога*»: нужно наугад открыть любой каталог (словарь, книгу, журнал), взять любое слово и «состыковать» с исходным словом (названием прототипа). Например, если прототипом является «фреза», а случайным словом — «снег», то получается сочетание «снежная фреза». Это сочетание можно развить, используя ассоциации: ледяная фреза, холодная фреза, скользкая фреза и т. д.

В 50-е гг. метод был несколько усовершенствован Ч. Вайтингом (США) и получил название *метод фокальных объектов* (МФО). Из условной задачи выделяют прототип, подлежащий усовершенствованию (фокальный объект), затем наугад выбирают из словаря, книги или журнала 4—6 случайных объектов. Составляется перечень свойств (5—8 наименований) каждого случайного объекта (отсюда и название метода: прототип как бы находится в фокусе линий, идущих от случайных объектов). Полученные сочетания развивают, пользуясь ассоциациями. Среди многих неудачных идей может оказаться и нечто полезное, новое, неожиданное.

МФО очень прост, полностью осваивается после одного-двух упражнений. Однако и результаты получаются весьма скромными. Как мы увидим в дальнейшем, ответы на сложные изобретательские задачи представляют собой сочетания разных изменений прототипа, между тем МФО дает простые (преимущественно одинарные) изменения. Отсюда принципиальная ограниченность метода. В практике обучения теории решения изобретательских задач метод фокальных объектов используют для начальных упражнений по развитию воображения.

Одна из современных модификаций МФО, названная *методом гирлянд случайностей и ассоциаций*, подробно описана Г. Бушем¹. Приведена задача: «Предложить новые и оригинальные полезные модификации стульев для расширения ассортимента мебельной фабрики». Фокальным объектом, таким образом, является «стул». Прежде всего составляют гирлянду синонимов: стул — кресло — табуретка — пуф и т. д. Затем, как и при обычном МФО, выбирают случайные объекты: электролампочка, решетка, карман, коль-

¹ Буш Г. Методологические основы научного управления изобретательством. — Рига: Лиесма, 1974, с. 46—52.

цо, цветок, пляж. Составляют *список признаков случайных объектов* (электролампочка — стеклянная, свето- и теплоизлучающая и т. д.), после чего получают гирлянду признаков путем присоединения признаков случайных объектов к гирлянде синонимов: стеклянный стул, теплоизлучающее кресло и т. д. Далее образуют гирлянды ассоциаций для каждого из признаков. Обратимся к книге Г. Буша.

«Рассмотрим, например, генерирование гирлянды ассоциаций по первому признаку объекта «электролампочка». Этим признаком является эпитет «стеклянная». Гирлянда ассоциаций создается путем постановки вопроса: что напоминает слово «стеклянный»? Ответ может быть, например, стеклянное волокно. Далее задается второй вопрос: что напоминает слово «волокно»? Кому-нибудь это может напомнить плетение, вязание. Аналогично, продолжая поиск элементов гирлянды ассоциаций, можно увеличить длину гирлянды. Вязание может напомнить бабушку, лечащую ревматизм на курортах юга, где от жары можно укрыться в тени или под зонтиком, напоминающим крышу садовой беседки... Гирлянда ассоциаций в этом случае будет выглядеть следующим образом: стекло — волокно — спасение — тень — зонтик — крыша...».

К элементам гирлянды синонимов поочередно пытаются присоединить элементы гирлянд ассоциаций: кресло из стекловолокна, вязаный пуф, табуретка для бабушки, кресло для лечения от ревматизма. Полученные сочетания рассматривают, стараясь найти нечто рациональное. «Если в течение короткого времени, — пишет Г. Буш, — можно найти тысячи вариантов решения, то нас вполне удовлетворит положение, при котором хотя бы несколько вариантов будут рациональными». Здесь, однако, допущен принципиальный просчет: дело не в количестве генерируемых вариантов, а в их качестве. Если попытаться генерировать осмысленные слова, наугад ударяя по клавишам пишущей машинки, то имеются реальные шансы получить двухбуквенные слова: не, ни, но, об, да и т. д., но шансы получить слово в семь или десять букв практически равны нулю. Так обстоит дело и с МФО и его модификациями: МФО дает лишь простые сочетания типа «кресло для бабушки», но их можно получить и без МФО.

Решая задачу методом проб и ошибок, изобретатель обычно начинает с простых вариантов, полученных каким-то одним изменением прототипа. Если задача долгое время не поддается решению, постепенно совершается переход к более сложным вариантам, основанным на сочетании двух, трех и более изменений. Когда мы говорим «изобретатель совершает тысячу проб» — речь идет о разных пробах. Скажем, 900 безуспешных попыток решить задачу одним изменением прототипа, 90 без-

успешных попыток найти подходящую комбинацию двух изменений и, наконец, 10 сочетаний трех изменений, одно из которых дало нужный результат. Если бы изобретатель продолжал генерировать только варианты, основанные на одном или двух изменениях, число неудачных вариантов можно было наращивать неограниченно.

Сила того или иного метода определяется не количеством генерируемых идей, а способностью выводить на нужные сочетания изменений. Поскольку сложных сочетаний изменений может быть чрезвычайно много, необходимы правила отбора, являющиеся основными механизмами каждого работоспособного метода. МФО и все его разновидности правил отбора не имеют.

Метод гирлянд, в отличие от обычного МФО, предусматривает многократное образование гирлянд, но качество полученных идей от этого не меняется.

Морфологический анализ

В современной форме *морфологический анализ* создан швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки, который в 30-е годы применил морфологический подход к решению астрофизических проблем и предсказал существование нейтронных звезд. В годы мировой войны, когда Цвикки привлекли к американским ракетным разработкам, морфоанализ — уже вполне сознательно — был использован для решения технических задач. Сущность морфологического анализа заключается в стремлении систематически охватить все (или хотя бы все главнейшие) варианты, исключив влияние случайности.

Прообразом морфологического анализа можно считать «Арс магна» — «Великое искусство» Раймундо Луллия (XIII в.).

Основная идея «Великого искусства» состоит в том, что структура любого знания определяется изначальными понятиями, категориями. Комбинируя эти понятия, можно вывести все знания о мире. Гегель пишет в «Средневековой философии» о том, что Луллий систематичен, но вместе с тем он становится механистичным. Луллий строил приборы в виде концентрических окружностей. На каждой окружности были записаны определенные понятия. Перемещая окружности относительно друг друга, можно было получить различные высказывания и суждения. Сохранились рисунки этих приборов («фигур»). Наиболее крупной «фигурой» был прибор с 14 окружностями. 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 18 квадратильонов сочетаний¹.

В простейшем случае морфологический анализ предусматривает построение *двухмерной 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, *задачу 2.1* о борьбе с примерзанием лыж. Чтобы освободить примерзшую лыжу, прежде всего нужен запас энергии. Составим список разных источников энергии, не предопределяя заранее годится или нет тот или иной способ: электроаккумуляторы, взрывчатые вещества, горючие вещества, химические реактивы, гравитационные устройства, механические устройства (например, пружинные), пневмо- и гидроаккумуляторы, биоаккумуляторы (человек, животные), внешняя среда (ветер, волна, солнце). Далее запишем всевозможные 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. Если теперь построить таблицу, получится 81 вариант, каждый из которых заслуживает рассмотрения. Разумеется, таблицу нетрудно расширить.

Обычно для морфоанализа 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), например, 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.

Общее количество вариантов в таком ящике соответствует произведению элементов осей, в данном случае $5 \times 7 \times 3 \times 5 \times 8 = 4200$.

¹ Гутер Р. С., Полунов Ю. Г. Лулл, или Машина Открытий.— Химия и жизнь, 1979, № 9, с. 74—77.

Самый трудный этап морфоанализа — выбор нужного сочетания. Правил отбора нет, поэтому действовать приходится наугад. Между тем сильное сочетание «прячется» среди миллионов слабых и бессмысленных. Длительные наблюдения за применением морфоанализа в школах ТРИЗ показали, что наиболее распространенная ошибка состоит в стремлении получать сочетания путем выбора на каждой оси наиболее «яркого», внешне привлекательного сочетания. Разумнее действовать иначе: выбрать несколько главных элементов, а остальные подбирать так, чтобы они соответствовали, «подыгрывали» им. Фактически это означает возврат к применению двухмерной таблицы. Однако и применение двухмерных таблиц наталкивается на трудности: надо правильно выбрать ось, от чего зависит плодотворность сочетаний. В связи с этим возникает логический вопрос: нельзя ли построить универсальную таблицу, пригодную для морфологического анализа многих технических систем?

Такая таблица получила название *фантограммы* (предложена Г. С. Альтшуллером в 1970 г.), так как в школах ТРИЗ она применялась в основном не для решения технических задач, а в упражнениях по развитию воображения. Вертикальной осью фантограммы служат следующие универсальные показатели, характеризующие любую систему — от часового механизма до человеческого общества: химический состав вещества, физическое состояние вещества, объект, элементы микроструктуры объекта (например, для дерева — клетка, для общества — человек), надструктура (система, в которую входит объект, например, для дерева — лес), направление развития, воспроизведение, энергопитание, способ передвижения, сфера распространения, управление, цель, назначение, смысл существования. В качестве горизонтальной оси используют перечень приемов изменения: уменьшить, увеличить, объединить, разъединить, раздробить, заменить данное свойство «антисвойством», ускорить, замедлить, сместить во времени назад, сместить во времени вперед, сделать свойства меняющимися во времени (а если они уже меняются, наоборот — сделать их постоянными), отделить функцию от объекта, изменить связь со средой (включая полную замену среды). Из 144 сочетаний, даваемых фантограммой, обычно 60—70% имеют определенный смысл. В этом преимущество метода фантограммы по сравнению с обычным морфоанализом. Однако и здесь возможности весьма ограничены. Следовало бы увеличить число элементов по каждой оси, одновременно повысив их точность и конкретность, а следовательно, и определенность сочетаний. Но с увеличением числа элементов начинает снижаться доля осмысленных сочетаний, фантограмма теряет компактность и удобство использования. Тут мы сталкиваемся с явлением, характерным для всех методов перебо-

ра вариантов: эти методы не имеют резервов развития, они могут видоизменяться, но не развиваться, оставаясь в пределах исходного принципа.

Мозговой штурм

Существует несколько десятков разновидностей данного метода, но все они лишены красоты, присущей идее чистого *мозгового штурма*. Автор метода — американец А. Осборн. В основе мозгового штурма лежит 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 и, 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 в виде стенограммы. 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 (чаще встречаются смешанные типы). Но все-таки в группу генераторов идей всегда 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, из которых 10—15% (если взята посильная задача) не лишены смысла. Группа экспертов получает, во-первых, идеи, высказанные смело, до конца, без оговорок, а во-вторых, часть идей уже развита участниками штурма, получила хотя бы первоначальное подкрепление.

Интересна сама обстановка штурма. В непринужденной обстановке группа не стесняющихся друг друга людей наперебой высказывает идеи. Существует не только запрет на критику, запрещено и приводить доказательства, поэтому генерирование идей проходит в быстром темпе. В пиковые минуты «коллективного вдохновения» возникает своего рода ажиотаж, идеи выдвигаются как бы произвольно, прорываются и высказываются смутные до-

гадки, предположения. Именно эти стихийно прорывающиеся идеи считаются наиболее ценной продукцией мозгового штурма.

Философская основа мозгового штурма — теория австрийского психолога 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 властвуют 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 ему не поддаются. Надежды, связанные с мозговым штурмом, не оправдались.

Началась эпоха всевозможных видоизменений метода.

Существует десятка полтора разновидностей мозгового штурма: индивидуальный, парный, массовый, двух- и трехстадийный, поэтапный, конференция идей, «совещание пиратов», кибернетическая сессия и т. д.

Все эти методы слабее чистого мозгового штурма, поскольку попытки ввести управление в стихийный процесс генерирования идей пагубно сказываются на самом ценном механизме штурма — создании условий для проявления иррациональных идей, спонтанно прорывающихся из подсознания.

Синектика

Единственной научной попыткой усовершенствовать мозговой штурм следует считать *синектику*, что в переводе с греческого «объединение разнородных элементов» (подразумевается нечто вроде того объединения, которое имело место при использовании метода фокальных объектов). Однако синектика отнюдь не сводится только к состыкованию разнородных понятий.

Автор синектики У. Гордон (США) разработал метод в 50-е гг.

Вся «соль» мозгового штурма, вся его сила — в запрете на критику. Но здесь же и его слабость: для развития и видоизме-

нения 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. Состав группы можно совершенствовать, вводя новых участников. Растет взаимопонимание, идеи схватываются с полуслова.

Гордону удалось смягчить и другое противоречие — между хаотичностью мышления и последовательностью решения. 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 свободу поиска.

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

По мнению Гордона, существуют два вида механизмов творчества: *неоперационные* (в смысле «неуправляемые») — интуиция, вдохновение и т. д. — и *операционные* — 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 к неверному направлению. Поэтому процесс решения лучше начинать с уяснения и уточнения задачи: путем обсуждения перейти от начальной формулировки (проблема как она дана — ПКД) к рабочей (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: как найти места утечки, как пред-

сказать возможное расположение этих мест, как найти способ самоустранения утечки. В сущности, здесь три разные задачи.

Для творческого процесса, пишет 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 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 отказываться.

Рабочими механизмами для выработки свежего взгляда на задачу являются следующие виды аналогий: *прямая* — любая аналогия, например, из природы; *личная эмпатия* — попытка взглянуть на задачу, отождествив себя с объектом и войдя в его образ; *символическая* — нахождение краткого символического описания задачи или объекта; *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 радугу. 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 понимание было сосредоточено на действиях человека, а дело во все не в них. Технические объекты развиваются закономерно, и действия изобретателя 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 объекта — 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 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. Если сравнить метод фокальных объектов с примитивным воздушным шаром, то синектика — дирижабль. И беда не в том, что дирижабль недостаточно совершенен — воздухоплавание вообще тупиковый путь. Завоевание воздушного океана требует принципиально иных средств.

Поскольку синектика эффективнее других методов перебора вариантов, оказалось возможным организовать продажу методологии решения изобретательских задач. Фирма «Синектикс инкорпорейтед» (г. Кембридж, штат Массачусетс), судя по проспекту, предлагает самые разные услуги: курсы синектики рассчитаны на сроки от половины дня до нескольких недель, есть повторные курсы для обновления знаний, курсы для студентов, фирма берется за участие в решении задач, проводит открытые и закрытые синектические сессии и т. д. Разумеется, за короткий срок синектику не освоишь. Гордон писал о более серьезной подготовке, например, в течение месяца, когда обучающиеся постоянно контактируют с сотрудниками фирмы, посвящая все время решению задач и обсуждению записей решения. После этого еще пять месяцев обучающиеся неделю в месяц посвящают освоению синектики, а остальное время работают в своих фирмах. Наконец, еще в течение шести месяцев обучающиеся (уже без отрыва от основной работы) принимают участие в синектических заседаниях. Стоит такой курс немало — сотни тысяч долларов за каждую группу.

Метод контрольных вопросов (МКВ)

Использование аналогий в синектике можно рассматривать как применение наводящих вопросов, правда, довольно однообразных. Но список вопросов может быть значительно расширен. Такие списки существуют, их применение для активизации перебора вариантов получило название *метода контрольных вопросов (МКВ)* или метода наводящих вопросов.

Разными авторами и в разное время предлагались самые различные списки. Приведем список А. Осборна, состоящий из девяти групп вопросов:

- 1) как по-новому применить объект,
- 2) как упростить объект,
- 3) как модифицировать объект,

- 4) что можно увеличить в объекте,
- 5) что можно уменьшить,
- 6) что можно заменить,
- 7) что можно преобразовать,
- 8) что можно перевернуть наоборот,
- 9) возможные комбинации элементов объекта.

Каждая из этих групп включает 5 — 10 вопросов. Так, в четвертую группу входят вопросы: что можно увеличить в техническом объекте; что можно присоединить; возможно ли увеличение времени службы, воздействия; увеличить частоту, размеры, прочность; дублировать; повысить качество; присоединить новый ингредиент; возможны ли мультипликации рабочих органов, позиций и других элементов; возможны ли преувеличение, гиперболизация элементов или всего объекта.

МКВ внутренне противоречив. Хороший список должен быть возможно более полным и подробным, но чем полнее становится список, тем яснее видно, что все вопросы можно заменить одним универсальным правилом: «Настойчиво перебирай *любые* варианты». В сущности, списки контрольных вопросов просто подталкивают изобретателя, тормозят, не дают остановиться. Годен любой вопрос — лишь бы он давал возможность перебрать еще одну серию вариантов. Это хорошо видно на вопросах одного из лучших списков, составленного английским изобретателем Т. Эйлоартом. Вот некоторые из этих вопросов:

- набросать фантастические, биологические, экономические, молекулярные и другие аналогии;
- попробовать различные виды материалов и энергии;
- узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных людей;
- устроить «сумбурное» групповое обсуждение, выслушать каждую идею без критики;
- попробовать «национальные» решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское;
- бродить среди стимулирующей обстановки: на свалках лома, в технических музеях, в магазинах дешевых вещей;
- определить идеальное решение и т. д.

Работая «чистым» методом проб и ошибок, способный и настойчивый изобретатель сам задает себе подобные вопросы, даже и не зная о существовании МКВ. Поэтому как в списке Т. Эйлоарта, так и в других нет откровений. Некоторое полезное воздействие МКВ основано на психологическом влиянии: есть список, есть вопросы — это подталкивает продолжать перебор вариантов, не дает возможности остановиться.

Есть наводящие вопросы, которые ведут в правильном направ-

лении при решении любых задач. Но практический результат даже таких вопросов незначителен. Возьмем, например, вопрос из списка Эйлоарта об идеальном решении. Технические объекты, развиваясь, становятся идеальнее. Это универсальный закон, и напоминание об идеальном решении всегда подталкивает мысль в правильном направлении. А дальше? Как конкретно представить идеальное решение? Как, скажем, выглядит идеал парусного корабля — судно со множеством парусов, что-то вроде сверхклипера, или судно вообще без парусов? Нужны правила, позволяющие для каждой задачи формировать образ идеального решения, а таких правил у МКВ нет. Это относится ко всем вопросам. Самое же главное — не «что», а «как». Как правильно построить аналогию, как правильно заменить материал, как правильно «перевернуть наоборот» и т. д. Никакие списки этого не объясняют.

МКВ имеет и другой принципиальный недостаток: вопросы относятся к одиночным изменениям объекта. Между тем, для решения мало-мальски сложных задач нужна комбинация изменений. Не просто «расплавить» или «перевернуть наоборот», а «расплавить и одновременно перевернуть расплав наоборот». Списки, включающие такие комбинации, практически невозможно составить, они получились бы чрезвычайно громоздкими. Если же попытаться их как-то сжать, свернуть, мы приходим к морфологическому ящику.

Прочие методы

Выше рассмотрены основные методы активизации перебора вариантов. Они граничат друг с другом, кое-где даже пересекаются, но в общем, это разные методы. Наряду с этими «чистыми» разновидностями, существуют всевозможные видоизменения и комбинации. Все они значительно слабее чистых методов.

Прежде всего необходимо отметить, что пять основных методов нередко встречаются под другими названиями. Так, Д.Джонс метод контрольных вопросов описал под названием метода ликвидации тупиковых ситуаций. Знакомство с основными методами позволяет легко распознать, что скрыто под тем или иным «псевдонимом».

Часто приходится сталкиваться с комбинациями основных методов. Примером может служить *метод психодивергентной активизации*, разработанный в Институте кибернетики АН Грузинской ССР под руководством А. В. Чавчанидзе. Первоначально схема метода была такой: два человека — ведущий и испытуемый — ведут диалог; ответы испытуемого анализирует ЭВМ, подсказывающая ведущему вопросы, которые следует задавать. Требовать от современной ЭВМ такой работы — совершенно нереально. И вско-

ре в описании метода вместо ЭВМ стал фигурировать комплект перфокарт. Выяснилось однако, что перфокарты тоже не нужны, так как в них слишком мало наводящих вопросов. В конце концов стали использовать список контрольных вопросов, а вместо двух человек к обсуждению привлекли многочисленную группу¹. В результате получилось сочетание мозгового штурма (или синектического заседания) с методом контрольных вопросов. Такое сочетание ослабляет оба метода. Мозговой штурм требует предельной раскованности, применение же вопросника, введение в группу экспертов и оппонентов, одновременное участие в штурме руководителей и подчиненных — все это целиком исключает свободное генерирование случайных и полусознательных идей, то есть то, во имя чего и существует штурм. По сути это обычное групповое обсуждение.

Порой комбинирование метода бывает весьма многослойным. Такова, например, стратегия семикратного поиска, предложенная Г. Я. Бушем². Первоначально эта стратегия основывалась на «магическом» числе семь: процесс решения делился на семь стадий, использовались семь ключевых вопросов и т. д. В дальнейшем схема была изменена: действия на каждой стадии рекомендуются вести по таблицам, дающим наводящие вопросы, причем в качестве вопросов выступают отдельные методы, например, составление морфологических матриц, использование метода фокальных объектов (гирлянды ассоциаций), организация творческих дискуссий и изобретательских игр, проведение «диких» экспериментов и т. д. Г. Я. Буш неоднократно описывал стратегию семикратного поиска, но никогда не приводил никаких примеров решения задач с помощью такой стратегии.

Выводы

Мысль о необходимости создания эффективных методов решения творческих задач высказывалась давно, по крайней мере, со времен древнегреческого математика Паппа, в сочинениях которого впервые встречается слово «эвристика». Однако только в сороковых годах XX века стало очевидно, что создание таких методов не только желательно, но и необходимо.

Появление методов активизации перебора вариантов — знаменательная веха в истории человечества. Впервые на практике была доказана возможность — пусть в ограниченных пределах — управ-

¹ Проблемы управления интеллектуальной деятельностью. — Тбилиси: Мецниереба, 1974.

² Буш Г. Методологические основы научного управления изобретательством. — Рига: Лиесма, 1974, с. 90.

лять творческим процессом. Американские методологи творчества 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.

Методы активизации перебора вариантов представляют собой усовершенствование метода проб и ошибок. Поэтому возможности развития этих методов крайне невелики. МФО, например, несколько раз менял названия, но при этом сущность его оставалась неизменной. Не было сколько-нибудь значительных изменений и в других методах. За тридцать лет прогресс выразился только в механическом увеличении числа процедур. Одни и те же действия в МФО или в мозговом штурме предлагается повторять дважды или трижды. Полной неудачей кончилась и попытка как-то объединить, скомбинировать методы активизации или их элементы, стало совершенно ясно, что в чистом виде методы активизации работают лучше, чем в различных комбинациях.

Методы активизации перебора вариантов, как уже отмечалось, 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.

Методы активизации появились примерно в одно время с ТРИЗ. Простые и не требующие разработки, эти методы получили довольно широкое распространение. Их легко приняли: они не меняли основу старой технологии, не требовали коренной ломки устоявшихся взглядов. На определенном этапе распространение методов активизации помогло и распространению ТРИЗ.

Еще 15—20 лет назад противники ТРИЗ отрицали какое бы то ни было вмешательство в «сокровенный творческий процесс». Сегодня ТРИЗ противопоставляются методы активизации перебора вариантов. Исход этого противоборства предрешен. К участию в техническом творчестве ныне привлечены огромные массы

людей. Отказ от кустарного метода проб и ошибок и переход к принципиально иной технологии совершенствования технических систем — это историческая необходимость.

Упражнения и задачи

3.1. Придумать новую игрушку, используя метод фокальных объектов. Хорошие игрушки просты (волчок, мяч, кукла и т. д.), поэтому игрушек со встроенными ЭВМ не предлагать.

Должна быть запись решения: что взято в качестве фокального объекта, что взято в качестве случайных объектов и т. д.

3.2. Предположим, что вы пишете рассказ, который должен начинаться словами «Взошла Луна». Необходимо придумать свежее определение к слову «луна». Багровая, золотая, большая и т. д.— все это уже было множество раз. Нужно найти что-то новое.

Конечно, определение зависит от ситуации, с которой начинается рассказ (в хорошем рассказе о войне Луна не такая, как в рассказе о любви). Можно взять любую исходную ситуацию или придумать ее после того, как найдется определение Луны. Условием задачи требуется только первая фраза плюс краткое пояснение ситуации.

Разрешается дать определение не к слову «Луна», а к «взошла», причем не одной фразой, а больше, лишь бы был результат — новое и яркое определение Луны. Впрочем, вместо Луны можно взять горы, лес, море и т. д. Желательно не относить место действия к другим планетам, пусть имеется в виду наше время и наша Луна.

При решении задачи надо обязательно использовать метод фокальных объектов. Первоначальные его шаги (выбор случайных объектов, составление списка их признаков, перенос признаков на фокальный объект) — это только вступление. Главное — развитие первоначальной идеи.

3.3. Составить морфологическую карту, где на каждой из осей будет обозначен перечень наук (не менее 20 названий). Каждая клетка даст одну науку, находящуюся на стыке двух других, например, геохимия, астрофизика и т. д. Среди сочетаний, которые можно получить с помощью такой карты, будут уже известные науки (например, физическая химия) и науки, которые пока не известны. Задание: подобрать новую науку и попытаться ее обосновать, чем она должна заниматься, почему раньше ее не было, что может дать такая наука и т. д.

Можно построить морфологическую карту с разными осями, например, на одной оси — названия наук, на другой — различные объекты (галактика, звезда, планета... клетка, молекула, атом...). Вторая ось может основываться и на других принципах (перечень искусств, перечень агрегатных состояний вещества и т. д.). Суть задачи — смело экспериментировать, подбирая интересную вторую ось. Надо только, чтобы на выходе была «продукция» — новая, оригинальная наука.

Придумать с помощью морфологической карты интересное сочетание трудно, сложнее — додумать его. Самые интересные сочетания на первый взгляд кажутся дикими, бессмысленными. Нужно додумать выбранные комбинации, преодолевая психологическую инерцию. Поэтому спешить с решением этой задачи не следует.

3.4. Дождь, снег, град, эхо, радуга и т. д.— реальные природные явления. Нужно придумать фантастическое природное явление, такое, чтобы оно было не менее интересным и впечатляющим.

Для решения задачи следует использовать морфоанализ. Сначала разобраться, что такое природное явление, дать «формулу» природного явления вообще. Все это поможет составить морфотаблицу. Пусть в таблице сначала бу-

дут только две оси, на одной из них — известные природные явления. Когда она будет готова (не исключено, что в ходе работы придется менять оси, чтобы таблица начала «работать»), можно ввести еще несколько осей.

Из всего этого надо «выжать» всего одно, но впечатляющее фантастическое природное явление, коротко описать его, указать отличительные особенности.

3.5. Используя фантограмму, придумать фантастическое транспортное средство (для перемещения человека или груза). Прототип — реальное транспортное средство. Применить один из универсальных показателей (энергопитание, воспроизведение или физическое состояние вещества) и какой-либо прием его изменения, например: «сделать свойства меняющимися во времени» или «заменить данное свойство антисвойством».

ОСНОВНЫЕ ИДЕИ ТРИЗ

Предварительные соображения

Сравним формулы двух изобретений:

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 ее оси.

Эти 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. Так, по а. с. № 232160 в электромагнитном гидроциклоне песковой 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, шарнирное соединение использовано в а. с. № 179859 для придания подвижности головке сварочной горелки.

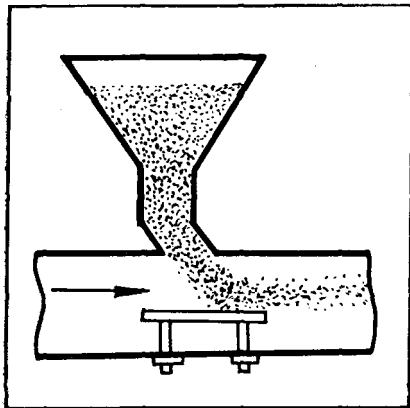
Возникает вопрос: не является ли переход от жесткой схемы к гибкой закономерностью, распространяющейся на все технические системы?

Историко-технические исследования и анализ патентного фон-

да дают положительный ответ на этот вопрос. «Молодые» технические системы имеют по преимуществу жесткие связи между частями. Такие связи не позволяют системе приспособляться к меняющимся внешним условиям. Поэтому каждая система неизбежно проходит этап «динамизации» — переход от жесткой, немняющейся структуры к гибкой, поддающейся управляемому изменению. Общеизвестными примерами действия этого закона могут служить применение убирающегося шасси на самолете, появление самолетов с изменяющейся геометрией крыла, ТУ-144 с откидывающимся «носом» и т. д. Следует подчеркнуть, что закону динамизации подчинено и развитие систем, которые по самой своей природе должны бы быть жесткими.

Опора для шпалерных насаждений — это 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 с целью получения постоянной силы удара соединен с рукояткой при помощи пружины.

Зная закон динамизации, можно прогнозировать развитие технических систем. Рассмотрим, например, а. с. № 193349 на устройство для ввода сыпучих материалов в горизонтальный трубопровод. Под точкой бункера на четырех болтах установлена площадка. Ее высоту подбирают так, чтобы угол отскока материала не позволял ему высыпаться за пределы площадки. Благодаря этому в поток воздуха поступает столько порошка, сколько поток может унести, и предотвращается образование пробок. Налицо типичная жесткая система. Очевидно, что



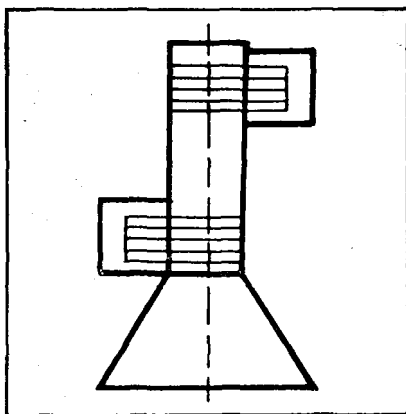
Устройство для ввода сыпучих материалов

можно перейти к динамической системе, имеющей заведомое преимущество — возможность регулирования подачи сыпучего материала. Для этого необходимо сделать площадку подвижной, чтобы мог меняться угол ее наклона к оси трубы. Динамичность можно обеспечить и вибрацией площадки, установленной на шарнирных или пружинных опорах (а. с. № 272064).

Задача 10. В а. с. № 235856 описан дозатор для ферромагнитных материалов, отличающийся тем, что вместо механических задвижек использованы кольцевые электромагниты. При выключе-

ченном 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.

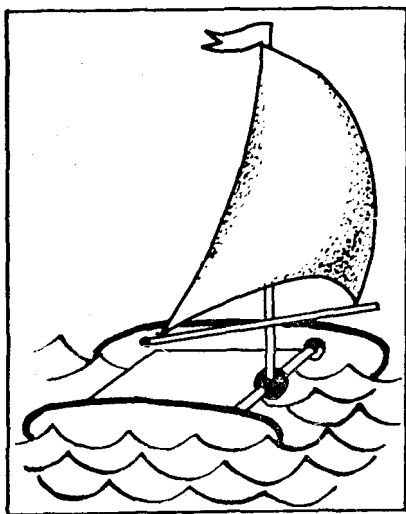
Задание предложить другую, более эффективную конструкцию дозатора обычно вызывает недоумение, поскольку не указаны недостатки существующей конструкции. Для тех же, кто знает закон динамизации систем, решение задачи очевидно, т. е. надо перейти к системе гибкой, подвижной, динамичной. Это можно сделать, выполнив один магнит подвижным относительно другого. В результате будет обеспечена возможность регулирования отмеряемой дозы материала (а. с. № 312810).



Дозатор для ферромагнитных материалов

Задача 11. Спортивный катамаран представляет собой два поплавка, соединенные площадкой, на которой стоит спортсмен. Чем больше расстояние между поплавками, тем устойчивее катамаран. Однако при опрокидывании (переворачивании) катамаран — именно из-за высокой устойчивости — не может быть без посторонней помощи возвращен в первоначальное положение. Как быть?

Задача легко решается. 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 дальнейшее плавание продолжалось на обратной стороне площадки (обе стороны одинаковы). Для этого мачта должна быть шарнирно соединена с бруском на передней кромке площадки (англ. пат. № 1372642).



Спортивный катамаран

Таким образом, знание зако-

на динамизации позволяет прогнозировать развитие технических систем и решать некоторые изобретательские задачи. Однако этот закон отражает лишь одну из трансформаций технических систем: на каком-то этапе они становятся динамичными, причем степень этой динамичности постоянно увеличивается путем введения новых гибких связей. Естественно предположить, что существуют и другие законы развития технических систем.

В сущности, речь идет о том, чтобы признать материальность техники и диалектичность ее развития. Казалось бы, в этом не может быть ни малейших сомнений. 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 перебора вариантов.

Однако на протяжении целого столетия — с тех пор, как началось более или менее регулярное изучение творчества — внимание исследователей было сосредоточено на психологии изобретательства. Считалось (да и считается по сей день), что главное — это процессы, происходящие в голове изобретателя. Исследуя эти процессы, надеялись понять, как появляются новые технические системы. В лучшем случае допускалось, что раскрыв некие «секреты изобретательства», можно в какой-то мере повысить эффективность творчества. Возможность замены творчества принципиально иной технологией производства изобретений, переход к точной науке о развитии технических систем просто не рассматривались.

Интересно, что идея закономерной эволюции биосферы получила признание еще в XIX веке. Развитие биосферы происходило без участия человека, задолго до его появления. При всем желании нельзя было приписать деятельности человека появление новых видов животных и растений. Технические же системы развиваются от «вида» *A* к «виду» *B* при участии человека, и это создает впечатление, что все зависит от него. На самом же деле переходы осуществляются по определенным законам, и никакой изобретатель не может существенно изменить ход развития: перейти от *A* не к *B*, а скажем, к *B* или повернуть развитие вспять — от *B* к *A*.

Работа по созданию теории решения изобретательских задач началась в нашей стране с 1946 г. Первая публикация появилась

в 1956 г., ее автором был Г. С. Альтшуллер¹. Первая публикация в массовом журнале — в 1959 г.². Творческий процесс настолько привыкли считать не поддающимся управлению, что потребовалось около десяти лет (1959 — 1968 гг.) пропаганды ТРИЗ, прежде чем начался переход к коллективной работе. Только с конца шестидесятых годов удалось перейти от разрозненных семинаров к регулярному обучению ТРИЗ в общественных школах и институтах технического творчества.

Законы развития технических систем

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 (законы статики) определяет критерий жизнеспособности новых технических систем.

Необходимыми условиями принципиальной жизнеспособности технической системы являются: наличие и хотя бы минимальная работоспособность ее основных частей, сквозной проход энергии через систему к ее рабочему органу, согласование собственных частот колебаний (или периодичности действия) всех частей системы.

Законы эти элементарны и очевидны, если речь идет о живых системах. Однако при создании и совершенствовании технических систем законы зачастую нарушаются. Примером может служить уже упоминавшееся изобретение по а. с. № 427423 — способ измерения давления газа в баллонах электрических ламп. По этому способу баллон разбивают, газ выпускают в мерный сосуд, а затем, измеряя изменения давления в мерном сосуде, вычисляют давление, которое было в разбитом баллоне. Автор этого изобретения впоследствии получил ряд других авторских свидетельств: совершенствовались все части устройства, кроме одной — «разбивательной». Но поскольку эта часть оставалась плохой, вся система тоже оставалась плохой.

Задача 12. По конвейеру движутся одна за другой металлические детали, похожие на кнопки: круглая пластинка размером с гривенник, а в центре — стерженок высотой 5 мм. У одних «кнопок» стерженьки тупые, у других — острые. Нужно автоматизиро-

¹ Вопросы психологии, 1956, № 6.

² Изобретатель и рационализатор, 1959, № 10.

вать разделение «кнопок» по этому признаку. Способ должен быть простым и надежным.

Это типичная задача на синтез измерительной системы. Изменение, 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 12* методом перебора вариантов даже не вспоминают о законе обеспечения сквозного прохода энергии. В эксперименте задача была предложена четырем заочникам (живущим в разных городах), только приступающим к изучению ТРИЗ. Результат: выдвинуто 11 идей, контрольного 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 контрольные ответы, причем двое из них отметили тривиальность задачи.

В самом деле, если применить *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, значительно труднее она реализуется при использовании других видов энергии. Следовательно, надо рассмотреть процесс в потоке электрической энергии, а также то, 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.

Существуют и некоторые другие закономерности статики, которые пока еще не сформулированы достаточно четко. Таков, например, «*принцип соответствия*», по которому оптимальные размеры рабочего органа системы должны быть того же порядка (или на один-два порядка меньше), что и размеры обрабатываемой области изделия. Здесь ясно видна некоторая неопределенность: в каких случаях размеры должны быть равны, а в каких на два порядка меньше? Пока удалось только подметить, что в измерительных задачах почти всегда размеры инструмента (точнее, рабочих частей, рабочих частиц) примерно на два порядка ниже размеров измеряемого объекта.

Вторая группа законов развития технических систем (*законы кинематики*) характеризует направление развития независимо

от конкретных технических и физических механизмов этого развития.

Развитие всех технических систем, во-первых, идет в направлении увеличения степени идеальности, во-вторых, происходит неравномерно — через возникновение и преодоление технических противоречий, причем чем сложнее система, тем неравномернее и противоречивее развитие ее частей. И в-третьих, развитие возможно 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 и сделать это необходимо, не вводя в систему новые механизмы и устройства». Примером может служить решение задачи I о шлаке: жидкий шлак сам себя защищает от теплопотерь с помощью «крышки» из шлаковой пены. Крышка есть (т. е. пена шлака играет роль крышки) и крышки нет (как специального объекта, который надо опускать и поднимать).

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

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

Таков и механизм работы при совершенствовании технических систем перебором вариантов. Изобретатели, не зная законов технических систем, генерируют множество различных вариантов решения. Жизнеспособными оказываются только те «мутации», которые действуют в направлении, совпадающем с объективно существующими законами развития. В хороших изобретениях

нетрудно заметить эффект повышения идеальности, хотя достигнут этот эффект чаще всего неосознанно, случайно, после многих попыток, связанных с уменьшением степени идеальности.

У природы нет сознания, разума: результаты мутаций не изучаются, борьба за повышение «процента удачных мутаций» не ведется. Если круто меняются внешние условия, организмы с большим циклом смены поколений (т. е. с небольшим числом мутаций в единицу времени) просто погибают. В технике есть возможность накопить опыт «мутаций» (таким накопителем, в частности, является патентный фонд), исследовать его, выявить «правила удачного мутирования», объективно совпадающие с законами развития технических систем. Это позволит вести «мутации» сознательно: первый же выдвинутый вариант должен быть наилучшим.

В начале книги мы уже говорили о технических противоречиях, теперь кое-что уточним.

Существуют противоречия *административные* (АП): нужно что-то сделать, а как сделать — неизвестно. Такие противоречия отражают лишь сам факт возникновения изобретательской задачи, точнее, изобретательской ситуации. Они автоматически даются вместе с ситуацией, но ни в коей 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 равносителен 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 приемами. Путем анализа многих тысяч изобретений (преимущественно третьего-четвертого уровней) удалось составить списки таких приемов. Более того, были составлены таблицы применения этих приемов в зависимости от типа противоречий. Поэтому ТП обладают определенной 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 его отнести, как именно применить (например, дробление) в обстоятельствах данной задачи. Положение осложняется еще и тем, что решения многих сложных задач связаны с использованием определенных сочетаний нескольких приемов (или сочетаний приемов и физэффек-

тов). Поэтому анализ задач необходимо вести глубже, выявляя физическую суть ТП.

Физические противоречия

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

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 взаимопротиворечивые требования. Формулируется ФП так: «Данная зона должна обладать свойством *A* (например, быть подвижной), чтобы выполнять такую-то функцию, и свойством *не-A* (например, быть неподвижной), чтобы удовлетворять требованиям задачи.

«Физичность» ФП, четкая локализация и предельная обостренность самого конфликта (быть *A* и не быть *A*) придают ФП высокую эвристическую 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, свода физических эффектов и явлений).

Задача 13. Имеется установка для испытания длительного действия кислот на поверхность образцов сплавов. Установка представляет собой герметично закрываемую металлическую камеру. На дно камеры устанавливают 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 изгоставливать 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 пары частей: камера — жидкость, камера — кубик, жидкость — кубик. Конфликтующими являются только первая и третья пары. Нетрудно заметить, что для возникновения конфликта нужно взаимодействие частей пары. Между камерой и образцом нет конфликта, поскольку нет взаимодействия. Две конфликтующие пары — это две разные изобретательские задачи со своими техническими противоречиями. Какую из них выбрать?

По задаче 13 за 1973—1979 гг. накопилась обширная статистика. Слушатели, не знакомые с ТРИЗ (732 человека), в 87% случаев выбирают в качестве конфликтующей пары «камера — жид-

кость», 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 эти 87% слушателей (637 человек) дают свыше 80% заведомо «неверных» решений и около 20% весьма сомнительных и ненадежных (например, различные защитные покрытия камеры). Слушатели, знающие основы ТРИЗ (318 человек) в 85% случаев выбирают пару «кубик — жидкость». Из этих 85% (270 человек) 68 дали контрольные ответы, 12 — сомнительные, 20% — заведомо неверные.

Следует отметить, что неверные ответы возникают (при решении данной задачи) только из-за грубого нарушения правил ТРИЗ. Человек знает правила, но ему кажется, что в данном случае они «ведут не туда», и фактически решение по ТРИЗ подменяется перебором вариантов.

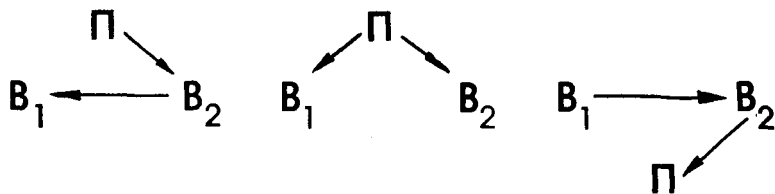
Задача 13 проста и ее можно решить перебором вариантов (хотя реально ее впервые решили по алгоритму решения изобретательских задач, а до этого применяли дорогостоящую облицовку, считая это неизбежным). Перебрав достаточно много вариантов, можно перейти от идеи защиты стенок к идее вообще обойтись без 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, которая непосредственно ведет обработку изделия. Смысл правила: инструмент тем идеальнее, чем его меньше (при сохранении эффективности), значит, 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 ее схема, отражающая структуру конфликтного участка системы.

Переход от задачи к ее модели облегчает выявление физического противоречия. При этом следует использовать следующее правило: *менять надо не изделие, а входящую в модель часть рабочего органа системы* (изменение изделия может вызвать острые противоречия в нескольких этапах иерархии систем). Инструмент в задаче 13 — жидкость. Эта жидкость должна свободно «висеть» вокруг кубика, чтобы не растекаться. Такая формулировка отсекает все мысленные варианты, кроме двух, где жидкость заменена вязким веществом типа пластилина, либо удерживается самим кубиком (для чего он должен быть сделан полым). Явно предпоч-

тительнее последний вариант: он не связан с опасностью изменения свойств жидкости. В дальнейшем, используя специальные методы, мы увидим, что существует еще один неочевидный вариант.

Понятие о веполе

Переходя от ситуации к модели задачи, мы строим условную минимальную схему технической системы — два взаимодействующих вещества. Нечто подобное происходит, когда с помощью химических символов записывается формула соединения, например, H_2O . Два взаимодействующих вещества могут рассматриваться как своего рода «молекула» технической системы: если нет хотя бы одного вещества или взаимодействия — нет и работоспособной технической системы. Такая «молекула» получила название «веполь» — от слов «вещество» и «поле». Веществом обычно является изделие (точнее, подлежащая изменению или обнаружению часть изделия) и часть инструмента (внешней среды), непосредственно взаимодействующая с изделием. Например, в задаче 1 (о шлаке) взаимодействуют горячий жидкий шлак и холодный воздух над ним, в задаче 12 (о «кнопках») — острие стерженька «кнопки» и воздух, в задаче 13 (о кубиках) — кубик и агрессивная жидкость. Эти взаимодействующие вещества принято обозначать так: V_1 — изделие, V_2 — инструмент. Под взаимодействием подразумевают поля (обозначая их буквой П) — физические (электромагнитные, гравитационные, поля сильных и слабых взаимодействий) и технические (механическое, тепловое). Данные по условиям задачи вещества обычно записывают в строчку, поля «на входе» — над строчкой, поля «на выходе» — под строчкой. Связи веществ и полей принято обозначать черточками (связь в общем виде) или стрелками, показывающими направление действия. Веполь должен иметь как минимум две связи, объединяющие три элемента, например:



Вепольные формулы позволяют записывать преобразования при решении изобретательских задач, т. е. показывают, что дано и что получено. Отбрасывая все случайное и несущественное, ве-

полные формулы дают представление о самой сути преобразования. В этом смысле они вполне подобны химическим формулам. Правила, по которым составляются химические формулы, отражают объективно существующие законы (например, уравнивая коэффициенты в записи химической реакции, мы исходим из закона сохранения вещества), точно так же правила вепольных преобразований отражают объективно существующие законы развития технических систем.

Задача 14. Имеется термопластичный материал (пластмасса). Из него надо изготовить (при массовом производстве) листы размером 1 м^2 с ворсинками. Высота ворсинок 10 мм. Прессование и другие подобные методы дают неудовлетворительные результаты — они слишком грубы для производства такого изделия. Нужен какой-то другой способ.

Контрольный ответ на эту задачу такой: в пластмассу добавляют мелкие ферромагнитные частицы, сверху подводят электромагнит в виде листа с выступами. Выступы соприкасаются с «магнитенной» пластмассой, и когда магнит приподнимают, то вытягивают столбики пластмассы, которые, застывая, образуют ворс. Запишем теперь решение задачи в вепольной форме:



Дано (левая часть формулы) вещество V_1 . Двойная стрелка означает: для решения задачи необходимо перейти к Первая часть формулы — это полученная вепольная структура (простейший веполь). Механическое поле, как сказано в условиях задачи, не обеспечивает необходимого действия на V_1 . Электромагнитному полю легко может быть придана структура, требуемая для формовки, но магнитное поле не действует на пластмассу. Пришлось пойти в обход: магнитное поле действует на вещество V_2 , которое связано с V_1 и передает ему нужное действие. Очень трудно подобрать поле, которое хорошо взаимодействовало бы с веществом V_1 (если это удастся, изобретательская задача не возникает). Но почти всегда есть возможность подобрать подходящую пару Π - V_2 . Тогда остается соединить V_1 и V_2 , чтобы обеспечить нужное действие Π на V_1 . Нетрудно заметить, что записанная обходная «реакция» дает формулу преодоления ФП: поле должно действовать на V_1 и не должно (поскольку не может) действовать на V_1 . Строя вепольную систему, мы преодолеваем это противоречие.

Многие изобретательские задачи решаются по правилу до-

стройки веполя: невьепольная система (один элемент) или невполная вепольная система (два элемента) должны быть достроены до полного веполя.

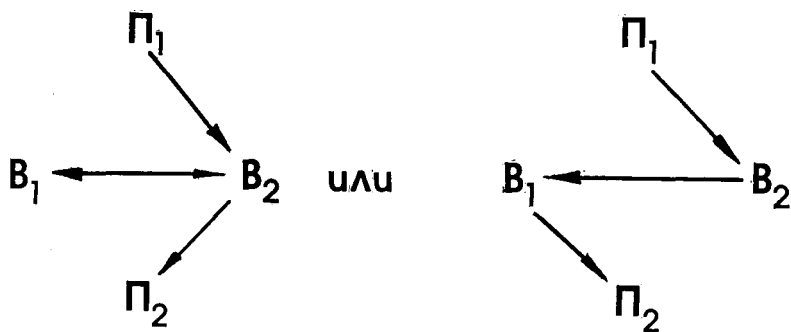
Задача 15. Для направленного бурения скважины используют отклонитель. Это изогнутая труба, установленная между турбобуром (или электробуром) и колонной труб, через которую прокачивают жидкость, приводящую в действие турбобур. Кривизна обычного отклонителя не поддается управлению с поверхности. Приходится часто прерывать бурение, поднимать всю колонну труб, чтобы заменить отклонитель. Как быть?

Эта задача также решается по правилу достройки веполя: дано одно вещество, надо перейти к веполю. Труба должна состоять из двух взаимосвязанных веществ и менять изгиб под действием поля. Решение заключается в применении биметаллической трубы и теплового поля. Запись выглядит так:



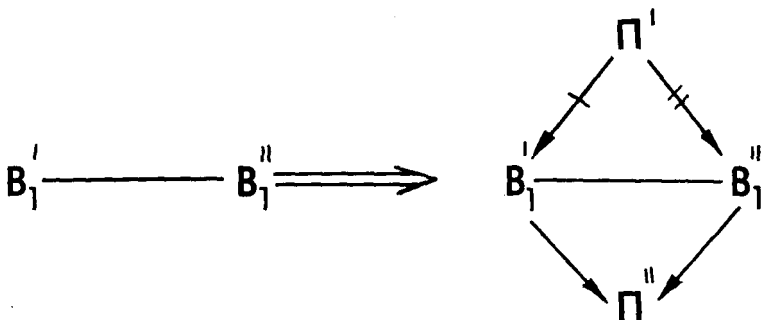
Вещество V_1 здесь разделено на две части, неодинаково воспринимающие действие теплового поля.

Разумеется, возможны и более сложные вепольные формулы. В частности, решение измерительных задач часто приводит к двойному веполю (ромб, составленный из двух треугольников):



Правило достройки веполя позволяет сразу определить, что надо ввести в систему: вещество, поле, два вещества, поле и вещество. Например, в задаче 8 (об измерении капель) даны два вещества V_1' и V_1'' — две капли разного диаметра. Для построения модели достаточно двух разных капель. Сразу можно сказать, что

для решения задачи необходимо ввести поле Π , неодинаково действующее на разные капли:



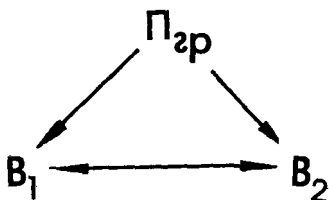
Нередко по условиям задачи уже дан веполь, но неуправляемый или плохо управляемый (неудовлетворительные связи обозначают волнистыми линиями или стрелками).

Задача 16. Расплавленный металл сливают из ковша через донное отверстие. Скорость слива зависит от уровня металла в ковше: меняется уровень — меняется и скорость. Нужен способ регулирования скорости слива металла. Менять площадь донного отверстия сложно.

По условиям задачи веполь уже дан, но нет управляемых элементов, поэтому связи неудовлетворительны:

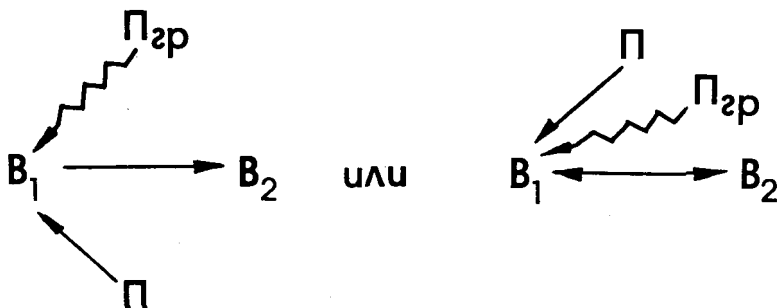


Теоретически возможно такое решение: пусть гравитационное поле действует и на V_2 , т. е. пусть ковш V_2 тоже падает:

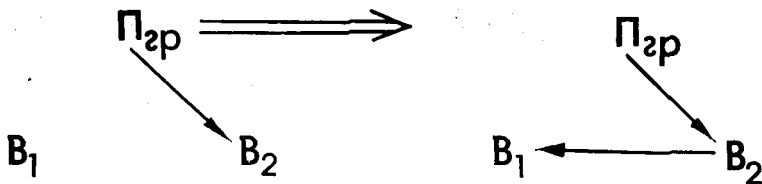


Тогда, меняя скорость падения V_2 , можно регулировать скорость слива металла V_1 . Практически такое решение неудобно,

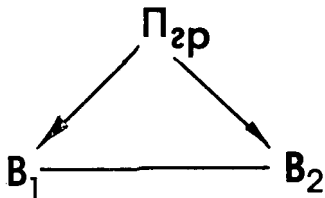
выгоднее построить двойной веполь, так как если на металл V_1 действовать управляемым полем Π , то будет обеспечена необходимая скорость слива, т. е. нужное взаимодействие между V_1 и V_2 :



Схемы достройки веполей всегда просты, вместе с тем они нередко открывают возможности, которые могли бы ускользнуть от внимания. Например, запись решения задачи 13 (о кубиках) выглядит так:



Действие гравитационного поля на жидкость не передается кубику V_1 : нет связи между V_1 и V_2 . Ее необходимо ввести, чтобы достроить веполь. Следовательно, жидкость должна опираться на кубик, который должен быть полым. Задача решена, однако теоретически есть и другая возможность построения веполя:



В условиях свободного падения жидкость будет держаться вокруг кубика и без стенок. Практически это решение не приемлемо, поскольку мы имеем дело с длительным процессом. Однако сам

по себе прием весьма интересный: он может быть применен при решении задач, связанных с различными быстропротекающими процессами.

Вепольные формулы

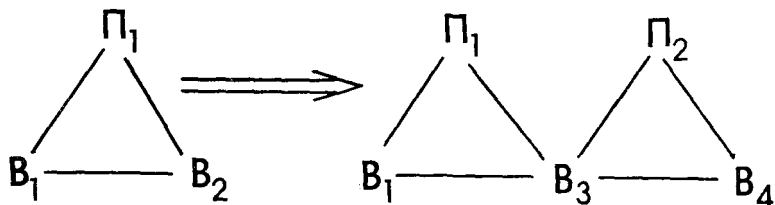
Существует ряд правил достройки, преобразования и разрушения веполей. Одно из этих правил мы уже сформулировали: невьепольные и неполные вепольные системы надо достраивать до веполя. Рассматривая задачу 14 (об изготовлении листов с ворсом), мы использовали еще два правила:

— пространственная структура передается по цепи вепольных связей. Чтобы придать изделию определенную структуру, достаточно, чтобы эту структуру имел один из элементов веполя;

— чем мельче частицы вещества V_2 , тем выше управляемость систем.

В той же задаче 14, а также в задаче 5 (о полигоне для испытания сельхозмашин) мы встречаемся с веполями, в которых магнитное поле действует на мелкие ферромагнитные частицы, введенные в изделие (такие веполи называются *феполями*). Общее правило состоит в переходе (если есть возможность) от веполей к феполям, поскольку последние обладают высокой управляемостью.

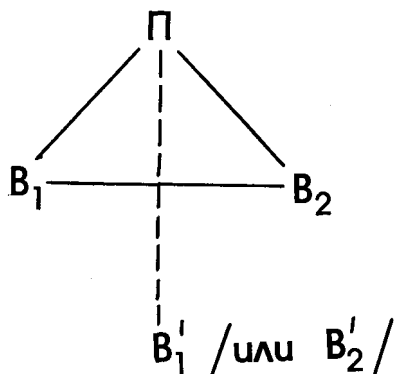
Существует еще одно правило: веполи имеют тенденцию разворачиваться в двойные и цепные веполи. Примеры двойных веполей мы уже приводили. Цепные веполи возникают при замене вещества V_2 двумя другими веществами — V_3 и V_4 , управляемыми полем Π_2 , т. е. при превращении инструмента V_2 в самостоятельный веполь:



Разрушение веполей также подчиняется определенному правилу: наиболее эффективный способ разрушения вредного или ненужного веполя состоит во введении между двумя веществами третьего, являющегося видоизменением имеющихся веществ:

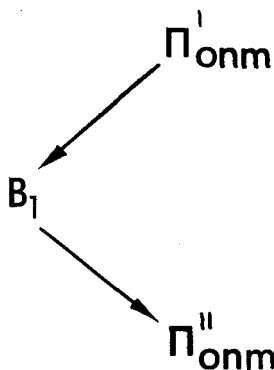
Простое введение третьего вещества обычно наталкивается на различные трудности. Правило разрушения веполей дает формулу преодоления противоречия: вводимое вещество есть, но его как бы

нет, поскольку оно является «своим» — это всего лишь видоизменение одного или двух имеющихся веществ. Примером может служить решение задачи 1 (о шлаке, где V_3 — шлаковая пена).

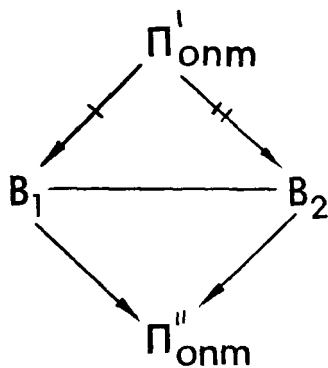


Задача 17. В лаборатории исследуют поверхность пористых тел для изучения расположения и формы пор. С этой целью делают срез и рассматривают его под микроскопом. Что надо предпринять для усовершенствования этого способа?

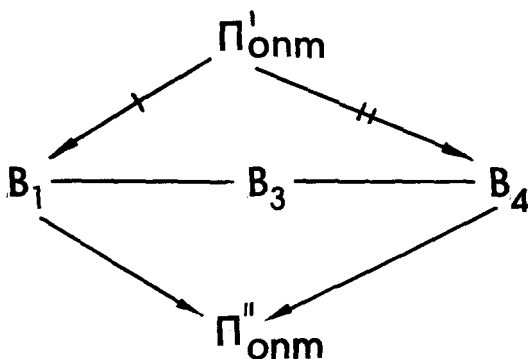
Запишем вепольную формулу упомянутого в задаче способа:



Свет (оптическое поле) падает на вещество и отражается. В системе только одно вещество, ясно, что должно быть введено второе. Сейчас поры состоят из того же вещества, что и сплошные участки поверхности. Если поры будут из другого вещества (контрастного по отношению к первому), условия наблюдения резко улучшаются. Ввести второе вещество нетрудно: краской покрывается вся поверхность, затем сошлифовывается слой со сплошных участков, а краска остается только в порах (а. с. № 441481):



Возможно и дальнейшее совершенствование системы, например, путем перехода к цепному веполю. Для этого вместо обычной краски B_2 следует взять краску B_3 , включающую люминофор B_4 :



Применение люминофора не только резко улучшит условия наблюдения, но и создаст предпосылки для автоматизации некоторых процессов, например, для определения суммарной площади пор.

Некоторые законы развития технических систем

Теперь можно сформулировать еще два закона развития технических систем (законы динамики). В отличие от предыдущих, они отражают тенденцию развития современных систем.

1. Развитие современных технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности, т. е.:

- невепольные и неполные вепольные системы превращаются в полные веполи,
- увеличивается степень дисперсности частиц B_2 ,
- веполи переходят в феполы,

- веполи и феполи переходят в двойные и цепные системы,
- увеличивается количество управляемых связей в системах.

2. Развитие современных технических систем идет в направлении перехода от рабочих органов, выполненных на макроуровне, к органам, выполненным на микроуровне.

О тенденциях развития вепольных систем уже говорилось. Что касается второго закона, то он в какой-то мере созвучен одной из тенденций развития веполей — увеличению степени дисперсности V_2 . Однако во втором законе речь идет об особом случае — качественном переходе от мелких, но все же макрочастиц к микрочастицам — молекулам, ионам, атомам, электронам и т. д. Такой переход — закономерное явление в жизни каждой технической системы.

Задача 18. Для очистки неэлектропроводных суспензий используют фильтр из керамики. Выяснилось, что вибрация улучшает работу фильтра. Спрогнозируйте следующее изобретение.

В задаче описана система, работающая на макроуровне. Следующее изобретение: вибрирует не весь фильтр в целом, а каждая его частица. Для этого фильтр надо выполнить из пьезокерамики, тогда отверстия фильтра можно сделать значительно более тонкими: жидкость будет проходить сквозь эти отверстия благодаря микроколебаниям стенок.

Пока известны не все законы развития технических систем. Работа по их выявлению продолжается.

Задача 19. Куски чистого металлического натрия надо перемещать по открытому конвейеру. Однако натрий чрезвычайно активен: он самовоспламеняется, соединяясь с кислородом и влагой воздуха. Создавать в цехе инертную атмосферу сложно. Как быть? Покрывать натрий защитным веществом недопустимо. Воздействовать на натрий можно либо веществом, либо полем.

Первая возможность отпадает по условиям задачи. Остается воздействовать полем. Руководствуясь принципом отхода от естественных («нормальных») условий, поставим вопрос так: какое поле может резко снизить типичную для обычных условий активность натрия? Ответ очевиден: тепловое поле, низкие температуры. Куски натрия, охлажденные в сжиженном азоте, свободно движутся по конвейеру, не взаимодействуя с воздухом.

Стандарты на решение изобретательских задач

Все изобретательские задачи можно разделить на два типа:

- задачи, решаемые прямым применением законов развития технических систем или правил, вытекающих из этих законов,
- задачи, решение которых пока не поддается полной формализации.

Задачи делятся на стандартные и нестандартные, причем де-

ление это зависит от современного состояния ТРИЗ. Задачи, являющиеся сегодня нестандартными, завтра — после выявления пока еще неизвестных закономерностей — станут стандартными.

Следует сразу и энергично подчеркнуть: стандартные задачи стандартны (т. е. просты) только с позиций ТРИЗ. При решении методом проб и ошибок стандартные задачи могут быть очень трудными, а ответы на них могут оказаться неожиданными и остроумными. Для примера вспомним *задачу 5* (о полигоне для испытаний сельхозмашин). Многолетние эксперименты с этой задачей охватили сотни слушателей, приступающих к изучению ТРИЗ, и ни разу задача не была правильно решена. С позиций ТРИЗ она решается мгновенно: чтобы управлять свойствами почвы, построим феполь — введем в почву ферромагнитные частицы и будем действовать электромагнитным полем.

Система стандартов, сложившаяся в настоящее время в ТРИЗ, подробно будет описана в одной из следующих брошюр цикла, а пока состоится общее знакомство с системой.

Все стандарты делятся на пять классов:

класс 1 — построение и разрушение вепольных систем,

класс 2 — развитие вепольных систем,

класс 3 — переход к надсистеме и на микроуровне,

класс 4 — стандарты на обнаружение и измерение систем,

класс 5 — стандарты на применение стандартов.

С рядом стандартов двух первых классов мы уже встречались, например, стандарт 2.4.1 основан на правиле перехода от веполей к феполям, стандарт 1.2.1 соответствует правилу разрушения вепольных систем. Многие стандарты связаны с введением или преобразованием веществ. Между тем, условия задачи часто налагают запрет на рекомендуемые стандартами операции с веществами. Поэтому большое практическое значение имеет пятый класс стандартов, относящийся к путям преодоления этих трудностей.

Особенно важен стандарт 5.1. В нем описаны варианты путей, позволяющих обойти запрет на введение вещества.

Задача 20. Индукционная плавка окиси бериллия (или алюминия) позволяет получать очень чистый расплав, поскольку никакое постороннее вещество не соприкасается с окисью. Однако для индукционного нагрева нужно, чтобы окись металла была проводником. Между тем окись бериллия (и алюминия) электропроводна только в жидком виде. Получается заколдованный круг: чтобы расплавить окись, нужно иметь расплав, а чтобы иметь расплав, нужно расплавить окись. Как быть?

Задача решается по стандарту 5.1.3. В окись вводят кусочки чистого бериллия (металл-проводник), чем обеспечивается «прием» индукционного поля и нагрев окиси. После нагрева, когда окись расплавлена, металлический бериллий сгорает, превращаясь в окись, и, следовательно, не загрязняет расплав.

Алгоритм решения изобретательских задач

Система стандартов в нынешнем виде позволяет уверенно решать некоторую часть изобретательских задач: около 70% их можно решить прямым применением стандартов и еще в 10—15% случаев стандарты заметно облегчают путь к ответу.

Стандарты — новый раздел ТРИЗ, само понятие о стандартах введено лишь в 1975 году. Можно ожидать, что в ближайшие годы система стандартов значительно пополнится и углубится. Однако и тогда останется значительное количество нестандартных задач, не поддающихся решению за один прием и требующих постепенной обработки шаг за шагом.

Задача 21. После операции калибровки штампованную цилиндрическую кружку литрометра невозможно без больших усилий снять с калибровочной матрицы. Как облегчить эту операцию?

Между двумя веществами (кружка и матрица) возникает ненужное взаимодействие — это типичный случай на применение стандарта 1.2.2. По этому стандарту между двумя соприкасающимися поверхностями надо заранее ввести легкоуправляемое вещество B_3 , являющееся видоизменением B_1 или B_2 . Можно использовать и стандарт 2.1.1: превратить матрицу B_2 в отдельный хорошо управляемый веполь. Вот, например, реализация такого решения: «Устройство для заклинивания, содержащее клин и клиновую прокладку, отличающееся тем, что с целью облегчения извлечения клина клиновое прокладку выполнена из двух частей, одна из которых легкоплавкая» (а. с. № 428119). Однако снятие откалиброванной кружки и переход к калибровке следующей кружки должны осуществляться быстро, поэтому в данном случае такая реализация стандартов 1.2.2 и 2.1.1 не годится. Стандарты верны, ведь они указывают правильное направление решения, но неясно, как реализовать эти стандарты применительно к задаче 21. Нужны инструменты для более детального анализа задачи.

Следует также учесть, что часто приходится иметь дело не с задачей, а с ситуацией, от которой еще нужно суметь перейти к задаче. Полученный ответ тоже надо уметь постепенно довести до требуемой кондиции.

Основным решающим инструментом (точнее, системой таких инструментов) в ТРИЗ является комплексная программа — *алгоритм решения изобретательских задач* (АРИЗ).

Первые модификации АРИЗ появились в 50-е гг. С тех пор АРИЗ систематически совершенствуется: каждая его модификация в широких масштабах испытывается на практике, случаи «сбоев» тщательно изучаются, в текст АРИЗ вносятся коррективы — и очередная модификация АРИЗ вновь подвергается испытаниям. Последовательно были разработаны и опубликованы мо-

дификации АРИЗ в 1959, 1961, 1964, 1965, 1968, 1971, 1977, 1982, 1985 гг.

При переходе от одной модификации АРИЗ к другой испытываются промежуточные модификации, например, были опробованы три АРИЗ-71 — А, Б и В. Сегодня рабочим вариантом является АРИЗ-85В. Многие элементы АРИЗ проверяются отдельно (так было, например, с правилами вепольных преобразований и стандартами). Система школ ТРИЗ позволяет в короткие сроки проводить проверку АРИЗ при решении самых различных задач. Этим и объясняются быстрые темпы развития АРИЗ, появление новых, более совершенных модификаций. Необходимо, однако, подчеркнуть, что первоосновой совершенствования АРИЗ является изучение патентного фонда, исследование больших массивов патентной информации по изобретениям высших уровней. Найденные закономерности, правила, приемы включаются в АРИЗ, быстро проверяются и корректируются.

В каждой модификации АРИЗ имеется три составные части:

1. Основу АРИЗ составляет программа последовательных операций по выявлению и устранению противоречий. Программа позволяет шаг за шагом переходить от ситуации к задаче, затем к модели задачи и анализу физических противоречий. В программе — в самой ее структуре и правилах по выполнению отдельных операций — отражены объективные законы развития технических систем.

2. Поскольку программу реализует человек, необходимы *средства управления психологическими факторами*: нужно гасить психологическую инерцию и стимулировать работу воображения. Значительное психологическое воздействие оказывает само существование и применение АРИЗ: работа по программе придает уверенность, позволяет смелее выходить за пределы узкой специальности и, главное, все время ориентирует работу мысли в наиболее перспективном направлении. Но нужны (тем более при решении особо нестандартных задач) и конкретные операторы эвристического типа, форсирующие воображение. В сущности, в глубине этих операторов тоже «спрятаны» объективные закономерности развития технических систем, только закономерности эти еще не вполне ясны. По мере развития АРИЗ психологические операторы превращаются в точные операторы преобразования задачи.

3. АРИЗ должен быть снабжен обширным и в то же время компактным *информационным фондом*. Основные составляющие этого фонда: приемы, стандарты и физические эффекты и явления. Список приемов преодоления типовых противоречий в АРИЗ-71 включает 40 укрупненных приемов — вместе со специально подобранными примерами и таблицей применения приемов при устранении типичных технических противоречий — довольно сильный

решающий аппарат. Не случайно в Болгарии эти материалы изданы отдельной книгой. Однако для решения сложных задач нужно сочетание приемов, и чем оно сложнее (иногда оно включает и физэффекты), тем отчетливее привязано к определенному классу задач. В АРИЗ-77 сложные сочетания приемов были представлены в виде двух отдельных массивов — типовых вепольных моделей и стандартов. Ныне эти массивы объединены в единую систему стандартов, о которой уже говорилось. Стандарты вобрали и некоторые сочетания приемов с физическими эффектами, но освоение огромного фонда физэффектов только начинается. Сам по себе их перечень, как бы он ни был велик, мало дает изобретателю: при решении сложных задач физэффекты применяются в сочетании с приемами, вся «хитрость» именно в сочетании. Наиболее сильные сочетания могут и должны постоянно пополнять фонд стандартов.

Упражнения и задачи

Поскольку Вы познакомились лишь с некоторыми из стандартов, входящих в систему, упражнения и задачи этого раздела подобраны так, что Вы сможете их решить, используя уже известные стандарты.

4.1. Известен способ механического перемешивания расплавленной стали в шлаке. Способ состоит в том, что мешалку, сделанную из той же стали, опускают в ванну и придают ей возвратно-поступательные движения. Недостаток — быстрое расплавление мешалки. Сделать мешалку из тугоплавкой стали или титана — дорого, из керамики — плохо, так как такая мешалка быстро разрушится, появятся ненужные примеси. Как быть?

По условиям задачи нужно сохранить прототип: перемешивание мешалкой. Требуется найти решение и его методическое обоснование.

4.2. Для изготовления изделий из порошков используют магнитоимпульсное прессование. Внутри цилиндрического индуктора находится цилиндрическая медная оболочка. Внутри оболочки — порошок. При разряде батареи конденсаторов в индукторе протекает кратковременный сильный ток. Под действием магнитных сил в медной цилиндрической оболочке возникают большие усилия, оболочка деформируется, сжимается и прессует порошок, превращая его в плотное цилиндрическое изделие. Потом, однако, возникает необходимость снять медную оболочку, вдавленную в порошок, а сделать это трудно, так как оболочка сцеплена с поверхностью порошковой трубки. Иногда приходится даже прибегать к электрохимическому удалению медной оболочки. Как быть?

Дать ответ и его методическое обоснование.

4.3. Устройство правильной вентиляции помещений для содержания скота требует учитывать, как движутся потоки воздуха внутри этих помещений. Продувка моделей не решает проблемы, нужны исследования в естественных условиях. Помещения же, о которых идет речь, — большие, и исследования в них затруднены. Способ должен быть удобным, точным, производительным. Задача: решите задачу и сформулируйте для нее стандарт.

4.4. Художник решил написать картину на тему «Бесконечность Вселенной». Нужна идея — что и как изобразить, чтобы чувствовались безграничность космоса, его непостижимые расстояния.

Какое здесь возникает противоречие?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Архитектура ТРИЗ включает базис — учение о законах развития технических систем — и надстройку в виде фонда стандартов (инструмента для решения стандартных задач), АРИЗ (инструмента для решения нестандартных задач) и информационного фонда, который входит в АРИЗ и в конечном счете «подпитывает» и стандарты.

Некоторые изобретатели, проработав 20—30 лет, постепенно вырабатывают определенные, правда, не всегда четко сформулированные правила и приемы решения задач. Например, появляется стремление действовать в обход, накапливаются приемы типа «желательно обращать вред в пользу» и т. д. Формируется и какой-то информационный фонд: память сохраняет сведения о различных изобретениях, необычных материалах, различных технических «хитростях». Используется все это без особой системы, но в определенных случаях приносит пользу.

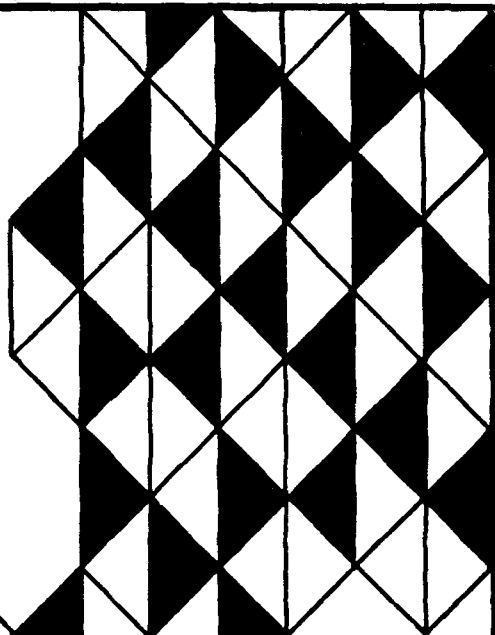
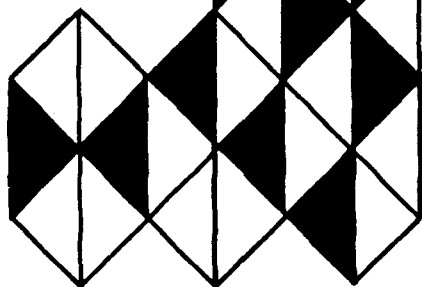
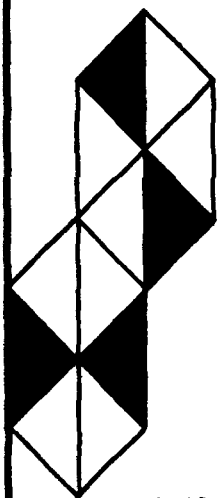
О ТРИЗ иногда говорят, что она является обобщением творческого опыта нескольких поколений изобретателей. Это верно лишь отчасти. В самом начале своего существования ТРИЗ действительно в основном опиралась на обобщение коллективного творческого опыта. Но опыт этот не вел дальше применения простых приемов. Фундаментальные для ТРИЗ понятия о закономерностях развития технических систем, вепоях, стандартах, физических противоречиях и т. д. не могли быть извлечены из опыта изобретателей — они лежали за пределами тактики перебора вариантов.

ТРИЗ следует считать наукой о развитии технических систем. Эта наука имеет свою область исследований, притом область весьма обширную, свой метод исследования и свои цели.

Литература

- Алгоритмы оптимизации проектных решений/Под ред. А. И. Половинкина.— М.: Энергия, 1976.
- Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения — М.: Московский рабочий, 1969.
- Альтшуллер Г. С. Основы изобретательства.— Воронеж, 1964.
- Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. 2-е изд.— М.: Московский рабочий, 1973.
- Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука.— М.: Советское радио, 1979.
- Бородастов Г. В. и др. Указатель физических явлений и эффектов для решения изобретательских задач: Учебно-методическое пособие.— М.: ЦНИИ-атоминформ, 1979.
- Буш Г. Рождение изобретательских идей.— Рига: Лиесма, 1976.
- Буш Г. Основы эвристики для изобретателей: Учебно-методическое пособие для народных университетов технического творчества. Ч. I и II. Рига: Общество «Знание» Латвийской ССР, 1977.
- Дворянкин А. Н., Половинкин А. И., Соболев А. Н. Методы синтеза технических решений.— М.: Наука, 1977.
- Джонс Дж. К. Инженерное и художественное проектирование.— М.: Мир, 1976.
- Диксон Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений.— М.: Мир, 1969.
- Изобретатель и рационализатор, 1959, № 10.
- Повилейко Р. П. Десятичная матрица поиска.— Рига: Общество «Знание». Латвийской ССР, 1978.
- Экономическая газета, 1965, 1 сент.

В. А. Ефимов
Г. С. Альтшуллер
М.С. Померанц
Ю.В. Горин
Е. Н. Козаченно
И. М. Кондраков
И. М. Верткин
И. П. Рябнин



МАГИЧЕСКИЙ
КРИСТАЛЛ ФИЗИКИ

ФИЗЭФФЕКТЫ - КЛЮЧИ К ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИМ
ЗАДАЧАМ

Известно свыше пяти тысяч физических эффектов и явлений — таких, например, как кавитация, муаровый эффект, явление аномально низкого трения, пьезоэффект, триболоминесценция, эффекты Коанда, Баушингера, Кикоина-Носкова, Ганна, Томса и т. д. Каждый эффект может служить ключом к большой группе изобретательских задач. Однако молодой специалист (рабочий, техник, инженер) в лучшем случае знает 150—250 эффектов и явлений. Более того, поскольку физику изучают не с точки зрения ее изобретательских возможностей, молодой специалист обычно не умеет творчески применять даже хорошо знакомые физэффекты, например тепловое расширение или резонанс. *Изобретательский потенциал физики используется в очень небольшой степени*, хотя уже разработаны методы, позволяющие целенаправленно определять, какой именно физэффект нужен для решения той или иной задачи.

За последние годы заметно усовершенствовалась методика применения физэффектов, накопился опыт решения изобретательских задач с применением физики. Удалось *открыть* некоторые общие закономерности использования эффектов и явлений при развитии технических систем. В сущности, возникла новая отрасль знания — *изобретательская физика*, знакомство с которой представляет огромный познавательный и практический интерес для новаторов.

«Магический кристалл физики» — своего рода мост между молодежным новаторским движением и изобретательской физикой. Основная цель — показать неограниченные изобретательские возможности применения физики и на конкретных примерах раскрыть приемы — порой весьма неожиданные — использования некоторых физэффектов.

Составитель

В. А. Ефимов

С ЧЕМ ИДТИ НА ШТУРМ ЗАДАЧИ!

Использование один к одному

Когда-то, впервые перелистывая бюллетени изобретений, я заметил, что многие технические решения словно переписаны — один к одному, дословно! — из школьных учебников физики. Судите сами. «При изменении температуры тела, — гласит школьная физика¹ — его размеры меняются». И вот а. с. № 424238: для изменения длины регулировочного винта предложено винт нагревать; а. с. № 259612: нагревают стержень, перемещающий микроэлементы. А вот еще а. с. № 242127, 517927, японский патент 44-9262, патент США № 3784095... Десятки, сотни абсолютно одинаковых решений. «При нагревании пластинки, имеющей круглое отверстие, диаметр отверстия также увеличивается» — это из школьного учебника. И это же в а. с. № 476450, защищающем способ дозирования малых количеств газа: нагреваем трубку, диаметр увеличивается... Снова учебник: «Пластинка, склепанная из двух различных материалов, изгибается при нагревании». И а. с. № 247159: способ направленного бурения скважин, отличающийся тем, что угол кривизны ствола регулируют с помощью полиметаллического стержня, нагревая который...

Меня тогда поразило, что авторские свидетельства и патенты выданы на применение физических эффектов, так сказать, по прямому их назначению, без всяких дополнительных «придумок» и хитростей. В сущности, не пришлось ничего изобретать! Достаточно было вспомнить школьную физику... И я, естественно, недоумевал, почему столь очевидное и прямое применение теплового расширения считается изобретением?

Как погибла АСУ «Гроза»

На одном из семинаров по теории решения изобретательских задач была предложена задача о молниеотводе. Для защиты ан-

¹ Буховцев Б. Б., Климонтович Ю. Л., Мякишев Г. Я. Физика: Учебное пособие для 9 класса средней школы. Изд. 2-е.— М.: Просвещение, 1972, с. 95.

тенны радиотелескопа, спрятанного внутри пластмассового купола, нужно расставить вокруг молниеотводы. Но молниеотводы — проводники, а проводники задерживают радиоволны, создают радиотень.

В аудитории было 40 человек, в большинстве физики. Однако никто, ни один человек не использовал физику! Ответ был такой: надо сделать молниеотводы подвижными, пусть поднимаются при приближении грозового облака, а потом опускаются. Идею тут же детализировали. Молниеотводы нужно поднимать на короткое время: незадолго до образования молнии, но не всякой, а той, которая угрожает объекту. Значит, нужна прогнозирующая и следящая системы, которые должны подавать сигнал на быстрое поднятие молниеотводов, то есть не обойтись без ЭВМ...

Постепенно вырисовывались контуры целой АСУ «Гроза», значительно более сложной, чем сама антенна радиотелескопа. И тогда руководитель семинара прочитал несколько строк из учебника физики: «Стеклянная трубка с разреженным газом и электродами не проводит электричества, но если повысить разность потенциалов, газ ионизируется, трубка становится проводником». В а. с. № 177497 трубка была применена в качестве «самовозникающего» молниеотвода: в обычное время трубка не проводит ток и потому не задерживает радиоволны, а в электрическом поле развивающейся молнии трубка мгновенно превращается в проводник, становится молниеотводом...

АСУ «Гроза» погибла, раздавленная предельно простой идеей, основанной на школьной физике. Не было никакой необходимости в этой великолепной системе, сложной и современной...

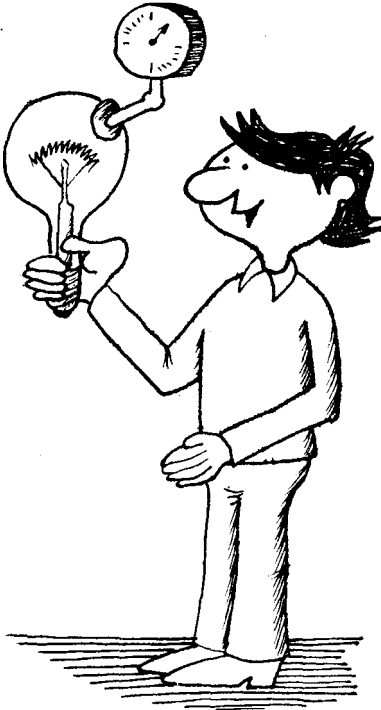
И вот тогда-то я окончательно понял, что технические решения, взятые один к одному из школьных учебников, совершенно справедливо признаются изобретениями. Сейчас мы воспринимаем это как должное. Но понятие «изобретение» не есть нечто застывшее, неменяющееся: простые «придумки» постепенно перестанут считаться изобретениями, поскольку степень оригинальности, необходимая для признания новшества изобретением, возрастает. Когда-нибудь регулирование длины стержня нагреванием станет простым и очевидным техническим приемом. Но это время еще не наступило...

Думаю, не ошибусь, если скажу, что, хотя школьную физику каждый инженер знает достаточно хорошо, применять ее как инструмент технического творчества умеют немногие.

Сколько стоит незнание

Задача о лампе. Как измерить (для контроля) давление газа в электрической лампе накаливания?

Казалось бы, задача не очень сложная: надо поместить лампу в какой-то сосуд, разбить колбу лампы и определить, как изменилось давление газа в сосуде. Цель достигнута, но пришлось сломать лампу. Значит, решение неудачное... Неудачное? — Но на него выдано авторское свидетельство № 427423. Более того, это техническое решение не только признано изобретением, оно внедрено! И это не случайность, не досадная оплошность, потому что позже выданы а. с. № 521484 и № 530210 на небольшие усовершенствования аппаратуры для разбивания ламп...



Между тем, в учебнике физики для девятого класса имеется подробное решение этой задачи, решение простое, изящное, и, разумеется, не требующее уничтожения ламп. Мы только что говорили об этом решении: разряд в газах возникает при разности потенциалов, зависящей от давления газа в сосуде. В учебнике это описано почти теми же словами, что и в а. с. № 486402. К лампе снаружи прикладывают электрод, к нему и на нить накала (она играет роль вторичного электрода) подают высокое напряжение постоянного тока, возникновение коронного разряда зависит от давления внутри лампы. Идеальное решение: лампа остается целой, контроль

ведется быстро, просто и с очень высокой точностью.

Это только один случай из множества. Трудно оценить суммарный ущерб от того, что инженеры не умеют применять элементарную физику для решения творческих задач. В каждом выпуске бюллетеня изобретений есть «новшества» на уровне аппаратуры для битья ламп...

К вопросу о крупе

Если уж мы не научились пока в полной мере использовать физику школьную, то о вузовской и говорить не приходится. Впрочем, чтобы не быть голословным, предложу задачу. Это опять-таки весьма простая задача, и физика в ней несложная.

Задача о крупе. В крупу иногда попадают личинки и яйца вредителей. Естественно, их надо уничтожить до расфасовки крупы. Лучшее средство — нагрев до 65°C . Но выше $68\text{--}70^{\circ}$ крупу нагревать нельзя. Если нагревать крупу большими объемами, трудно обеспечить точный нагрев всего объема до 65° : возникают местные перегревы и недогревы. Если обрабатывать крупу очень мелкими дозами, точный нагрев можно обеспечить, но тогда катастрофически падает производительность, оборудование становится громоздким и сложным. Трубчатые, пластинчатые и иные нагреватели не обеспечивают равномерного нагрева. Не гарантирует от местных перегревов и применение нагрева в псевдокипящем слое. Нужен способ предельно надежный и высокопроизводительный.

Не правда ли, простая задача для эпохи НТР? Возьмем как можно больше микродатчиков, пусть в каждом небольшом объеме крупы окажется датчик. Информация пойдет на ЭВМ (как это прекрасно звучит: информация пойдет на ЭВМ!), которая будет управлять нагревом и охлаждением. Потребуются, конечно, тысячи нагревателей и охладителей, но что здесь принципиально несущественного? Вырисовывается чудесная АСУ «Крупа» — со своим ВЦ, проблемной лабораторией и другими солидными подразделениями.

Один только недостаток у этого хозяйства: оно становится ненужным, если перелистать любой вузовский учебник физики и использовать весьма простой физический эффект. Смешаем крупу с ферромагнитными дробинками, сделанными из вещества с точкой Кюри в 65° . Индукция обеспечит нагрев дробинки (и крупы) точно до 65° . Как только какая-то дробинка перегреется, она сама отключится. И сама включится, если температура опустится хотя бы чуть-чуть ниже 65° . После обработки крупы отделить дробинки нетрудно — они обладают магнитными свойствами. Решение почти идеальное, точность нагрева гарантирована самой природой вещества инструмента (дробинки).

Там, где кончаются учебники

Физика далеко не исчерпывается школьными и вузовскими учебниками. Быть может, самая интересная для инженера физика начинается там, где эти учебники кончаются. Есть сотни тонких, экзотических, парадоксальных эффектов и явлений, могущих служить ключами к самым каверзным задачам. Проверьте себя: я назову десять физических эффектов и явлений — использование скольких из них вы знаете? Вот эти эффекты: электропластический, Джонсона-Раабекса, Александрова, Дюфора, реоэлектрический, эффект безыносности, эффект памяти формы металлов, акустомагнетоэлектрический, электрокапиллярный, эффект Пойнтинга. Ну что, можете ли припомнить случаи их изобретательского применения?

Кто есть кто!

Интересных физических эффектов и явлений так много, что запомнить все просто невозможно. Возникает простая мысль: *нужен справочник по применению физических эффектов и явлений при решении новых технических задач*. Своего рода указатель типа «кто есть кто?», или, точнее, «что есть что?», другими словами, «портреты» физэффектов, сведения об их возможности.

Впервые такой «Указатель применения физэффектов» был разработан в 1970 году. Напечатанный в виде препринта, он успешно использовался слушателями многих общественных школ технического творчества. Несколько лет спустя появились сообщения об аналогичных справочниках, созданных некоторыми зарубежными фирмами. Отечественный «Указатель» трижды пополнялся и модернизировался.

При подготовке подобного рода «Указателей» приходится анализировать множество авторских свидетельств и патентов, чтобы выявить область и особенности применения того или иного эффекта. Скажем, тепловое расширение прежде всего подходит для решения задач на точное микроперемещение и создание больших усилий. Но есть у теплового расширения, по крайней мере, десятков других «специальностей» — их тоже надо установить.

Удалось разработать *таблицу некоторых типичных применений физэффектов*. Такая таблица, приложенная к АРИЗ, позволяет в ряде случаев без затруднений находить решения задач. Например, с помощью таблицы можно сразу получить ответ на задачу о круппе.

Справочник в миллион томов!

Казалось бы, проблема решена. И в самом деле, для задач, требующих прямого применения одного физэффекта, она решена. Но существуют изобретения, сделанные с помощью сочетания физэффектов. Например: когда поляризованный свет проходит через кварцевую пластинку, плоскость поляризации поворачивается на некоторый угол, величина которого зависит от толщины пластинки. Известно также, что толщина пластинки зависит от температуры. Сочетание этих двух эффектов дает оригинальный способ измерения температуры (а. с. № 243889). Результат достигается именно сочетанием эффектов, так сказать, синтезом нового соединения физэффектов.

Вот, например, как можно применить пьезокристалл. Приложенный к человеческому телу, он может давать сигналы в соответствии с биением человеческого сердца. Именно на этом его свойстве основано решение задачи о защите банков от грабителей

по патенту Франции 2107798: каждому служащему банка на кисть руки надевают специальный пьезобраслет. Когда в банк врываются грабители и вытаскивают оружие, пульт у служащих *всегда* резко учащается, что фиксируется браслетом. Если пульт учащается сразу у трех служащих, система сигнализации сама срабатывает — блокируются все двери, а в помещение пускается усыпляющий газ. В этом случае пьезодатчик электрически соединяют с системой включения сигнализации. Аналогичная система применяется и в больницах для наблюдения за тяжелобольными: надетый на мочку уха пьезодатчик фиксирует малейшие отклонения от нормы в пульсе и дает звуковой или световой сигнал врачу.

Подобных соединений очень много. К тому же в них могут входить не только физэффекты, но и приемы (дробление, объединение, инверсия и т. д.). В результате число возможных соединений типа «физэффект+другие физэффекты+приемы» становится практически неограниченным. Не выпускать же справочник в миллион томов...

Мы вновь оказываемся перед проблемой: как решить задачу, если ключом к ней является *сложная комбинация физэффектов и приемов*. Вот одна из таких задач.

Задача об алмазном порошке. Частицы алмазного порошка имеют разные размеры. Нужно разделить порошок, скажем, на 10 фракций — в зависимости от величины частиц. Обычный способ — ручную, с помощью сит. Но это медленно, да и сита быстро изнашиваются. Сепарация отстаиванием в воде, сепарация в воздушном потоке требуют многократного повторения. Нужен иной способ — автоматизированный, точный, высокопроизводительный.

Путь указывает АРИЗ

На первых этапах становления ТРИЗ информационный фонд в основном состоял не из физэффектов, а из простых приемов. Причем, их тоже пришлось выявлять, анализируя тысячи авторских свидетельств и патентов. Когда фонд был составлен, выяснилось, что для решения сложных задач нужны не эти элементарные приемы, а их сочетания, причем число возможных сочетаний практически неограничено. Выход, однако, был найден: задача сначала обрабатывалась по АРИЗ, при этом область поиска резко сокращалась, вырисовывались приметы искомого сочетания приемов. Таким же путем надо идти и при решении задач с физическим уклоном.

Возьмем, например, задачу о молниевотводе и применим к ней всего одну операцию — сформулируем ИКР (идеальный конечный результат). Идеальный молниевотвод — когда молниевотода нет, а работа, для которой он существует, выполняется. Мысленно уберем металлический стержень молниевотода. Остается воздуш-

ный столб, пространство, которое раньше занимал молниеотвод. Этот воздушный столб должен *сам* становиться проводником в момент, когда возникает молния, а потом снова превращаться в непроводник.

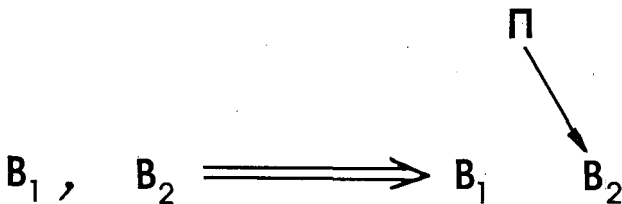
Формула ИКР парадоксальна, но она точно ведет к ответу. Благодаря какому физическому эффекту газовый столб может стать проводником при возникновении электрического поля молнии, а потом вернуться в первоначальное состояние? После такой подсказки остается перелистать в «Указателе» раздел «Электрические разряды в газах».

Осадная артиллерия вепольного анализа

Задача о молниеотводе проста, поэтому для правильного решения достаточно одной операции. В более сложных случаях приходится подключать весь аппарат АРИЗ, в том числе вепольный анализ. *Анализ веществ, полей и их связей*, пожалуй, наиболее физическая часть АРИЗ, своего рода мост от задачи к физическому эффекту (или сочетанию эффектов).

Применим вепольный анализ к задаче об алмазном порошке. Прежде всего построим *модель задачи*. Даны два не взаимодействующих вещества — маленькая крупинка V_1 и большая V_2 . В условиях задачи речь шла о разделении порошка на десять фракций, но если мы научимся выполнять элементарную операцию разделения, задача будет решена, поскольку эту операцию можно повторить многократно.

Модель проясняет суть задачи и позволяет — без проб и ошибок, сознательно — сделать следующий шаг. У вас два вещества, к тому же они не связаны взаимодействием, т. е. по условиям задачи дана не вепольная система. Простейшее правило вепольного анализа гласит: не вепольная система должна быть достроена, преобразована в веполь, включающий три связанных элемента — два вещества и поле. Условия задачи ясно говорят, что должно делать вводимое поле: удалять одно вещество от другого. Следовательно, можно записать решение задачи в вепольной форме:



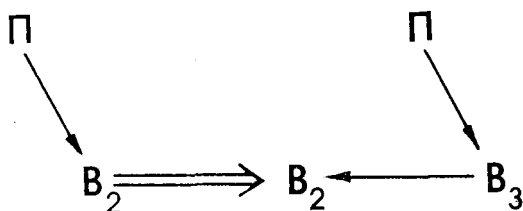
Веполь мы еще не построили (V_2 не взаимодействует с V_1), но все-таки от невеполя пришли к неполному веполью (система из двух

элементов — поля и вещества). Посмотрим, что можно из этого извлечь. Поле должно механически перемещать частицу V_2 , следовательно, в простейшем случае нужно механическое поле. Из числа эффектов, рекомендуемых таблицей для перемещения объектов, выгоднее всего использовать колебания, потому что резонансная частота зависит от размера частицы.

Итак, крупинка алмазного порошка может подпрыгивать в резонанс с колебаниями. Что это нам дает?

Шаги к ответу

Вернемся к вепольной формуле. Для построения веполя к паре $\Pi + V_2$ нужно добавить еще одно вещество V_3 . Введение нового вещества, усложнение системы оправдано только в том случае, если это вещество выполняет функции инструмента, т. е. передает действие поля Π веществу V_2 (это тоже правило вепольного анализа):



Если частица V_2 , отличающаяся размерами от V_1 , просто подпрыгивает, она на какое-то мгновение отделяется от V_1 , но потом снова возвращается в исходное положение. Нам нужно, чтобы частица V_2 , один раз подпрыгнув, уже не вернулась назад, куда-то ушла. Помочь в этом должно вещество V_3 . Что мы о нем знаем, об этом веществе? Во-первых, оно должно хорошо передавать колебания. Значит, это не газ, а жидкость или твердое тело. Во-вторых, оно должно пропускать сквозь себя уходящее V_2 . Следовательно, V_3 — не твердое тело, а скорее всего жидкость.

До ответа остается один шаг. Здесь снова нужен «Указатель», напоминающий о таком, в общем-то, довольно известном явлении: если иголку осторожно положить на поверхность воды, иголка будет плавать, но если ее бросить, она утонет. Насыпьем алмазный порошок тонким слоем на поверхность воды. Создадим колебания, совпадающие по частоте с собственной частотой колебаний одной фракции частиц. Эти частицы начнут подпрыгивать. Падая на поверхность воды, преодолеют ее поверхностное натяжение и утонут.

Атака всеми силами

Мы использовали только вепольный анализ, и на «финише» потребовалась догадка («нужно использовать свойства поверхностного слоя воды»). Реальная атака задачи ведется всеми видами оружия — пошаговым анализом по АРИЗ, вепольным анализом и другими методами. Вот, скажем, законы развития технических систем. Один из них гласит: рабочие органы систем развиваются сначала на макроуровне, а потом совершается переход на микроуровень. Сито для просеивания алмазных частиц — это инструмент крупный, выполненный на макроуровне. Неизбежен переход к «ситу», собранному из отдельных молекул или атомов. Мы получаем, таким образом, очень важные приметы, облегчающие выбор нужного физэффекта. Каждый метод дает только часть решения, но вместе они позволяют уверенно решать весьма «хитрые» задачи.

Может возникнуть вопрос: а где гарантия, что таблица применения физэффектов дает наилучший ответ, а не просто один из возможных? Абсолютной гарантии нет (как нет абсолютной гарантии в надежной работе любой машины). Но таблица составлена на основе анализа большого массива сильных изобретений: из десятков тысяч патентов и авторских свидетельств были отобраны свыше 12 тысяч наиболее сильных физических изобретений, они-то и послужили основой для составления таблицы. Если таблица рекомендует тот или иной физический эффект, это значит, что он подсказан коллективным творческим опытом нескольких поколений изобретателей.

Было бы, однако, преувеличением сказать, что сегодня мы можем решать все задачи, требующие применения физэффектов. Важно другое: работа по созданию изобретательской физики начата, кое-что сделано, исследования продолжаются.

Вывод прост: нужно учиться

Новая (четвертая) модификация «Указателя» будет не только более точной и полной. Сами эффекты подбираются и излагаются иначе — так, чтобы их удобнее было использовать при решении задач. Вслед за описанием эффекта излагается и биэффект (сдвоенный эффект), сочетания эффекта с приемами, типичные сочетания с другими эффектами... Многие эффекты, если их использовать в сдвоенном виде, позволяют получать новые результаты. Например, биметаллические пластинки, изгибаясь при нагревании, дают такие большие перемещения, которые нельзя получить обычным тепловым расширением. Просматривая описания свежих изобретений, нередко с досадой отмечаешь: ну, хорошо, наконец-то до-

гадались использовать физэффект, но почему на этом остановились, почему не применили биэффект?..

Нужно учиться применению физэффектов в техническом творчестве. Учиться использованию физики во взаимодействии с механизмами ТРИЗ. Любые расходы времени и сил на такую учебу окупятся сторицей.

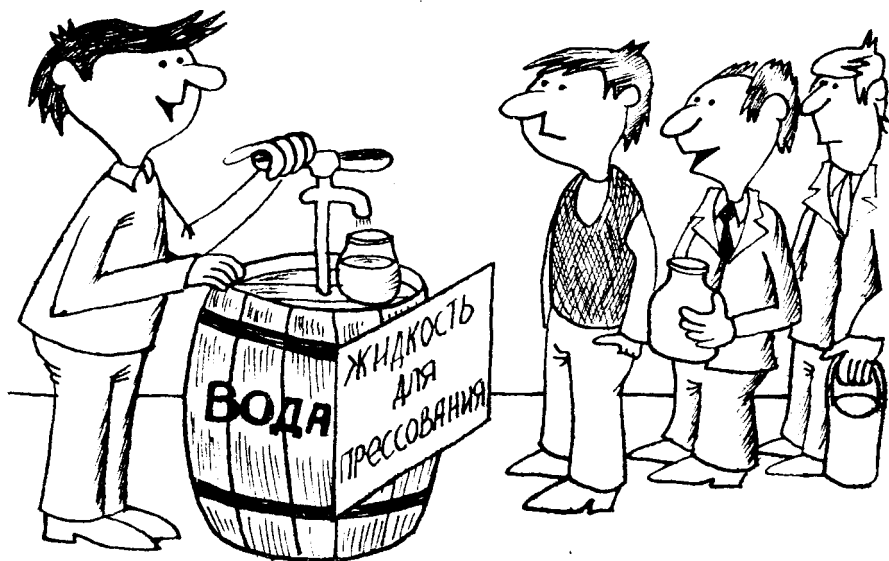
Г. С. Альтшуллер

ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ — В МЕХАНИЧЕСКОЕ

1. Вместо введения

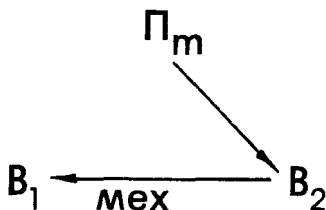
1.1. Известный изобретатель П. А. Радченко рассказывает:

— Однажды испытывал я свои конфорки на саратовском заводе «Тяжмаш». Узнал, что они выпускают и бойлеры, да и показал им образец развальцованной льдом трубы. Поглядели: чисто сделано, без царапин. Спрашивают — как? А я и говорю: «Мы нашли такое вещество, которое затвердевает, расширяется и раздает трубы, а через 10 минут превращается в жидкость и вытекает». Они тогда: «А где такое вещество достать? Наверное, очень дорогое и дефицитное?». «Да нет,— говорю,— не очень». И смешно мне, и рассказать хочется, а знаю — нельзя, пока авторское не выдано. Теперь-то они в курсе дела, знают, что это «дефицитное» вещество — просто вода...



В учебнике природоведения для 4-го класса в разделе «Отчего лопнула бутылка» объяснено: замерзающая вода может совершить механическую работу. Возникновение больших механических усилий при замерзании воды в закрытом сосуде рассматривается и в учебнике физики для 9-го класса. В вузе общий курс физики и специальные дисциплины вновь и вновь напоминают будущим инженерам о явлениях, связанных с фазовыми переходами. И все-таки, столкнувшись с новыми техническими задачами, инженер нередко громоздит одно сложное устройство на другое, не догадываясь применить хорошо знакомый физэффект...

1.2. В вепольной форме развальцовку льдом можно записать так:



Вещество (инструмент) B_2 преобразует тепловое поле P_T в механическое, действующее на вещество (изделие) B_1 . Подобные структуры получили в вепольном анализе название *теполей*. P_T может быть как «полем нагревания», так и «полем охлаждения», а B_2 может находиться в любом агрегатном состоянии. Различными могут быть и физические процессы, происходящие в B_2 . Чаще всего в тепоях используют тепловое расширение и фазовые переходы.

2. Тепловое расширение |ТР).

2.1. В простейшем случае ТР твердотельного металлического B_2 применяют для *небольшых, но точных (доли мкм) перемещений*. Так, в старом авторском свидетельстве 46716 микроперемещение осуществляют, нагревая пружины, оттягивающие стол станка. Авторские свидетельства на технические решения, связанные с применением ТР, выдают и по сей день, хотя речь идет обычно о применении эффекта, так сказать, по своему прямому назначению. Примеры: а. с. 218308 (управление элементами приборов), 347148 (растягивание стержней), 424238 (управление регулировочными винтами), 712594 (монтаж нефтепроводов).

2.2. Обратное применение ТР: измерение температуры по величине теплового удлинения (например, в термометрах). При изме-

рении температуры подвижного V_1 подвижным должно быть и V_2 (инструмент). Пример: а. с. № 651208.

2.3. В а. с. 189281 на способ подналадки станка предложено многократное применение ТР: по-разному нагревают и охлаждают разные элементы системы для получения суммарного результата, который нельзя получить одинарным применением ТР. Здесь проявляется одна из закономерностей поэтапного развития технических систем.

Первый этап. Применяют одну систему С для получения результата P_1 .

Второй этап. Объединяют много разных систем типа системы С в надсистему (НС), дающую новый результат P_2 .

Третий этап. P_1 и P_2 (а иногда и новый результат P_3) достигаются без прямого использования С и НС.

2.4. Примером технического решения, соответствующего третьему этапу, может служить а. с. 356416. Для теплового удлинения стержней требуется время. Как быть, если необходимо срабатывание в доли секунды? Предложено использовать сжатие стержней, предварительно растянутых нагревом и закрепленных в нагретом состоянии. В нужный момент освобожденный стержень сразу укорачивается. Нагрев есть и его как бы нет — он произведен заранее.

2.5. При нагревании пластинки происходит увеличение ее площади, в том числе и площади отверстий. Примеры: по а. с. 476450 дозировку малых количеств газа ведут, нагревая капилляр, через который перетекает газ; по а. с. 309758 используют ТР для извлечения оправки после волочения трубы.

2.6. ТР способно создавать весьма значительные усилия. Примеры: а. с. 236279 (прессование), 336421 (тепловой двигатель), 711707 (стяжка разъемного индуктора) и т. д. При достаточно больших (или очень быстрых) изменениях температуры ТР можно использовать для разрушения веществ.

2.7. ТР — один из физэффектов, давно используемых в техническом творчестве. Но и в наше время возможны оригинальные применения ТР. Например, а. с. 595468: «Способ усиления изгибаемых железобетонных конструкций путем создания растягивающих усилий в сжатой зоне, отличающийся тем, что с целью обеспечения временного повышения несущей способности железобетонных конструкций растягивающие усилия в сжатой зоне создают нагревом арматуры до 200—400°С при пропускании электрического тока». Здесь использован в высшей степени интересный и перспективный принцип энергетического упрочнения конструкции на время ее работы. В конструкцию «накачивают» электроэнергию (дающую тепло) — и пока идет «накачка», несущая способность конструкции существенно выше обычной. Не-

трудно представить, насколько заманчиво использование такого принципа, например, в подъемных кранах или глубоководных аппаратах.

2.8. Рабочим телом при использовании ТР могут быть любые вещества: металлы, неметаллы, жидкости и газы.

3. Сдвоенный эффект ТР (би-эффект)

3.1. Если V_2 состоит из двух веществ V'_2 и V''_2 с разными коэффициентами теплового расширения, возникают новые явления, обусловленные взаимодействием изменяющихся V'_2 и V''_2 . Следует отметить, что многие физэффекты относятся к числу би-эффектов, например, преломление света при прохождении через границу двух сред, возникновение биений при сложении двух близких по частоте колебаний и т. д. Простейшее применение би-эффекта ТР — изменение формы (изгиб) стержней. А. с. 247159: «Способ направления бурения скважины с применением искусственных отклонителей, отличающийся тем, что здесь с целью регулирования угла кривизны ствола используют полиметаллический отклонитель и изменяют его температуру».

3.2. Би-эффект ТР позволяет получать значительные отклонения при сравнительно небольших перепадах температуры. Это особенно ценно для различных саморегулирующихся устройств. Так, в а. с. 383430 описана рама для проветривания теплиц, которую биметаллические пластины наклоняют в зависимости от изменения температуры воздуха. Аналогичные устройства используют и в саморегулируемых жалюзи радиаторов.

3.3. Важное применение би-эффекта ТР — регулирование зазоров в конструкциях. Пример: лабиринтный насос, в котором ротор и статор выполнены из материалов с разными коэффициентами ТР, что позволяет регулировать зазор между ротором и статором (а. с. 275751).

3.4. Если зазора нет, и два элемента конструкции соприкасаются, би-эффект ТР можно использовать для фиксирования, сжатия и деформации элементов (а. с. 645773 — зажим деталей, 693102 — развальцовка труб, 637214 — создание давления при диффузионной сварке). При достаточно больших усилиях би-эффект ТР можно использовать для разрушения материалов (а. с. 310811 — разрушение горных пород).

3.5. В а. с. 312642 предложено применять би-эффект ТР многократно. Интересно отметить, что изобретений, соответствующих третьему этапу, пока нет или, во всяком случае, они весьма редки.

3.6. ТР и би-эффект ТР легко «стыкуются» с другими эффектами, в которых выход зависит от размеров, напряжения, формы

или расположения вещества. Например, фазовая пластинка поворачивает плоскость поляризации поляризованного света на угол, зависящий от толщины пластинки. В свою очередь, толщина пластинки зависит от температуры. В сумме — устройство для бесконтактного измерения температуры (а. с. 243889).

4. Фазовые переходы первого рода (ФП-1)

4.1. Типичный случай: «Способ изготовления ребристых труб, заключающийся в раздаче заглушенных труб водой, подаваемой под давлением, отличающийся тем, что с целью ускорения процесса изготовления подаваемую под давлением воду замораживают» (а. с. 190855).

4.2. Увеличение объема происходит и при застывании висмута. По а. с. 344197 «...герметизирующее устройство выполнено в виде полой кольцевой гибкой камеры, размещенной между дисками и заполненной материалом, меняющим свой объем при переходе из одного агрегатного состояния в другое, например, висмутом».

4.3. А. с. 319389: металлокерамические режущие пластины, примороженные к резцу, не только прочно держатся и легко заменяются, но и не нуждаются в подводе смазочно-охлаждающей жидкости. Это — один из многих примеров использования ФП-1 для временного крепления деталей.

4.4. ФП-1 может быть использован для перемещения тяжелых объектов: «Способ монтажа тяжелых конструкций путем опускания их на рабочее место, отличающийся тем, что с целью упрощения процесса монтажа под конструкцией возводят колонны из природных веществ — льда, соли — которые затем у основания растапливают и растворяют, обеспечивая тем самым уменьшение длины колонн с одновременным опусканием конструкции» (а. с. 194294).

4.5. Оригинальное применение ФП-1 в патенте США 3566800. В закрытом трубопроводе движется капсула — транспортное средство. Аэродинамическое сопротивление движению капсулы устраняют двумя противоположными ФП-1: перед капсулой создают разрежение, конденсируя газ, а позади капсулы — увеличенное давление за счет испарения.

4.6. Испарение сухого льда в замкнутом объеме обеспечивает возможность быстрого безмашинного повышения давления. Пример: а. с. 518667 на способ создания давления в сосудах при контроле герметичности.

4.7. Испарение решает также проблему самоудаления монтажных деталей, временно введенных внутрь конструкции, и веществ, попавших туда, например, при струйной обработке (а. с. 715295, патент США 3702519).

5. Фазовый переход второго рода (ФП-2)

5.1. ФП-2 — перестройка кристаллической решетки при изменении температуры. Пример: «Способ преобразования тепловой энергии в механическую... отличающийся тем, что... тело, изготовленное из материала со скачкообразным изменением термодинамических свойств, например, из хрома с критической температурой $+37^{\circ}\text{C}$, периодически нагревают до температуры скачка, после чего изменяют температуру в какую-либо сторону» (а. с. 280104). Применение: термометры (а. с. 263209), двигатели (а. с. 266471).

5.2. Перспективный для решения технических задач ФП-2 — превращение белого олова в серое. При таком переходе (при $13,2^{\circ}\text{C}$) плотность снижается с $7,3\text{ г/см}^3$ до $5,76\text{ г/см}^3$, т. е. на $26,7\%$ (у воды при переходе в лед — на 9%). Теоретически это означает возможность получения весьма высоких давлений (до $100\,000\text{ кгс/см}^2$). Но само явление перехода изучено слабо и на практике пока не применяется.

5.3. Механизм действия нитинола (сплав никеля с титаном) — материала, обладающего «эффектом памяти формы», — также сводится к ФП-2. Основное преимущество нитинола — возможность получения значительных изменений формы, конфигурации деталей при небольшом перепаде температур. Примеры применения: компрессор (а. с. 464709), саморегулирующийся дроссель (а. с. 534617), привод управления клапанами (а. с. 583347), инструмент для развальцовки труб (а. с. 647041).

6. Разбор типичной задачи

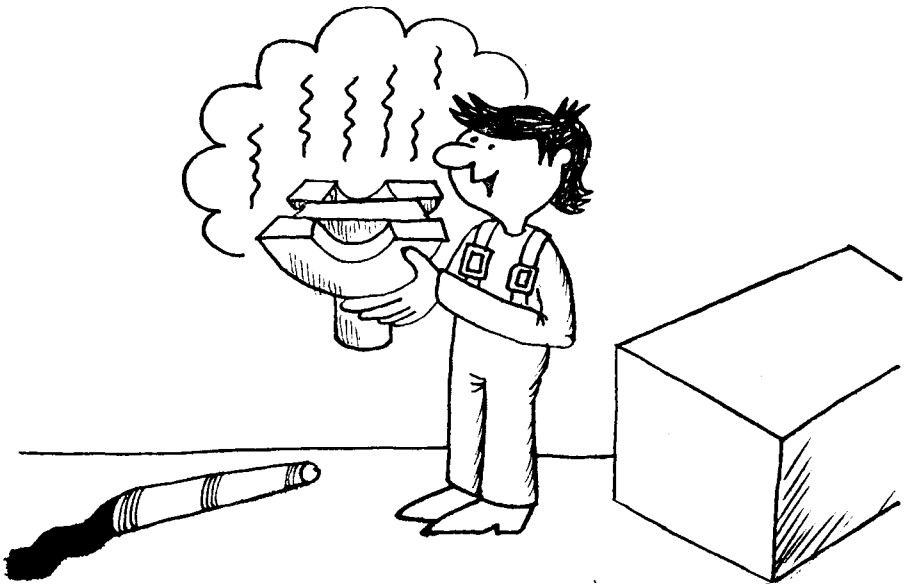
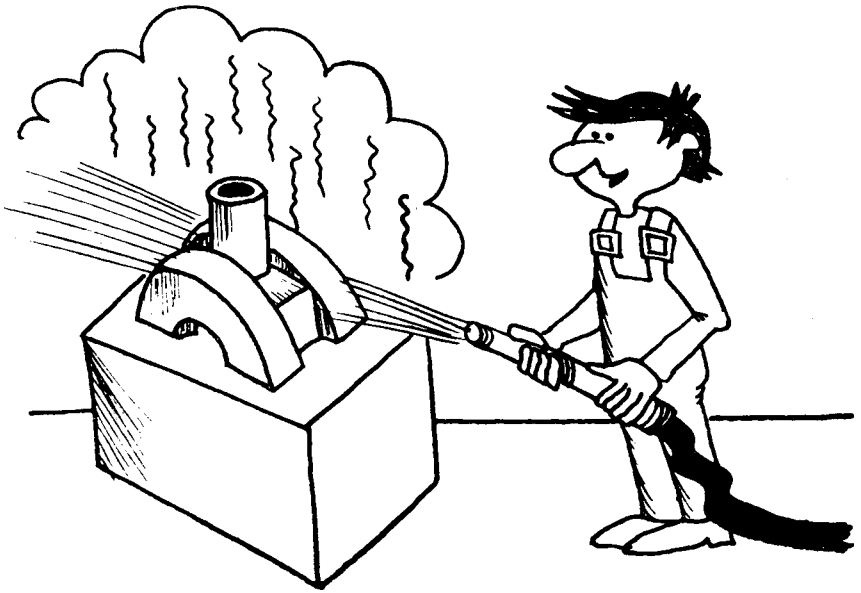
6.1. *Тренировочная задача.* В диэлектрическую подложку пластины памяти ЭВМ вмонтировано множество ферритовых колечек диаметром 1 мм и толщиной стенок в доли миллиметра. Чтобы феррит сохранял магнитные свойства при повышении температуры, нужно колечки сжать. Как это сделать?

В условиях задачи говорится о повышении температуры (следовательно, есть тепловое поле P_T), упоминаются также два вещества — ферритовое колечко (B_1) и подложка (B_2). Теполь будет построен, если под действием P_T вещество B_2 вступит в требуемое взаимодействие с B_1 . Для этого (согласно 3,4) достаточно, чтобы подложка была выполнена из материала с коэффициентом ТР меньшим, чем у колечек (а. с. 266853).

7. Задачи

7.1 При пескоструйной обработке частицы песка остаются во внутренних полостях изделий. Удаление оттуда этих частиц связано с большими трудностями. Как быть?

7.2 Как с помощью ТР измерить температуру движущейся раскаленной металлической ленты?



7.3. В химическом реакторе десять вспомогательных устройств расположены вокруг центральной части и соединены с ней короткими (0,2 м) металлическими стержнями. Время от времени то в одном, то в другом вспомогательном устройстве выделяется тепло. Оно по металлическим стержням передается в центральную часть реактора. Однако иногда в центральной части резко поднимается температура. Как сделать, чтобы при этом тепло не переходило к вспомогательным устройствам? Применение тепловых труб недопустимо.

Таблица возможных применений теполой

	Разделы		
Небольшие, но точные перемещения	2.1,	5.1	
Измерение температуры	2.2,	5.1	
Управление положением и взаимодействием элементов технических систем	2.3,	2.4,	5.3
Регулировка зазоров, отверстий и т. д., герметизация	2.5,	3.3,	4.2
Соединение и разъединение деталей, их временное крепление	2.5,	4.3,	5.3
Изгиб стержней и пластин	3.1,	5.3	
Саморегулирование элементов технических систем	3.2		
Создание напряжения в материалах и конструкциях, преобразование тепловой энергии в механическую	2.6, 4.1,	2.7, 5.1,	3.4, 5.2
Деформация	2.6,	3.4,	4.1
Разрушение материалов	2.6,	3.4	
Перемещение (спуск, укладка) тяжелых объектов	4.4		
<i>Создание повышенного газового давления (без машин)</i>	4.6		
Самоудаление монтажных деталей и веществ, используемых для обработки	4.7		
Восстановление первоначальной формы деформированного объекта	5.3		

ФЕПОЛИ МОГУТ ВСЕ

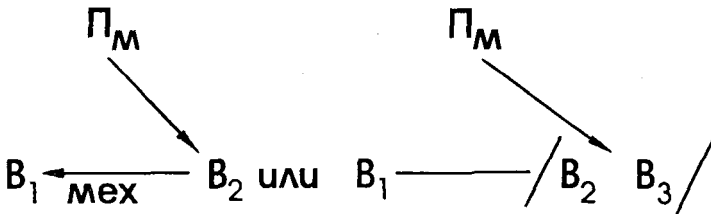
1. Введение

1.1. *Задача о том, как оригинально сделать еще более оригинальным.* Если испачканную масляной краской кисть положить в воду, на ее поверхности вскоре образуется тончайшая пленка с причудливыми узорами. Пленка легко пристает к цементу, металлу, дереву. Можно закрепить рисунок на материале, подсушив его и покрыв прозрачной мастикой (а. с. 282127). Оригинальный способ, не правда ли? А теперь вопрос: как его усовершенствовать?

Не спешите читать дальше. *Поищите решение.* Предложите задачу своим коллегам, не знающим ТРИЗ. Скорее всего вы услышите: «Кто же так ставит задачу? Ведь не указано, что плохо и что надо улучшить...»

1.2. С позиций ТРИЗ все предельно просто: в системе нет управляемого элемента, следовательно, такой элемент надо ввести, чтобы управлять «узорообразованием». Стандартный прием: в вещество — постоянно или на время — добавляют ферромагнитные частицы и управляют поведением вещества с помощью магнитного поля.

1.3. В вепольной форме подобные системы выглядят так:



Магнитное поле P_M действует на ферромагнитные частицы V_2 , управляющие веществом V_1 . Иногда действие осуществляется через внешнюю среду V_3 . Такие системы получили название *феполей*.

1.4. На феполях хорошо видна суть современного подхода к проблеме использования физэффектов при решении новых технических задач. Раньше предполагалось, что достаточно иметь перечень физэффектов. Попытки организовать практически пригодный «банк физэффектов» не прекращаются и по сей день. Но ключи к трудным задачам — не физэффекты «в чистом виде», а сложные сочетания эффектов, приемов и технических хитростей. Для решения трудных задач нужен «банк физструктур», т. е. систем, охватывающих ту или иную группу эффектов. Типичным примером является феполь, имеющий самые различные конкретные вопло-

шения и позволяющий использовать не только физэффекты и комбинационные приемы, но и целый «букет» физических свойств разных веществ. В физике сложились традиционные разделы: механика, теплота и т. д. Поэтому «привязка» эффектов к структурам может показаться странной. Но, решая задачу, инженер не знает, в каком из традиционных разделов искать нужный эффект. Удобнее, когда эффекты «привязаны» к структурам, имеющим определенный спектр функций.

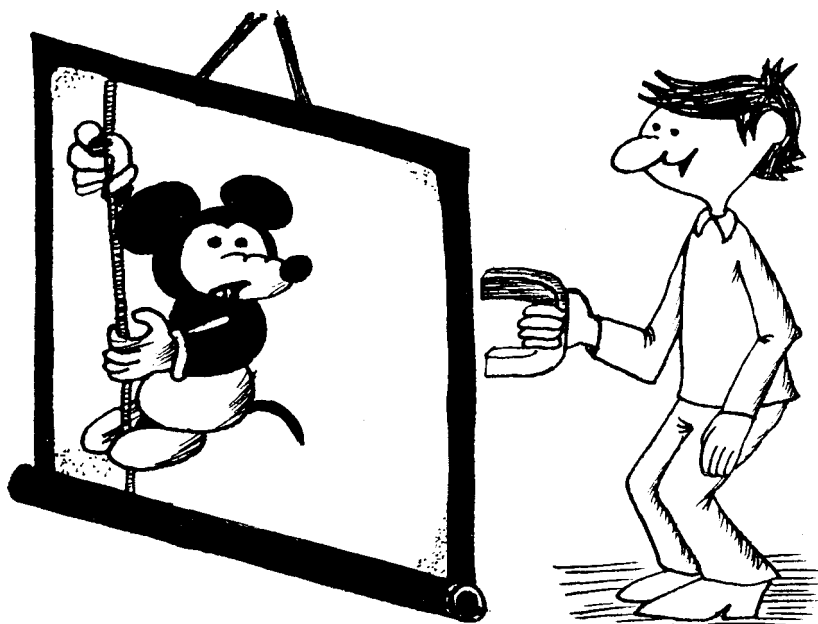
2. Перемещение — главная специальность феполов

2.1. Феполы весьма разнообразны. Объясняется это тем, что каждый элемент, входящий в общую формулу феполя, может иметь множество разных значений. Так, частицы V_2 могут отличаться по размерам, форме, материалу, расположению и т. д. V_3 — по составу, агрегатному состоянию, способу взаимодействия с V_2 . Изделие V_1 вообще может быть любым, тут мыслимы бесчисленные варианты. Но при всей многоликости феполов действие V_2 (или сочетания V_2 и V_3) на изделие V_1 почти всегда включает перемещение. Простейший пример: для транспортировки немагнитных деталей в них засыпают ферромагнитный порошок (а. с. 751778).

2.2. Оригинальная идея в а. с. 535258: для декоративной отделки глиняных изделий поверхность обрабатывают смесью феррозерен и красителя; с помощью феррозерен краситель буквально вгоняют в изделие, после чего зерна извлекают магнитным полем. Такое же решение реализовано недавно в Японии для безводной и непрерывной окраски тканей. Поскольку ткань — более деликатный материал, чем глина, японцы применяют не зерна, а мелкий порошок. *Постепенное уменьшение частиц — одна из главных тенденций в развитии фепольных систем.* Если раздробить феррочастицы до десятой части диаметра хлопкового волокна, можно на время намагнитить хлопок и резко упростить процессы прядения и ткачества.

2.3. Одно из самых остроумных применений феррочастиц для передвижения предложено В. Х. Подойницыным и В. В. Подойницыным (а. с. 234862). Рисунок для мультипликационного фильма делается из омагниченных нитей, что позволяет легко менять его контур и легко перемещать по планшету. Здесь та же простая физика («феррочастицы тащат то, что к ним прицеплено»), но сначала надо было додуматься отделить линии от бумаги. Кусочки краски, составляющие линию, всегда мыслились «вросшими» в бумагу...

2.4. Обратное применение: сделать подвижное неподвижным. В защитное порошокобразное покрытие, применяемое при сварке, добавлены феррочастицы. В магнитном поле такой порошок не улетает даже при ветре в 8 баллов.



2.5. Особый случай передвижения — ориентирование: изделия остаются на месте, но поворачиваются. При изготовлении шлифовального инструмента надо расположить алмазные зерна, имеющие форму пирамидки, вершиной вверх. Для этого наносят на зерна тонкий слой феррочастиц (патент Франции 2299122). Другой пример: ориентация отрезков проволоки при изготовлении сталеиглобетона (а. с. 464449, 647425, 718268). При изготовлении древесностружечных плит можно ориентировать стружку, перемешав ее с ферропорошком (а. с. 307912).

3. Все, что связано с движением

3.1. Феполы можно эффективно применять и в тех чрезвычайно многообразных случаях, когда перемещение нужно не само по себе, а для выполнения того или иного вторичного действия. А. с. 647343 предлагает использовать поток феррочастиц вместо охлаждающей жидкости. В а. с. 256634 и 329333 ферропорошок управляет движением потока жидкости или газа, выполняя функции клапана. По а. с. 156133 и 319325 феррочастицы пропускают поток газа, работая как фильтр.

3.2. Многие технические решения основаны на способности феполей, передвигаясь, смешивать сыпучие и жидкие материалы. Примеры найдите в а. с. 220094, 261372, 373032, 546648, 624903 и др.

3.3. Если в один из компонентов смеси заранее ввести ферро-частицы, можно легко осуществить разделение смеси (а. с. 430888).

4. Обработка поверхностей

4.1. Феррочастицы, передвигаясь, способны шлифовать и полировать поверхность изделий (патент Франции 1499276).

4.2. Если магнитное поле достаточно сильно, феррочастицы *очищают поверхность от окалины* (а. с. 333993) или накали (а. с. 625124).

4.3. *Разогнав* феррочастицы еще *сильнее*, можно «обкатывать» различные зерна. Пример: способ овализации хрупких зернистых материалов (а. с. 319460).

4.4. Обратное применение: феррочастицы облепляют намагниченную деталь, например задвижку, защищая ее поверхность от абразивного действия внешней среды (а. с. 529327).

5. Создание напряжений, деформаций, дробление

5.1. Вводя феррочастицы внутрь изделия, можно управлять напряжениями и деформацией. Простейшие примеры: ферропорошок внутри пластмассовой модели при изучении поведения детали (а. с. 263240) и ферронаполнитель при гибке труб (а. с. 523742).

5.2. Разумеется, деформировать изделие можно и действуя снаружи (ферропорошковый способ бесфилъерного волочения проволоки по а. с. 499912).

5.3. Феррочастицы, колеблющиеся или вращающиеся в магнитном поле, используют для дробления мелких подвижных объектов — зерен, частиц, капель и т. п. (а. с. 387570, 413170 и др.).

5.4. Обратное применение: феррочастицы, введенные в различные материалы, существенно повышают их прочность. Примеры: а. с. 294928 и 503982 (ферроцемент для изготовления свай), 157656 (состав для крепления наполняющих колонок штампов).

6. Машины из феррочастиц!

6.1. Пока из феррочастиц делают лишь отдельные части машин и механизмов. Так, в а. с. 654754 описан безызносный наголовник для забивки свай. Рабочая часть этого наголовника напоминает опрокинутую бочку, заполненную феррочастицами. Из феррочастиц изготавливают и литейные формы, рассыпающиеся после затвердевания металла.

6.2. Уже сейчас некоторые простейшие машины и механизмы могут быть сделаны почти целиком из феррочастиц. Вероятно, количество устройств, способных рассыпаться и возникать вновь

(если надо, в другом виде), будет увеличиваться. Современная НТР неуклонно уменьшает сроки жизни машин: моральное старение наступает все быстрее и быстрее. Не исключено, что уже в ближайшие десятилетия на первый план выдвинутся новые требования ко всем машинам и механизмам: способность совершенствоваться на ходу...

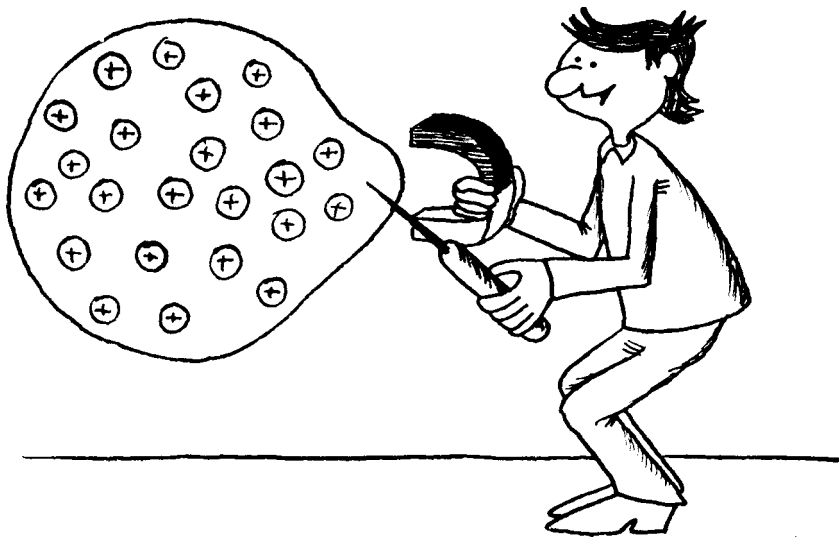
7. Феполи в задачах на обнаружение и измерение

7.1. Феррочастицы подвижны и несут с собой магнитное поле. Отсюда традиционное применение феполой — индикация трудно-обнаруживаемых объектов. В ряде стран феррочастицами метят взрывчатые вещества. Это позволяет, в частности, отыскивать невзорвавшиеся заряды при горнопроходческих работах.

7.2. Использование феррочастиц при измерениях основано на изменении магнитного поля в зависимости от изменения условий, в которых находятся феррочастицы. Так, по а. с. 239633 о степени загрязнения полимерных составов судят по изменению их магнитной проницаемости (при условии, конечно, если в состав предварительно введен магнитный порошок).

8. Через точку Кюри

8.1. Возможности применения феполой в задачах на измерение и обнаружение значительно расширяются, если использовать переход феррочастиц через точку Кюри. По а. с. 307283 для опреде-



ления тепловых свойств аппаратов с мелкодисперсной твердой фазой вводят феррочастицы и определяют, где и когда происходит исчезновение магнитных свойств. В а. с. 607594 предложено метить различные материалы феррочастицами с различной точкой Кюри.

9. Разбор типичной задачи

9.1. Сточные воды очищают от масел и смол, вводя в поток крупинки простой глины. Потом надо как-то выловить эти крупинки. Фильтры, отстойники, центрифуги — все это неэффективно. Как быть?

Дана типичная задача на передвижение мелких объектов, следовательно, надо заранее ввести в эти объекты феррочастицы и управлять движением с помощью магнитного поля (а. с. 350758).

10. Задачи

10.1. В а. с. № 305445 описан способ получения киноэффекта: «...с целью расширения творческих возможностей смешивают химически активные разнородные вещества, окрашенные в разные цвета, например, йодную настойку с дихлорэтаном, и характерную картину, полученную при контакте этих веществ, фотографируют». Могли бы Вы улучшить этот способ?

10.2. В стенки эластичной надувной оболочки введены феррочастицы. Какое применение может найти такая оболочка?

Таблица возможных применений феполой

	Разделы		
Перемещение тел (преимущественно зернистых, сыпучих, жидких), управление потоками	2.1, 3.1	2.2,	2.3
Фиксация сыпучих веществ	2.4		
Ориентирование мелких объектов	2.5		
Фильтрация	3.1		
Смешивание сыпучих и жидких материалов	3.2		
Разделение смесей	3.3,	9.1	
Очистка и обработка поверхностей	4.1,	4.2,	4.3
Защита поверхностей от абразивного воздействия	4.4		
Управление напряжением, деформация, формообразование	5.1, 4.3	5.2,	8.2
Дробление мелких подвижных объектов	5.3		

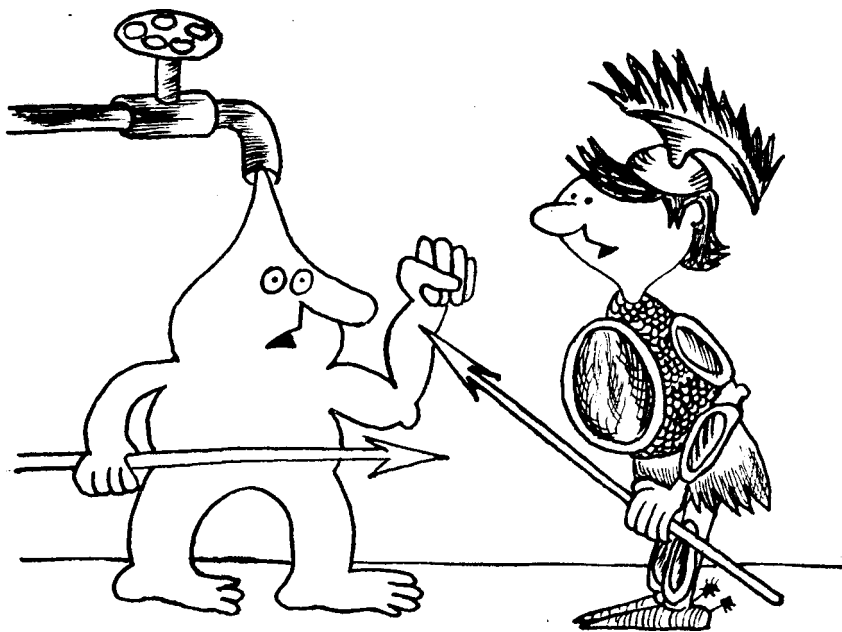
	Разделы	
Повышение прочности веществ	5.4	
Изготовление рассыпающихся устройств, например литейных форм	6.1,	6.2
Индикация труднообнаруживаемых объектов, контроль за перемещением	7.1	
Различные измерения, например, вязкости, температуры	7.2,	8.1

М. С. Померанц

МАГИЯ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

1. Введение

1.1. Лет сорок назад появился фантастический роман Э. Гамильтона «Звездные короли», положивший начало жанру «космической оперы» — невероятным приключениям в звездных мирах, бесчисленным погоням, перестрелкам и т. д. Пожалуй, «космиче-



ская опера» — самое ненаучное в научной фантастике. Но вот парадокс: иногда вымысел, кажущийся совершенно произвольным, приобретает черты точного научно-технического предвидения.

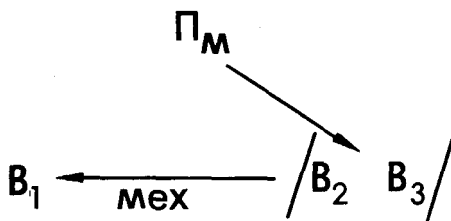
После множества приключений герои «Звездных королей» совершают вынужденную посадку на зловещей (а как же иначе?) планете в системе Медного Солнца. Рядом с разбитым звездным крейсером (в «космических операх» на простых кораблях не летают), среди скал, тускло освещенных лучами Медного Солнца, — озеро с какой-то вязкой жидкостью. Потерпевшие крушение приближаются к озеру... и тут из волн выползают на берег «псевдолюди» — вроде бы жидкие, но каким-то образом не растекающиеся. Конечно же, «псевдолюди» нападают на космонавтов, стремясь увлечь их в озеро. Начинается бой, просто великолепный бой, в котором космонавты вовсю палят из бластеров. Пораженные лучевым оружием, «псевдолюди» расплываются, жидкость стекает в озеро и снова обретает форму «псевдолюдей», начинающих новую атаку...

Можно сказать — фантазия, игра воображения. Главное свойство жидкости — не иметь собственной формы, растекаться. И вполне закономерно, что воображение писателя-фантаста совершило типовую операцию инверсии: если перейти от свойства к антисвойству, возникает оригинальная идея жидкости с управляемой формой.

В романе не объяснено, на чем основаны удивительные свойства озера в далекой системе Медного Солнца. Однако лет через десять после публикации романа сообщения о подобных жидкостях появились на страницах вполне земных и серьезных научных журналов.

2. Магнитная жидкость (МЖ) — «предельный» феполь

2.1. В предыдущей статье было рассказано о феполях — технических системах, в которых магнитное поле Π_m действует на ферромагнитные частицы B_2 , вкрапленные в среду B_3 , соприкасающуюся с изделием B_1 .



Чаще всего B_3 — твердое вещество, а частицы B_2 имеют довольно крупные размеры (шарики, дробинки, крупички порошка). Между тем, одна из основных тенденций в развитии систем состоит в увеличении степени дисперсности рабочих органов: чем меньше частицы B_2 и B_3 , тем гибче инструмент, тем лучше он поддается управлению. Предел дробления — превращение в жидкость. Однако расплавленный ферромагнетик теряет магнитные свойства. Противоречие: магнит должен быть жидким, чтобы хорошо поддаваться управлению, и не должен быть жидким, чтобы не терять магнитных свойств. С позиций ТРИЗ подобные противоречия разрешаются стандартно: всю систему следует наделить одним свойством, а ее частицы — другим свойством, противоположным первому. Поместим мельчайшие частицы твердого магнита в жидкую среду: система будет и жидкой, и магнитной.

2.2. Итак, МЖ. — это обычная жидкость, содержащая мельчайшие частицы твердого магнитного материала (магнетик Fe_2O_3). Если довести размер зерен до нескольких микрометров, то осадок не выпадает неограниченно долго. Для сохранения однородности и большей устойчивости в систему вводят поверхностно-активное вещество, образующее на частицах защитный слой, препятствующий их слипанию. В качестве несущей основы МЖ применяют воду, керосин, минеральные и силиконовые масла. Феррочастицы получают механическим измельчением или в результате химических реакций. Содержание феррочастиц в современных МЖ — до 50% и более.

2.3. Будучи феполями (хотя и «предельными»), МЖ обладают всеми их свойствами и могут быть применены как обычные феполи. Прежде всего, с помощью МЖ можно управлять движением тел. Например, по а. с. 537149 МЖ размещают под эластичным дном резервуара, вращая магниты, создают волновое движение МЖ, которое через эластичное дно передается жидкости, находящейся в резервуаре. Другой пример: создание с помощью МЖ наведенной конвекции теплоносителя внутри тепловой трубы (а. с. 461283). По а. с. 523240 — смазка с феррочастицами сама подсасывается в зону между намагниченными деталями.

МЖ, в которую добавлены абразивные частицы, способна эффективно обрабатывать поверхности различных изделий. Если МЖ введена внутрь изделий, с помощью магнитного поля можно создавать механическое напряжение в изделии.

2.4. В отличие от обычных феполей МЖ, благодаря своему жидкому состоянию, более подвижны и могут быть введены в самые труднодоступные места.

3. Особые свойства МЖ

3.1. МЖ обладают рядом свойств, не типичных для простых феполой. В первую очередь следует отметить возможность управлять вязкостью МЖ. Так, по а. с. 469059 МЖ используют для демпфирования механических колебаний: подвижный элемент демпфирующего устройства окружен МЖ, вязкость которой можно регулировать в зависимости от амплитуды колебаний. В а. с. 459627 предложена магнитная передача с бесконтактным взаимодействием зубьев. Меняя величину вязкости МЖ, окружающей зубья, управляют передаточным числом. Другие примеры: а. с. 505819, 577221.

3.2. В сильных магнитных полях МЖ мгновенно твердеют. Это позволяет использовать МЖ в муфтах (патент Англии 824047) и приспособлениях для фиксации различных объектов.

Из МЖ легко готовят оправки любой формы: покрывая эти оправки тем или иным материалом, получают изделия самых причудливых форм (а. с. 497144). В США выдан патент на универсальный ключ, представляющий собой МЖ в продолговатой эластичной оболочке. Ключ вставляется в замочную скважину, затем поджимают МЖ, чтобы она приняла форму внутренней поверхности замка, и заставляют МЖ затвердеть, действуя магнитным полем.

3.3. Для герметизации зазоров в неподвижных деталях используют тот же эффект затвердевания МЖ. Пример: а. с. 438829 на «Заглушку для горловин». Если же детали подвижны относительно друг друга, как например вал и сальник, МЖ оставляют в жидком состоянии, удерживая в зазоре магнитным полем. Подобные уплотнения хорошо держат вакуум, сохраняя работоспособность даже при весьма высоких скоростях вращения вала (до 120 000 об/мин) и температурах свыше 150° С. Типичные примеры: а. с. 544808, 631726, 653470, 651159, 651160, 675248, 661182.

3.4. В неоднородном магнитном поле на погруженное в МЖ тело действует дополнительная выталкивающая сила, направленная в сторону уменьшения напряженности поля. Изменяя вертикальный градиент поля, можно управлять кажущейся плотностью МЖ. Так, по а. с. 504850 стабилизацию грунтовой выработки осуществляют, наполняя забойную камеру МЖ, кажущуюся плотность которой регулируют магнитным полем. Японская фирма «Хитачи» создала сепаратор для извлечения металлов из автомобильного лома. Действие сепаратора основано на возможности менять кажущуюся плотность МЖ, в которую погружен лом: металлы всплывают раздельно — в зависимости от своей плотности. При испытаниях сепаратор извлек из лома 84% содержащегося в нем алюминия.

Придавая МЖ плотность, среднюю между плотностями пустой породы и руды, можно добиться практически полного отделения пустой породы. Аналогично решается и проблема выявления дефектов в немагнитных изделиях, могущих иметь скрытые пустоты и инородные включения.

3.5. Тонкий слой МЖ, вполне прозрачный при отсутствии поля, становится непрозрачным после включения поля. Это позволяет создавать оптические затворы, срабатывающие за 0,01 с. Пример: а.с. 593241.

4. МЖ в задачах на обнаружение и измерение

4.1. Одного килограмма МЖ достаточно, чтобы пометить 100 т нефтепродуктов. Если грязная вода из танкера слита за борт, санитарная инспекция легко обнаруживает это, вылавливая феррочастицы. Поскольку каждая партия МЖ имеет свои особенности (например, размер частиц), нетрудно установить виновника.

4.2. Нефть, поступающая в скважину, несет частицы песка, постепенно скважина сама себя закупоривает. Чтобы восстановить пути притока нефти, производят так называемый гидравлический разрыв пласта: под давлением в сотни атмосфер в скважину закачивают жидкость, создавая сеть трещин в пласте. Возникает задача: как с поверхности определить положение трещин после гидравлического разрыва? А. с. 754347 предлагает красивое решение: в жидкость, используемую при гидроразрыве, добавляют ферромагнитные частицы. Положение трещин можно определить с поверхности с помощью магнитной съемки.

4.3. В а. с. 373669 предложен способ измерения магнитного поля путем регистрации перемещения поплавка в сосуде с МЖ. Здесь используется уже известный нам эффект изменения кажущейся плотности МЖ в зависимости от напряженности магнитного поля.

5. Другие магнито- и электроуправляемые жидкости

5.1. В МЖ феррочастицы взвешены в воде, керосине или масле. Возможны, однако, и другие композиции, например, с использованием расплава металла или жидкого полимера. От «классических» МЖ эти композиции отличаются более крупными феррочастицами и тем, что, затвердевая при изменении температуры, остаются в таком состоянии и после снятия магнитного поля. По заявке ФРГ 2553419 феррочастицы вводятся в припой: это позволяет удерживать припой в зазоре. В а. с. 722740 предложен способ полирования феррочастицами, взвешенными в расплаве свинца. Композицию «феррочастицы плюс полимер» используют для временного перекрытия трубопроводов (а. с. 708108).

5.2. Ближе к «классическим» МЖ так называемые электрореологические жидкости. По патенту США 3253200 такая жидкость состоит из 55% высокоррафинированного белого масла, 5% глицеринового моноолеата и 40% тонкого кварцевого порошка. Смесь наливают в противень и через электроды подводят ток промышленной частоты напряжением в 500—5000 В. Под действием тока жидкость мгновенно твердеет, зажимая уложенные в противень детали. При выключении тока детали освобождаются. По а. с. 425660 в возбудителе направленных колебаний использована суспензия с вязкостью, изменяющейся в электрическом поле: в этой суспензии расположено синхронизирующее приспособление возбудителя. В а. с. 495467 предложен амортизатор транспортного средства: в качестве рабочей жидкости использована взвесь диэлектрических частиц в толуоле, вязкость регулируют электрическим полем.

6. Разбор типичной задачи

6.1. Предложите конструкцию жидкого теплохода.

Задача на первый взгляд дикая. Но теплоход — техническая система, подчиняющаяся тем же законам развития, которым подчинены и другие технические системы. Жесткий корпус судна со временем неизбежно станет гибким, способным «притираться» к водной среде: при движении такого корпуса будет расходоваться меньше энергии на волнообразование.

Четверть века назад большие надежды возлагались на покрытия «ламинфло», имитирующие кожу дельфинов: две эластичные поверхности, соединенные эластичными же столбиками, а между поверхностями демпфирующая жидкость. Буксировка моделей, обтянутых «ламинфло», показала, однако, что сопротивление воды снижается незначительно. Дельфины умеют управлять наружным рельефом своего природного «ламинфло»: меняют рельеф, не давая возникнуть вихрям воды. А техническое «ламинфло» не обладает способностью чувствовать наружное давление и перестраивать рельеф. Как же быть?

Ответ теперь, по-видимому, ясен. В «ламинфло» надо использовать МЖ, это позволит воспринимать изменения внешнего давления и с помощью магнитного поля перестраивать рельеф покрытия. Возможно ли это? Да, вполне. Во всяком случае, на такую конструкцию уже выдано а. с. 457629.

7. Задачи

7.1. В патенте США 3503664 описан телескоп, у которого «труба» частично помещена в жидкость, что облегчает центровку, передвижение. Могли бы Вы предложить лучшую конструкцию? В чем ее суть и каковы преимущества?

7.2. Удивительные свойства МЖ могут быть использованы и в спорте. Попробуйте найти применение МЖ в каком-нибудь спортивном снаряде, устройстве, приспособлении...

7.3. Подумайте о возможности применения МЖ для решения задач, связанных с Вашей работой.

Таблица возможных применений магнитных жидкостей

	Разделы		
Перемещение тел	2.3,	2.4,	3.4
Обработка поверхностей	2.3,	5.1	
Создание напряжения в материалах	2.3		
Управление положением и взаимодействием элементов технических систем	3.1,	3.2,	3.4
Соединение и разъединение деталей, их временное крепление	3.2,	5.2	
Герметизация зазоров	3.3		
Разделение веществ с разной плотностью	3.4		
Оптические затворы	3.5		
Индикация веществ	4.1		
Контроль за перемещением	4.2		
Преобразование энергии	6.1		

Ю. В. Горин

КОРОНА — ИНСТРУМЕНТ РАБОЧИЙ

1. Физическая картина коронного разряда

1.1. Вещества в газообразном состоянии, как правило, не проводят электрический ток. Они — диэлектрики, так как в них нет свободных зарядов. Но достаточно сильное электрическое поле может вызвать в газах ионизацию молекул, и тогда появляются заряды — носители тока. При лавинообразной ионизации в газе возникает самостоятельный электрический разряд. Рассмотрим один из видов разряда — коронный, свойства которого дают возможность широко применять его при творческом решении технических задач.

1.2. Что нужно для того, чтобы возник коронный разряд, или, как говорят, вспыхнула корона? Два электрода — один произволь-

ной формы, другой с малым радиусом кривизны, между ними газ, например воздух, под давлением, близким к атмосферному. Электроды и газ — это вещества. Для построения вепольной системы требуется еще и поле. Электрическое. Оно создается источником высокого напряжения, к полюсам которого подсоединяют электроды. При включении источника между электродами возникает неоднородное электрическое поле. Неоднородность обусловлена большой кривизной поверхности одного из электродов. Так, для провода диаметром 20 мкм, подвешенного над плоскостью на высоте 200 мм, отношение напряженности поля у поверхности провода к напряженности у плоскости равно примерно 10 000.

Начнем повышать напряжение. При некотором его значении, называемом начальным напряжением короны, напряженность поля у поверхности провода будет достаточной для спонтанной ионизации молекул газа. Внешне это выглядит как возникновение на поверхности провода светящегося ореола (на остриях — светящийся венчик, за что коронный разряд и получил свое наименование). В промежутке между электродами возникает электрический ток. Поднимем напряжение. Светящийся ореол (чехол) станет чуть толще, ток увеличится. Предположим, что коронирующий провод подсоединен к отрицательному полюсу (отрицательная корона). Непрерывно появляющиеся в чехле положительные ионы уходят к проводу и там нейтрализуются, электроны выходят из чехла и «прилипают» к молекулам, образующиеся отрицательные ионы под действием поля медленно дрейфуют к положительному электроду. Промежуток разделяется на две зоны — светящийся чехол (толщина — около миллиметра), где идет интенсивная ионизация, и внешнюю, темную зону дрейфа. Такой стационарный режим может существовать в очень широком диапазоне напряжений, причем зависимость тока от напряжения имеет квадратичный характер, что позволяет варьировать ток короны в нужных пределах.

2. Техническое применение короны

2.1. Корона, увы, не всегда полезна. На проводах линий электропередач она создает радиопомехи и вызывает бесполезный расход энергии. С короной борются отчаянно: на ЛЭП-500 (напряжением 500 кВ) ее практически победили, на ЛЭП-750 — ничья, на ЛЭП-1150 корона пока не поддается традиционным методам борьбы с ней.

2.2. Коронный разряд — источник свободных зарядов, ионов и электронов. Заряды возникают в чехле короны и поступают в зону дрейфа, дальнейшим их движением мы можем управлять с помощью полей. Ионы могут использоваться либо непосредственно (носители вещества и заряды), либо для создания зарядов на по-

верхности макрообъектов. Вот несколько примеров технического применения короны.

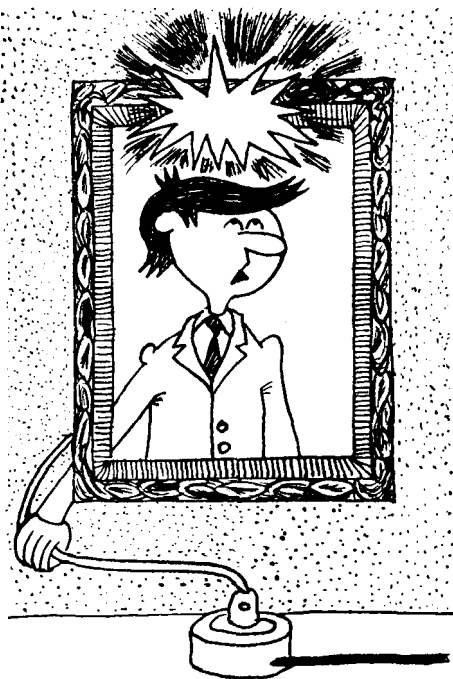
2.2.1. Установки и способы получения заряженных слоев на больших поверхностях. Примеры: а. с. 446956, 433658 (игольчатокоронные нейтрализаторы статического электричества), 504173 (коронатор для электрофотографических аппаратов), 369513, 459742, 494596 (использование слоя зарядов на поверхности листовых и рулонных диэлектрических материалов в качестве своеобразного «электрода» для измерения сопротивления этих материалов).

2.2.2. Электрофильтры, электросепараторы, электроосадительные установки — аппараты, в которых через внешнюю зону короны пропускают вещество в диспергированном виде. Ионы оседают на поверхности частиц, движущихся к осадительным электродам. Примеры: а. с. 553000 (электрофильтр с переменной по длине интенсивностью короны), 445470, 504559, 564883 (электрокоронные сепараторы), 539607 (усиление коагуляции аэрозолей в коронном разряде), 396724, 559726 (электроосаждение порошкообразных материалов), 455314, 511563 (зарядка частиц электрофотографического проявителя).

2.2.3. Регулирование процессов массопереноса. А. с. 582459 (способ дозирования диэлектрических материалов), 573714, 573717.

2.2.4. Управление теплопередачей. Пример: патент США 3763928 «Электростатически управляемый тепловой затвор». Усиление теплопередачи в газе осуществляют поджигом коронного разряда, теплопередача возрастает за счет образования управляемых полей потоков ионизированных молекул и электронов. Другой пример: а. с. 511484 — охлаждение рабочего тела за счет ионизации в короне и последующего отбора энергии в электрическом поле.

2.2.5. Как источник заданного вида ионов коронный разряд применяют в физике при изучении поведения газа в сильных элек-



трических полях, например, в качестве генератора легких ионов (а. с. 366513), в приборах для измерения напряженности поля (а. с. 483631).

2.2.6. Многоплановость применения коронного разряда как источника ионов predeterminedена его уникальными свойствами:

— низкой температурой (в чехле она не выше 150°C , в зоне дрейфа — практически равна температуре окружающей среды, в то время как в дуге или скользящих разрядах — до 1500°C и выше);

— отсутствием движущихся частей (в отличие от трибоэлектрических зарядных установок);

— высокой стабильностью и непрерывностью работы, простотой регулировки;

— высоким КПД, поскольку нагрев в короне мал и почти вся энергия расходуется на разделение и перемещение зарядов.

2.3. Измерение параметров газа в коронном промежутке. Характеристики коронного разряда (начальное напряжение, ток) чувствительны к изменению таких параметров газа, как наличие примесей (в молекулярном и аэрозольном видах), давление, скорость потока.

2.3.1. В патенте США 3742475 предлагается коронно-разрядный датчик загазованности для обнаружения галогенных примесей, например фреона; по патенту США 3569825 примеси электроотрицательных газов измеряются по колебаниям тока коронного разряда. В а. с. 131903, 131904 описан коронно-разрядный датчик для безынерционного анализа газовых смесей, в а. с. 266283 предложен коронный гигрометр.

2.3.2. Осаждение ионов на частицы аэрозоля, находящиеся во внешней зоне, уменьшает ток короны, поскольку частицы движутся медленнее ионов. Естественно, что по уменьшению тока можно измерить концентрацию и гранулометрический состав дисперсной фазы аэрозоля, что и положено в основу различных вариантов такого способа: а. с. 340942, 372483, 453626, 575547.

2.3.3. В а. с. 217656 предложен коронно-разрядный датчик давления газа, в а. с. 486402 — способ определения давления наполняющего газа в лампах накаливания по току коронного разряда.

2.3.4. По а. с. 459733 измерение скорости потока ведут по сносу им ионов, генерируемых в униполярном коронном разряде.

2.4. Корона — саморегулирующийся разряд. При заданном напряжении ток короны ограничивается объемным зарядом, находящимся во внешней зоне. Этот факт составляет основу работы таких приборов, как коронные триоды и коронные стабилизаторы напряжения. Преимущество последних — возможность стабилизировать непосредственно высокое напряжение (десятки киловольт) при значительных рабочих токах. Примеры: а. с. 309478 (стабил--

зация короны), а. с. 315225 (расширение диапазона рабочих токов).

2.5. Чувствительность характеристик короны к изменению размеров и формы коронирующих электродов лежит в основе коронно-разрядных измерителей геометрических параметров электродов. Примеры: а. с. 148527, 163363, 300748, 364885, 369384, 478177, 637699. По а. с. 418729, 756188 измерение диаметра микропровода ведут по свечению коронного чехла. По а. с. 567943 вспышки короны служат индуктором локальных усилений поля, что позволяет обнаруживать микровыступы на плоских проводящих поверхностях.

Типичный пример — а. с. 582914: «1. Способ оценки остроты режущих инструментов путем измерения радиуса округления режущей кромки, отличающийся тем, что с целью повышения точности измерения устанавливают режущую кромку с зазором против электрода, создают между ними электрическое поле, измеряют величину напряжения в момент зажигания коронного разряда, по которой судят о радиусе округления. 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что с целью оценки остроты в отдельных точках кромки на резец подают отрицательный потенциал. 3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что с целью оценки средней величины радиуса округления на резец подают положительный потенциал». Красиво использованы особенности короны — высокая чувствительность начального напряжения к изменению кривизны, дискретность чехла отрицательной короны, когда ионизация и свечение локализируются у участков с наибольшей кривизной, и непрерывность, усредненность чехла положительной короны, когда светящийся ореол обволакивает всю поверхность коронирующего электрода.

2.6. Корона как химический реактор. В чехле короны напряженность поля велика, поэтому там генерируются электроны и кванты света с энергией, достаточной для диссоциации молекул. В результате в чехле могут образовываться химически активные осколки, вызывающие химические реакции. Подбирая состав газа, можно управлять видом и интенсивностью этих реакций. В кислородсодержащих газах в чехле образуется атомарный кислород, соединение которого с молекулами кислорода дает озон (коронные озонаторы).

2.6.1. В некоторых случаях в чехле образуются долгоживущие осколки в заряженном виде (ион-радикал), их можно использовать для обработки поверхностей. Примеры: обработка поверхности кристаллизующегося баббита и поверхности полимеров для увеличения адгезии.

2.6.2. Коронный разряд используют также для создания в больших объемах необходимой ионизационной обстановки (аэроиони-

заторы). Примеры: а. с. 459210 (коронное антисептирование пищевых продуктов), 553280 (интенсификация проращивания зеленого солода), 660612 (повышение урожайности овощей).

3. Разбор типичной задачи

3.1. При производстве микропровода (диаметр — несколько микрометров) иногда образуется брак: вместо круглого сечения — овальное. Обычный способ обнаружения брака состоит в том, что отрезок провода исследуется с помощью электронного микроскопа. Но для этого приходится прерывать производственный процесс. Оптические способы хорошего решения не дают: диаметр провода мал, лучи обтекают провод (явление дифракции). Сложны и ненадежны другие известные способы (индуктивный, емкостной). Как быть?

Дано вещество (микропровод), для построения управляемой вепольной системы нужно ввести еще одно вещество и поле. Какие именно вещество и поле взять и как связать три элемента в систему, теперь ясно: измерение кривизны электрода — одна из основных специальностей коронного разряда (2.5).

4. Задачи

4.1. В сверхпроводящих кабелях жидкий гелий служит и хладагентом, и электрической изоляцией. Электрическая прочность гелия очень сильно зависит от наличия примесей. Прямые испытания (непосредственно в кабеле) на пробой приводят к необратимым изменениям среды. Химический анализ длителен, а результаты (в смысле влияния загрязнений на электрическую прочность) неоднозначны. К тому же он связан с отбором проб, что при наличии многослойной теплоизоляции весьма сложно. Как быть?

4.2. Для нормального проведения многих технологических процессов, использующих порошкообразное сырье, необходимо знать удельную поверхность сырья, т. е. ту суммарную поверхность, которой обладают частицы, содержащиеся в 1 г вещества. Это существенно, например, для химической технологии, где интенсивность многих реакций определяется величиной поверхности. Обычный способ — разделение проб дисперсного материала на фракции с помощью системы сит и далее подсчет по средним значениям с учетом числа фракций и наиболее вероятной формы частиц. Если разделение на фракции грубое — мала точность, разделять на большое число фракций — долго. Предложите простой способ определения удельной поверхности.

Таблица возможных применений коронного разряда

		Разделы	
Коронный разряд — источник свободных зарядов		4.1,	4.2
Использование управляемых потоком ионов для:			

	Разделы	
— создания заряженных слоев на больших поверхностях	2.2.1	
— зарядки аэрозолей	2.2.2,	4.2
— дозировки порошков	2.2.3	
— регулирования теплопередачи	2.2.4	
Изучение физики ионов	2.2.5	
Измерение параметров газа:	2.3	
— состав газовых смесей	2.3.1,	4.1
— параметры взвешенных в газе аэрозолей	2.3.2,	4.2
— давление газа	2.3.3	
— скорость газовых потоков	2.3.4	
Коронные стабилизаторы напряжения	2.4	
Измерение кривизны поверхности (радиусов проводов, кромок)	2.5	
Осуществление химических реакций:		
— озонаторы	2.6	
— аэроионизаторы	2.6.2	
— воздействие на поверхность	2.6.1	

М. С. Померанц

ПОЧТИ ИДЕАЛЬНОЕ ВЕЩЕСТВО

1. Введение

1.1. В декабре 1964 г. в гавани города Эль-Кувейт затонуло судно с 6000 овец на борту. Специалисты прикинули: потребуется полгода, чтобы поднять корабль. Срок был недопустимо большой, потому что из гавани в город подавалась вода, и трупы погибших животных могли вызвать эпидемию. Положение спас датчанин Карл Кройер. Он предложил закачать в затонувшее судно пену, приготовленную из полистирола (такая пена на 98% состоит из воздуха). Изготовили 200 т полистирольных крупинок, закачали их по трубе внутрь корабля — пена вытеснила воду, закупорила небольшие отверстия, оставалось только перекрыть крупные пробоины. 27 миллионов пузырьков пены подняли корабль.

В этой истории хорошо виден стиль технических решений, основанных на применении пены. По условиям задачи нужно заполнить большой объем каким-то веществом — и в то же время нельзя этого делать, поскольку любое вещество имеет более или менее

значительный вес. Пена позволяет совместить несовместимое. Подобно поручику Кижэ из рассказа Ю. Тынянова пена «фигуры не имеет»: вещество в пене есть, но его как бы и нет...

1.2. Пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из ячеек — пузырьков газа (пара), разделенных пленками жидкости (или твердого вещества). Свойства пены определяются, прежде всего, соотношением объемов газовой и жидкой фаз. Отношение объема пены к объему раствора, затраченного на ее изготовление, называют кратностью пены. Другая важная характеристика — стабильность, т. е. время жизни отдельного пузырька или определенного объема пены. Пену характеризуют также дисперсность, оцениваемая по среднему диаметру пузырьков, и структурно-механические свойства, например, способность в течение некоторого времени сохранять свою первоначальную форму.

2. Глушитель, поглотитель, изолятор...

2.1. Поскольку пена образуется двумя веществами — газом и жидкостью, ее можно рассматривать как неполный веполь, легко достраиваемый до полного веполя. Этим объясняется обилие технических решений, в которых пена взаимодействует с тем или иным полем.

2.2. Пена широко применяется в различного рода устройствах для звукопоглощения. Пример: патент США 3589468 на способ снижения шума при механической обработке металла. Зону резания покрывают пеной. Это не только глушит шум, но и позволяет улавливать испарения, дым, стружку. По а. с. 188228 она может быть использована в качестве звукоизолирующего наполнителя корпусов различных машин (в частности, вибраторов), а. с. 473843 предлагает с помощью пены погасить шум работающего двигателя.

2.3. Вепольный анализ рекомендует разрушать ненужные или вредные вепольные системы введением третьего вещества между двумя имеющимися. Принцип прост, но не всегда осуществим на практике, потому что требуется затратить много вещества, а это по тем или иным причинам невозможно. Возникает физическое противоречие: вещество должно быть и вещества не должно быть... Во многих случаях ФП может быть разрешено благодаря «нематериальности» пены. Общеизвестно ее применение в противопожарной технике. Менее известно о все более широком использовании пены при борьбе с холодом, заморозками, обледенением. Примером может служить а. с. 317364 на способ защиты насаждений и посевов от заморозков: полимерная «шуба» из пены безвредна для растений, долго держится, хорошо защищает почву от моро-

за, а при необходимости без затруднений смывается водой. Аналогично осуществляют и защиту трассы строящегося газопровода: пена надежно держит «оборону» против мороза в течение нескольких месяцев. В забоях шахт нет пламени и мороза, но на поверхности забоя образуется избыток тепла, мешающий горнякам. И в этом случае можно использовать пену (а. с. 295887).



2.4. Само по себе применение пены для звуко- и теплоизоляции становится тривиальным. В современных изобретениях реализованы разного рода дополнительные «хитрости». Например, при тушении пожаров с помощью пены возникает дилемма: пена с низкой кратностью (с более высоким содержанием жидкости) лучше выдерживает высокую температуру, но на получение такой пены уходит много воды и реагентов, если же использовать пену с высокой кратностью, снизится устойчивость покрытия. По а. с. 586914 горящую поверхность сначала покрывают слоем пены низкой кратности, а затем наносят слой пены высокой кратности.

2.5. Измельченные материалы, например, руда, уголь, при транспортировке на конвейере сильно пылят. Здесь мы также имеем дело с вредным веподем (транспортируемый порошок, воздух и поле механических сил взаимодействия). Для разрушения веполя надо ввести третье вещество. Но такое вещество резко удорожит и усложнит работу: придется тратить время на покрытие груза, а затем на снятие покрытия и возвращение его к месту погруз-

ки. Противоречие устраняют использованием покрытия из пены (а. с. 338457).

Пыль образуется и после разгрузки порошка — при очистке конвейерной ленты от налипшего материала. Чтобы избежать пылеобразования, и в этом случае используют пену, предварительно покрывая ею конвейерную ленту (а. с. 329084). Итак, пена под грузом и над грузом, может быть, вообще отказаться от конвейера? В а. с. 738534 предложен оригинальный способ посева семян: использован поток пены.

2.6. Жидкости в пене мало, но эта жидкость находится в особом состоянии: тонкие пленки испытывают значительное поверхностное натяжение. Поэтому разрушение пузырьков требует немалой энергии: пенные покрытия способны глушить взрывы, производимые в закрытых помещениях (а. с. 494901). Подсчитано: для 20-кратного уменьшения силы взрыва достаточно покрыть заряд слоем пены, в 15 раз превышающим радиус заряда. Любопытная деталь: для большей эффективности пену упаковывают в полиэтиленовые мешочки, которыми и обкладывают заряд.

3. Изменение свойств жидкости

3.1. Вспенивание резко изменяет свойства жидкости. Так, если вспенить нефть, ее плотность настолько уменьшится, что она сама поднимается из скважины (эрлифт, газлифт). Свойствами пены можно управлять в очень широких пределах, поэтому этот способ применяют в различных технологических процессах, требующих управления параметрами внешней среды. По а. с. 137060 пену используют как среду для управляемого охлаждения при термической обработке металла. В а. с. 338293 предусмотрена среда из пены для охлаждения свободно падающих капелек металла при изготовлении дроби. В а. с. 265068 предлагается вспенивать вязкую жидкость перед проведением массообменных процессов. В а. с. 412970 описано вспенивание смазки, используемой при штамповке. Другой пример: а. с. 426965 (вспенивание жидкости для интенсификации промывки трубопроводов).

3.2. Многие авторские свидетельства и патенты посвящены применению пены с целью повышения эффективности химических процессов (например, а. с. 530019 на способ получения бензотрихлорида).

3.3. Если жидкость содержит взвешенные частицы одного или нескольких веществ, вспенивание может быть использовано для разделения этих частиц (флотация) или отделения их от жидкости. На этом основаны так называемые каскадные установки для очистки промышленных сточных вод.

3.4. При решении задач на обнаружение и измерение пена находит пока сравнительно ограниченное применение. Необходимо отметить, прежде всего, использование ее для обнаружения течей в различного рода оборудовании (а. с. 711407, 712713). Поскольку кратность пены зависит от количества пенообразующих веществ в растворе, то пенообразование может быть использовано для определения концентрации растворов различных поверхностно-активных веществ (а. с. 583119).

4. Псевдопена

4.1. Мыльные пузыри — это частицы пены, которые, как кошка из сказки Киплинга, ходят сами по себе...

Чтобы обеспечить хорошее проветривание помещений, неизбежны натурные испытания: необходимо увидеть движение потоков воздуха. В Англии эта трудная задача была остроумно решена применением мыльных пузырей. Мелкие мыльные пузырьки не искажают картину движения воздуха и позволяют получать отличные снимки потоков.



4.2. Когда Карл Кройер, придумавший «пенный» способ поднятия затонувших кораблей, попытался запатентовать свое изобретение, ему отказали, сославшись на... утенка Дональда, персонажа мультфильмов Уолта Диснея. В одном из фильмов Дональд поднимает затонувший корабль, заполняя его корпус... шариками для пинг-понга. В самом деле, каждый такой шарик может рассматриваться как «отвердевший» мыльный пузырь, а множество соединенных шариков — как «отвердевшая» пена. Такие псевдопузыри и псевдопена обладают ценными качествами — очень высокой стабильностью и прочностью. В а.с. 134988 предложена легкая и прочная конструкция из псевдопены — множества шариков, заключенных в тонкую оболочку. В Дании запатентован способ перевозки хрупких предметов в контейнерах: «обсыпанные» шариками хрупкие предметы не боятся толчков. Много патентов выдано на покрытие поверхности жидкости, например гальванической ванны, панцирями из «шариковой пены».

5. Перспективы

5.1. Пена *близка к* идеальному веществу: почти ничего не весит, почти ничего не стоит... Поэтому даже простое применение обычной пены часто дает сильные технические решения. Но следует ожидать более широкого применения решений, в которых реализованы разного рода дополнительные приемы. Давно известны пористые шлифовальные круги («отвердевшая пена»). «Хитрость» а.с. 195095 в том, что наряду с обычными мелкими порами, круг имеет и большие поры, способствующие удалению стружки и придающие кругу эластичность. Другая оригинальная идея (а.с. 464907): моделирование с помощью пены и мыльных пузырей разного рода сооружений — оболочек, перекрытий, баков. Вспенивать можно и жидкости, обладающие магнитными свойствами. Это открывает перспективу получения пены, легко управляемой магнитным полем.

Согласно древнегреческому мифу богиня красоты Афродита возникла из пены. Проверить истинность этого утверждения трудно. Но то, что пена рождает оригинальные технические решения,— это факт...

6. Разбор типичной задачи

6.1. Для очистки сточных вод от плавающего по их поверхности слоя нефти было предложено сжигать нефть. Однако тепло, создаваемое горелкой, уходило вглубь, нефть не воспламенялась...

Типичная задача на разрушение вредного вещества. Между двумя имеющимися веществами — водой и нефтью — должно быть

введено третье вещество, являющееся видоизменением одного из данных веществ. Таким веществом может быть пена, образованная из нефти. Если вспенить верхний слой жидкости, нефть будет отделена от воды и станет горючей (а. с. 707894).

7. Задачи

7.1. После разгрузки нефтеналивного судна в его танках остается взрывоопасная смесь. Как избавиться от нее?

7.2. При опрыскивании посевов жидкими удобрениями возникает проблема: как избежать повторной обработки одних и тех же участков? Чем отметить проход трактора? Обычно по ходу машины втыкают столбики или же поливают почву краской. Чтобы втыкать столбики, нужен специальный рабочий. Краска смывается дождем, да и видна она только тогда, когда растения низкие. Как быть?

7.3. При сейсмических воздействиях наибольшие инерционные нагрузки приходится на верхний откос плотины (наверху вода раскачивается сильнее). Предположим, стало известно, что в ближайшие часы возможны сейсмолочки. Как защитить верхний откос плотины от воздействия больших инерционных нагрузок?

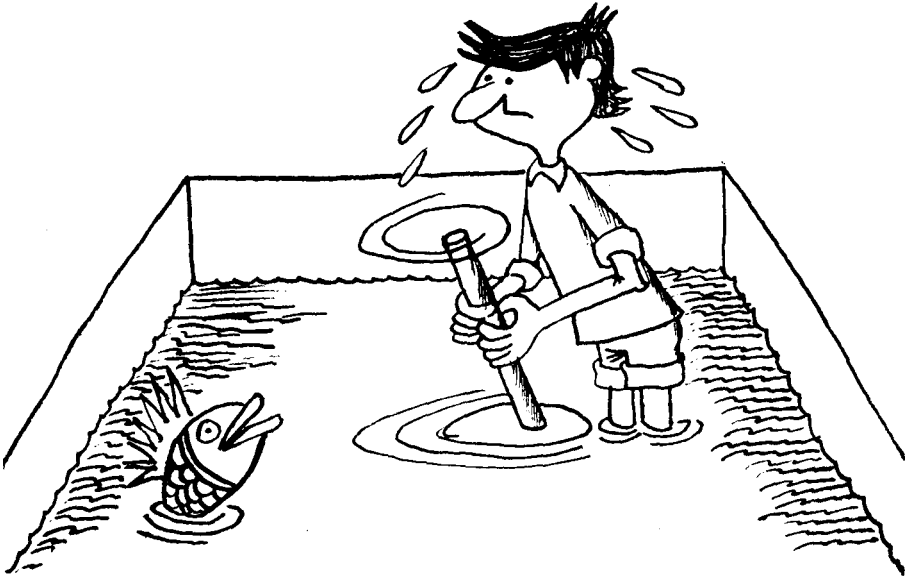
Таблица возможных применений пены

	Разделы		
Заполнение больших объемов при малом расходе вещества	1,1		
Звукоизоляция, глушение ударных волн	2,2,	2,6	
Пожаротушение. Тепло- и холодоизоляция	2,3,	2,4	
Борьба с пылеобразованием	2,5		
Изменение свойств жидкой среды. Интенсификация процессов в жидкой среде. Покрытие поверхности жидкости	3,1,	4,2,	6.1
Разделение взвесей, очистка жидкостей	3,3		
Обнаружение течей	3,4		
Изучение воздушных потоков	4,1		
Защита хрупких объектов	4,2		
Моделирование оболочек	5,1		

ТОНУТЬ ИЛИ НЕ ТОНУТЬ...

1. Введение

1.1. С чего начинается физика? Наверное, с таких простых законов, как закон Архимеда. Его изучают уже в 6-м классе и весьма подробно: тут и рассказ о царе Гиероне, и легенда об Архимеде, выскочившем из ванны с криком «Эврика!», и «теория плавания тел», и задачи.



Задача о бассейне. Имеется бассейн с водой: площадь 25 м^2 , глубина 10 м . Температура верхних слоев 60°С , нижние, более плотные слои охлаждены до 10°С . Как именно нагреваются верхние слои и почему охлаждаются нижние — это вне задачи. Нужно обеспечить выравнивание температур воды в бассейне. Применение насосов и мешалок недопустимо.

Идеальное решение: горячая вода — вопреки закону Архимеда — сама опускается вниз, а холодная — снова вопреки тому же закону — сама поднимается вверх. Надо обойти закон Архимеда — только и всего. При этом выравнивание температур должно осуществляться не один раз, а многократно, поскольку верхние слои все время прогреваются, а нижние — охлаждаются.

1.2. В гравитационном поле на всякое тело, находящееся в жид-

кости или газе, действует сила, направленная противоположно силам поля (на Земле — вертикально вверх) и равная силе притяжения (весу) той части жидкости, которая вытеснена телом. Это и есть закон Архимеда. Он назвал силу «подъемной», иногда ее называют поддерживающей, выталкивающей, архимедовой и т. д. Физически важно лишь, что источником этой силы является гравитационное поле.

1.3. В технических приложениях закона Архимеда необходимо учитывать следующее:

1.3.1. Для существования архимедовых сил тело обязательно должно иметь нижнюю поверхность. Заполненная газом, например, цилиндрическая бочка, нижний торец которой герметично прилегает ко дну водоема, не всплывает, для всплытия нужно обязательно обеспечить доступ жидкости под бочку. По а. с. 280251 такая бочка используется в качестве мертвого якоря.

1.3.2. Поскольку архимедова сила обусловлена только градиентом гидростатического давления, но не самим давлением, регулировать эту силу путем изменения внешнего давления невозможно. Этот запрет справедлив только для несжимаемых тел и несжимаемой жидкости.

1.3.3. Если сжимаемость жидкости больше сжимаемости погруженного в нее тела, то увеличение внешнего давления приводит к подвсплытию тела. И наоборот. Естественно, что наиболее четко это явление можно наблюдать (и использовать) в газах, где внешним давлением можно изменять плотность среды в весьма значительных пределах. Пример: а. с. 527637 на способ определения вязкости и плотности жидкости путем изменения плотности рабочего тела (поплавка) под действием избыточного давления.

2. Поплавки, бипоплавки, антипоплавки

2.1. Наша техника прикована к планете силой тяжести, и поскольку архимедовы силы позволяют компенсировать тяжесть, они находят широкое применение. Технически такая компенсация осуществляется по одному рецепту: объект (или его часть) превращается в поплавок.

Поплавки могут нести разный груз и иметь разную систему регулировки грузоподъемности. Отсюда бесконечное многообразие поплавков. Так, в а. с. 445843, 510646, 601574 описаны поплавок-уровнемеры, несущие герконы; по а. с. 417691 поплавок-уровнемер снабжен измерительной лентой, по а. с. 429282 — индуктивным датчиком, по а. с. 411306 — устройством термокомпенсации... Интересно отметить, что аналогичные технические решения отдельно патентуются для поплавков-плотномеров (а. с. 489016, 655931, 691734, и т. д.).

2.2. Любой объект может на время стать поплавком. По а. с. 500150 контейнер с плодами погружают в бак с водой, и нежные плоды всплывают из тары без повреждений. В а. с. 205682 обратную операцию проводят с железнодорожной платформой, чтобы облегчить погрузку лесоматериалов. А. с. 119805 предлагает вести выгрузку камня из барж, затопля трюмы водой...

2.3. Вес объектов, с которыми приходится иметь дело современной технике, быстро возрастает. Поэтому закономерно, что для управления перемещением таких объектов все чаще и чаще используют архимедову силу: а. с. 343898 (сборку дирижаблей ведут на воде, располагая отдельные части на понтонах-поплавках), а. с. 789264 (сборку и сварку резервуаров производят на воде), а. с. 505406 (поплавок выполняет функции поворотного круга для тяжелых магистральных локомотивов) и т. д.

2.4. Широко используют в технике своего рода «би-эффект Архимеда» — сдвоенные поплавки разной плотности. Так, в патенте США 3566699 описан сдвоенный поплавок-плотномер для определения плотности бурового раствора. В а. с. 445889 — плотномер для нефти с попарным соединением шаров разной плотности, в а. с. 659452 — буй с поплавками разной плавучести и т. д.

2.5. Применение поплавков по прямому назначению становится тривиальным. Но что вы скажете, например, о поплавке, который в нужный момент умеет превращаться в антипоплавок? По патенту США 3244138 в бензобаке автомобиля плавает шарик. Пока бензина много, шарик ведет себя тихо (по «экватору» у него мягкий пояс, удары о стенки бака не слышны). Когда же бензина остается мало, поплавок «садится» на дно, теряет плавучесть... и получается погремушка: поплавок (теперь уже антипоплавок!) громко стучит о дно бака, напоминая водителю, что нужно срочно ехать на заправку. Абсолютно надежный и предельно дешевый сигнализатор минимального уровня жидкости...

2.6. Поплавки, конечно, могут быть и жидкие, и газообразные, и комбинированные. В а. с. 637336 предложен поплавок-крышка для расплава стекла: сделан поплавок тоже из стекломассы, но с меньшим удельным весом.

2.7. Архимедова сила может быть использована для сортировки и разделения объектов, отличающихся по удельному весу. Так, в а. с. 441882 описан «архимедов» способ фракционного разделения семян и примесей.

2.8. В патенте США 3813947 предложено с помощью закона Архимеда определять массу твердых частиц и суспензии в процессе ее мокрого просеивания. Это — одно из бесчисленных применений закона Архимеда для решения измерительных задач. Тут тоже свой слой нетривиальных технических решений.

3. То, что вокруг поплавок

3.1. Поплавок — элемент вепольной системы, включающей второе вещество (жидкость) и гравитационное поле. Поэтому можно повышать эффективность работы поплавков, видоизменяя жидкость, в которой они работают. Управлять гравитационным полем мы пока не можем, но ничто не мешает вводить в систему другие поля (магнитное, электрическое, центробежное), действующие на жидкость.

3.2. В а. с. 332989 предложена поплавокная система (для сварочного манипулятора). Поплавок здесь находится в жидкости, состоящей из несмешивающихся слоев разной плотности. Нижние слои имеют высокую плотность, поэтому в начале всплытия поплавок обладает большей подъемной силой.

3.3. По а. с. 527280 в сварочном манипуляторе поплавок находится в магнитной жидкости, а вокруг емкости с жидкостью расположена обмотка. Регулируя проходящий по ней ток, управляют псевдоплотностью жидкости и, следовательно, величиной подъемной силы.

3.4. Существуют три метода регулирования выталкивающей силы с помощью магнитного поля:

3.4.1. Магнитогидродинамический метод. Изменение псевдоплотности достигается пропусканием электрического тока через жидкость, помещенную в магнитное поле (ток перпендикулярен силовым линиям поля). Выталкивающая сила пропорциональна магнитной проницаемости жидкости и произведению плотности тока на напряженность магнитного поля. Достоинство метода в простоте регулировки. Недостаток — годятся только проводящие и немагнитные жидкости. В промышленных установках (обогащение угля в шахтных водах) достигнуто пятикратное «утяжеление». Пример: а. с. 789243.

3.4.2. Метод магнитных жидкостей. Используют неэлектропроводные жидкости с большой магнитной восприимчивостью, например, водные растворы парамагнитных солей, образующихся при химических реакциях железа, никеля, марганца с серной, соляной, азотной кислотами. Дополнительная подъемная сила пропорциональна объему частиц, разности восприимчивостей жидкости и частиц, величине и градиенту напряженности магнитного поля. (Пример — 3.3).

3.4.3. Метод феррожидкости. Дополнительная подъемная сила пропорциональна напряженности поля и ее градиенту, а также магнитной восприимчивости. В лабораторных условиях удалось достичь «облегчения» тела в сотни раз, в больших объемах — в пять раз.

3.5. Все эти методы годятся не только для «утяжеления» или

«облегчения», но и для измерения параметров магнитного поля. Так, в а. с. 373669 измерение параметров магнитного поля ведут по величине подъемной силы, действующей на поплавков в этом поле.

3.6. Наблюдается, как уже отмечалось, тенденция к превращению «сухопутных» объектов в поплавоквые. Дальнейшее развитие должно идти в направлении перехода к системам с управляемой псевдоплотностью. Например, по а. с. 485380 предложено определять качество мяса путем последовательного погружения пробы в растворы поваренной соли различной концентрации, то есть различной плотности. Хорошее мясо при определенной плотности раствора тонет. Нетрудно спрогнозировать следующее техническое решение: будет применен один раствор с регулируемой псевдоплотностью, или, иначе, с регулируемым кажущимся удельным весом.

4. Разбор типичной задачи

4.1. При строительстве тяжелых сооружений на насыщенных водой грунтах сначала возводят замкнутую по периметру водонепроницаемую емкость. Допустим, требуется смонтировать насосную станцию из четырех агрегатов, а подъемный кран один. При последовательной сборке станция неизбежно получит крен.

Традиционные пути решения задачи: а) на время сборки заморозить грунт (техническое противоречие: перекося не будет, но потребуется дорогое и сложное оборудование); б) сделать емкость с очень широким дном (перекося не будет, но стоимость сооружения существенно возрастет). Физическое противоречие: емкость должна быть все время равномерно нагружена, чтобы не возникал перекося, и емкость должна быть нагружена несимметрично, чтобы можно было вести последовательный монтаж. Противоречие разрешается разделением в пространстве: разделим емкость — одна ее часть будет плавать в другой. При этом нижняя будет давить на грунт равномерно, а верхняя — сколько угодно крениться под действием неравномерной нагрузки. А. с. 485199: в емкости сооружают пустотелое основание (поплавков!), заполняют емкость водой до всплытия основания и в процессе монтажа поддерживают основание в плавающем состоянии.

5. Задачи

5.1. Микровесы имеют электромагнитную систему, состоящую из неподвижного соленоида и размещенного в нем стержневого постоянного магнита, к которому присоединена грузоприемная часть. При включении тока магнит втягивается в соленоид и повисает. На чашу кладут взвешиваемую массу, магнит чуть опускается. Автомат увеличивает ток и возвращает магнит на место, по разности токов судят о взвешиваемой массе. Точность и чувствительность весов ог-

раничены тем, что поле в соленоиде должно удерживать еще и магнит с чашей, а они в десятки раз массивнее взвешиваемых предметов. Не меняя принципа действия, надо существенно повысить чувствительность весов. Чтобы легче было решить задачу, начните с формулировки ИКР: внешняя среда сама... и т. д.

5.2. При испытаниях турбин требуется определять координаты центра тяжести пера турбинной лопадки (т. е. однородного тела сложной формы). Для каждого отдельно взятого пера это нетрудно. Но как найти центр тяжести пера, не отделяя перо от всего устройства?

5.3. «На дом» остается задача о бассейне из 1.1. Наверное, вы ее пробовали уже усилить. Задача бросает вам вызов...

Таблица возможных применений архимедовых сил

	Разделы		
Регулирование плавучести тел	1.3.3, 3.4.1, 3.4.3	3.2, 3.4.2,	
Компенсация веса объектов	2.1,	2.2,	4.1
Сборка тяжелых или громоздких объектов	2.3		
Разделение, сортировка, сепарация объектов по удельному весу	2.7		
Измерение плотности, вязкости	1.3.3, 2.4,	2.1, 2.8	
Измерение уровня	2.1,	2.5	
Измерение параметров магнитного поля	3.5		

**Г. С. Альтшуллер
Ю. В. Горин**

ОТТАЛКИВАТЬСЯ — ПРИТЯГИВАТЬСЯ...

1. Введение

1.1. Как все просто! Существуют два рода электрических зарядов — положительные и отрицательные, причем заряды одинакового знака взаимно отталкиваются, а противоположного — притягиваются. В наши дни это всего лишь будничный факт начальной физики, не больше. А ведь какое впечатление произвело на современников открытие «стеклянного» и «соляного» зарядов! В 1733 г. Шарль Франсуа Дюфе сделал доклад в Парижской Академии, показал простенькие опыты — и это вызвало подлинную сенсацию:

а вдруг все нерешенные научные проблемы можно свести к игре зарядов?! Какое-то время казалось, что найден прямой и короткий путь к познанию всех тайн природы. Посмотрев опыты Дюфе, король Людовик XV высказал мысль о том, что теперь, надо полагать, будет постигнута и таинственная природа любви...

Увлечение открытием Дюфе быстро прошло, но в наши дни, четверть тысячелетия спустя, можно констатировать, что надежды, возлагаемые на это открытие, в общем, оправдались (хотя природа любви осталась столь же таинственной, как и во времена Людовика XV). Опыты Дюфе закономерно вели к исследованиям Кулона, Гальвани, Вольта, Петрова... Постепенно возникало учение об электричестве, и держалось это учение — как опрокинутая пирамида — на острие изначальных опытов по отталкиванию-притягиванию.

1.2. И вот что интересно. Даже сегодня среди бесчисленных применений электричества можно легко выделить линию технических решений, основанных на все том же отталкивании-притягивании. Порой это очень изящные решения! Вот пример. Давным-давно известно искусственное опыление растений методом обдувания. Однако растения за сотни миллионов лет эволюции научились сопротивляться внешним воздействиям: дуй на цветок сколько хочешь, он не раскроется... Как же быть? Поколения школьников и студентов рассматривали в учебниках (и в природе), как раздвигаются одноименно заряженные лепестки электроскопа, но только в 1980 г. было выдано а. с. 755247: лепестки цветка «раскрывают посредством воздействия на них электрического заряда». Красоту этого решения мог бы, пожалуй, оценить и Шарль Франсуа Дюфе: по должности он был директором ботанического сада. А вот почему так запоздало изобретение — об этом думать нам...

2. Девиз: управлять частицами в любой среде

2.1. С позиций ТРИЗ обилие и изящная простота технических решений типа «отталкиваются-притягиваются» объясняется легко. Есть одно вещество (или два не взаимодействующих) — осколок веполя. Мы переходим к полному веполю — двум взаимодействующим веществам, управляемым электрическим полем. Постройка веполя без введения дополнительных веществ почти всегда дает простые и сильные решения. Пример: патент Японии 13171 на способ добавки порошкообразных металлов в жидкую сталь. Порошок заряжают положительно, сталь — отрицательно, в результате увеличивается насыщение стали порошком, уменьшаются потери.

2.2. Возможность обойтись без введения посторонних веществ особенно важна, если приходится работать с биологическими объектами. Мы это уже видели на примере с опылением цветов. Дру-

гой пример: а. с. 454488 на способ определения знака и величины заряда семян по отклонению их в электростатическом поле. Аналогично ведут и сортировку грены тутового шелкопряда (а. с. 554850).

2.3. Одна из главных тенденций развития технических систем — переход к работе со все более и более мелкими частицами. Идет процесс миниатюризации рабочих органов машин. Дробятся и вещества, с которыми машины работают. Электростатика позволяет управлять множеством мелких вепольных систем — в этом ее сила. Типичнейший пример: а. с. 120753 на способ получения бетона, отличающийся тем, что цемент и воду, распыленные механическим способом в виде аэрозолей, подвергают дальнейшему дроблению с одновременной зарядкой униполярным электричеством, затем два распыленных и противоположно заряженных потока цемента и воды подают в реактивную камеру. Изобретение сделано в 1959 г. Одиннадцать лет спустя выдано а. с. 259019 на способ коагуляции аэрозолей: пылевой поток разделяют на две части... словом, все по тексту а. с. 120753. Еще через шесть лет в а. с. 517799 предложено заряжать частицы сыпучего материала — для изменения плотности их потока при дозировании... Таких изобретений-близнецов очень много. Плагиат? Нет. Просто все эти технические решения основаны на одном и том же физическом эффекте, используемом в чистом виде. Тут, как говорится, ни прибавить, ни убавить...

2.4. И все-таки, если вспомнить способ опыления растений, надо отметить: даже прямое применение электростатики может давать решения оригинальные, неожиданные. Создан, например, двухслойный материал: внутренний слой электризуется в обратной зависимости от температуры — это сказывается на состоянии внешнего слоя, напоминающего перья птиц. Зимой одежда из такого материала становится пушистой — перья топорщатся, отталкиваясь друг от друга. Летом перьевой слой плотно прилегает к основе.

2.5. Порой удивляет и размах изобретений. По а. с. 456383 на вершину молниеотвода подают «высокий потенциал с полярностью, противоположной полярности молний». Авторы вполне могли бы воскликнуть: «Ну, молния, погоди!..»

2.6. Все приведенные выше технические решения относятся к движению частиц в газовой среде. Разумеется, среда может быть и жидкой. Так, по а. с. 768454 с помощью электрических зарядов управляют полимеризацией веществ в растворе. Среда может быть и твердой, если в ней есть поры: мелкие заряженные частицы пройдут сквозь такую среду. По а. с. 306606 для декоративной отделки в бетонную смесь вводят заряженный краситель, а металлическую форму подключают к полюсу, противоположному по зна-

ку заряду частиц добавки. В патенте США 3748535 притяжением заряженных частиц почвенной влаги охлаждают врытый в землю бак трансформатора.

2.7. Итак, управление любыми частицами в любой среде. По а. с. 562418 «засаливание» абразивного круга предотвращают, заряжая круг и обрабатываемые детали одноименными зарядами. Патент США 3562509 предлагает аналогичную защиту солнечных отражателей: пылинки обычно заряжены положительно, отражателю тоже придают положительный потенциал. По а. с. 574246 мелкие частицы помещают в конденсатор, нижней обкладкой которого служит металлическое сито. Перезаряжаясь на обкладках, частицы прыгают вверх-вниз, сито не забивается, интенсивнее идет просеивание. Подобные «прыжки с перезарядкой» можно использовать для обработки поверхности — как за счет механического действия частиц, так и за счет электрических разрядов, возникающих при приближении частиц к поверхности изделия. Кстати, разряды сопровождаются световой вспышкой, интенсивность которой зависит от величины заряда, а величина заряда — от размеров частиц, отсюда способ определения этих размеров (а. с. 272663).

2.8. Заряды на обкладках конденсатора не только притягиваются или отталкиваются, они втягивают в «игру» и частицы среды. На этом основано, например, а. с. 497106: металл можно охладить (за счет интенсификации движения воздуха), зарядив его положительно, а расположенную над ним металлическую пластину — отрицательно.

3. Сильна электростатика

3.1. Всем известен простой опыт: наэлектризованный предмет притягивает незаряженные частицы (расческа — кусочки бумаги). Это — прототип множества технических решений, использующих электростатическую индукцию. Так, по патенту ГДР 105340 электростатическая индукция вырабатывает сигнал — предупреждение об опасном приближении транспортного средства к источнику высокого напряжения.

3.2. Нейтральное тело вытянутой формы, помещенное в электростатическое поле, из-за электростатической индукции превращается в диполь. Поле стремится этот диполь повернуть и вытянуть вдоль силовой линии. В неоднородном поле диполь еще вытягивается и в область повышенной напряженности поля. На этом основаны, например, а. с. 446315 (сепарация диэлектрических волокон в неоднородном поле) и а. с. 563437 на способ сушки меховых шкурок в электростатическом поле (волоски «становятся дыбом»). Другие примеры: электростатическое втягивание в конденсатор за-

слонки дозатора жидкости (а. с. 493641), управление потоками волокон (а. с. 638656), интенсификация процессов полимеризации (а. с. 563427, 597368) и др.

3.3. Электростатические силы могут нежно переносить почти невесомые частицы. Но это отнюдь не означает, что те же силы не в состоянии создавать больших давлений. Электростатика весьма сильна! Если полимерную пленку, помещенную на чистую поверхность металла, зарядить электричеством одного знака, то в результате индукции под пленкой появятся заряды другого знака, и возникшие силы притяжения плотно прижмут пленку к металлу. Произойдет «бесклеевое склеивание». Даже после саморазряда пленки давление адгезии может составлять несколько атмосфер. Это явление использовано в а. с. 311241: при глянцевании фотографии электростатика — без всяких механических накатывающих устройств — плотно и равномерно прижимает снимки к металлу. По а. с. 469030 радиус изгиба пленочного солнечного концентратора регулируют подачей электростатического потенциала.

3.4. Электростатические силы используют для безопорной подвески роторов гироскопов. Примеры: патент ФРГ 2150266, патенты США 3495465 и 3496750, патент СССР 429958 на электростатический акселерометр. Электростатическая подвеска — в отличие от всех других видов подвески — бестормозная. Для гироскопов это очень важно, и такая подвеска гироскопов появилась бы давно, если бы не уверенность, что «этого не может быть», поскольку есть теорема Ирншоу, согласно которой стационарная подвеска в электростатическом поле невозможна. Как часто бывает в технике, оказалось, что можно накормить волков и сохранить овец: ввели систему слежения и обратной связи. Теорема Ирншоу сохранила свою силу, а безопорные гироскопы стали работать вполне устойчиво.

4. Если к плюсу прибавить минус...

4.1. Сильна электростатика! Но именно поэтому иногда она бывает вредной. Человек, гуляя по синтетическому ковру, может зарядиться до 20 кВ и набрать энергию порядка 20 мДж. Эта энергия способна вызвать электрический разряд с довольно опасными последствиями, ибо порог чувствительности для человека — всего около 1 мДж, а для воспламенения многих пылегазовых смесей достаточно от 0,005 до 0,1 мДж. Патентная информация по борьбе со статическим электричеством весьма обширна. Прежде всего, это способы компенсации возникающих зарядов. Плюс, прибавленный к минусу, тут не просто ноль, а ликвидация статического электричества... Примеры: а. с. 518877, **451293**, **465761** и др. Немало изоб-

ретений посвящено борьбе со статическим электричеством, созданию путей для его отвода, утечки (патент США 3757164, патент Франции 2204979, а. с. 505753 и др.).



4.2. Заряды (предположим, заряженные капельки краски) ринулись к изделию. На поверхности изделия образуется заряженный слой, отталкивающий летящие вслед капельки. Покрытие получается рыхлым. Как быть? Задача несложная. Нужно поочередно подавать «кванты» капель разной полярности (а. с. 240505, 260154, 418220, 544935 и др.). Один слой плотно впечатывается в другой: сумма плюса и минуса в этом случае равна увеличению плотности.

5. Разбор типичной задачи

5.1. На тонкую пленку из полистирола напылен тончайший слой алюминия. Требуется определить силу адгезии между полистиролом и алюминием.

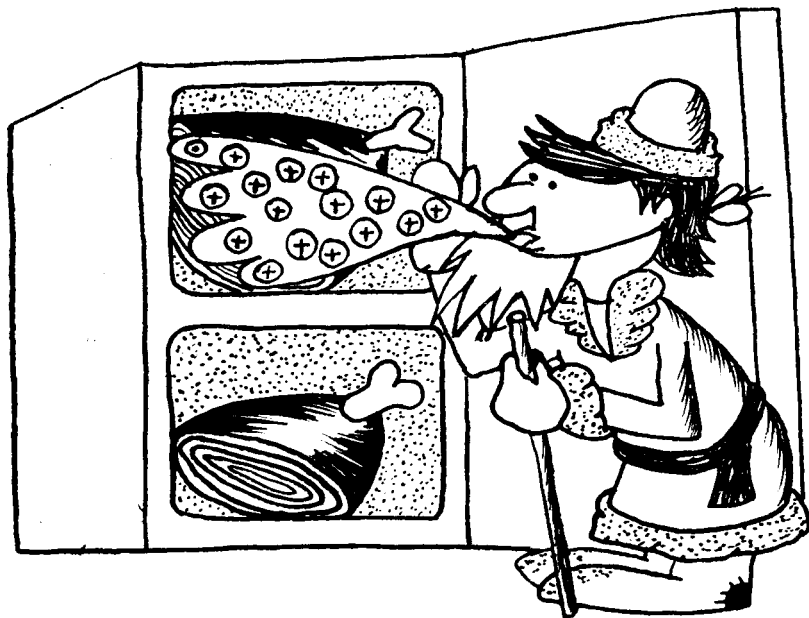
ИКР — идеальный конечный результат: «Внешняя среда сама отделяет слои друг от друга, причем отделяющая сила нарастает постепенно и легко поддается измерению». Даны два вещества, значит для постройки вепольной системы необходимо ввести поле.

Ответ: полистироловую пленку и алюминий заряжают одноименными зарядами. Электростатическая сила отталкивания в общем случае пропорциональна квадрату напряженности поля и потому зависит от величины заряда. Постепенно увеличивая заряд, можно получить «шелушение» напыленного металлического слоя. К моменту начала «шелушения» сила электростатического отталкивания равна силе адгезии.

6. Задачи

6.1. На электронном микроскопе изучают лунку, образующуюся на поверхности поршня в результате электроразряда. Поместить поршень в микроскоп нельзя, поэтому с лунки делают «реплику» — углеродистый слепок. Чтобы «реплика» хорошо копировала лунку, она должна прилегать к ее поверхности очень плотно. А чтобы «реплику» можно было легко отделить, не повредив, адгезия должна быть предельно малой. Ваше решение?

6.2. Нужна заслонка, регулирующая теплообмен между двумя отсеками аппарата, соединенными «дыркой». Площадь «дырки» — 100 см^2 . Стенка вокруг «дырки» абсолютно недоступна для размещения каких-либо механизмов, их можно поместить только в самой «дырке». Энергопотребление должно быть близко к нулю. Что Вы предлагаете?



6.3. Чтобы замороженное мясо не теряло воду (потеря воды резко ухудшает качество), говяжью тушу окутывают защитной «шубой» инея. Устраивают в холодильной камере туман, и мельчайшие капельки воды оседают на ту-

ше. К сожалению, на образование «шубы» нужно много времени. Разумеется, Вы сразу же догадались: на туше должны быть заряды одного знака, на капельках — другого. Прекрасно! Нас интересует другой вопрос, связанный с повторением пройденного: как зарядить маленькие капельки? Ведь не будешь заряжать каждую в отдельности...

Таблица возможных применений электростатических сил

	Разделы		
Управление положением и движением частиц, капель, волокон, нитей и т. п.	1.2,	2,	3.2
Определение заряда, размеров и скорости частиц, нитей и т. п.	2.2,	2.7	
Регулирование теплового взаимодействия со средой	2.4,	2.8,	3.2
Создание сил притяжения и отталкивания между слоями веществ. Деформация	3.3,	4.2,	5.1
Безопорная подвеска	3.4		
Ликвидация статического электричества	4.1		

Е. Н. Козаченко

ПЬЕЗОФЕЙЕРВЕРК

1. Введение

1.1. Англия. Вилла в окрестностях Лондона. Шум, много света, гости... Обычный великосветский прием.

— Посмотрите, — говорит хозяин дома, — на этой старинной люстре снизу видна надпись: «Дамоклов меч».

Действительно, если встать точно под центр массивной бронзовой люстры, можно увидеть какую-то надпись. Гости поочередно подходят к люстре, пытаясь разобрать буквы. И вдруг общий крик ужаса: люстра срывается с подвески. Убит один из гостей — несчастный случай, что поделаешь...

Но сыщик-любитель (разумеется, случайно оказавшийся среди гостей) думает иначе. И начинает расследование. Установлено: хозяин знал, что среди гостей будет любовник его жены. Об этом человеке хозяину было известно только одно — весит он 86 кг. Но не взвешивать же всех гостей... Впрочем, преступник именно

так и поступил. Он подложил под дощечку паркета пьезодатчик, и когда на дощечку встал человек, весящий 86 кг, датчик послал сигнал на устройство, имитирующее короткое замыкание и пережигающее провод подвески...

Описание дальнейших подвигов сыщика-любителя читатель может найти в рассказе Д. Дихтера и Я. Куницкого «Убийство кристаллом»¹. Для нас интересны не эти подвиги, а наглядная иллюстрация одной из самых типичных схем с пьезоэлементом.

1.2. Суть пьезоэффекта заключается в появлении электрических зарядов на противоположных гранях некоторых кристаллов при их деформации. Открыт пьезоэффект в 1880 г. Жаком и Пьером Кюри. Они же в 1881 году открыли обратный пьезоэффект: изменение размеров кристалла под действием электрического поля.

Братья Кюри использовали в своих опытах кристаллы турмалина, кварца, сегнетовой соли. Ныне в пьезоустройствах применяют иные материалы, например, титанат бария, сульфоидид сурьмы, цирконат-титанат свинца (ЦТС).

2. И возгорится искра

2.1. Электрическое напряжение, возникающее на пьезокристалле, прямо пропорционально заряду на его гранях и обратно пропорционально емкости кристалла. Если взять кристалл узкий и удлиненный, емкость будет мала, следовательно, при ударе или сжатии можно получить высокое напряжение. Пьезогенераторы высоких напряжений (ПВН) находят особенно широкое применение при решении задач, связанных с получением искровых разрядов.

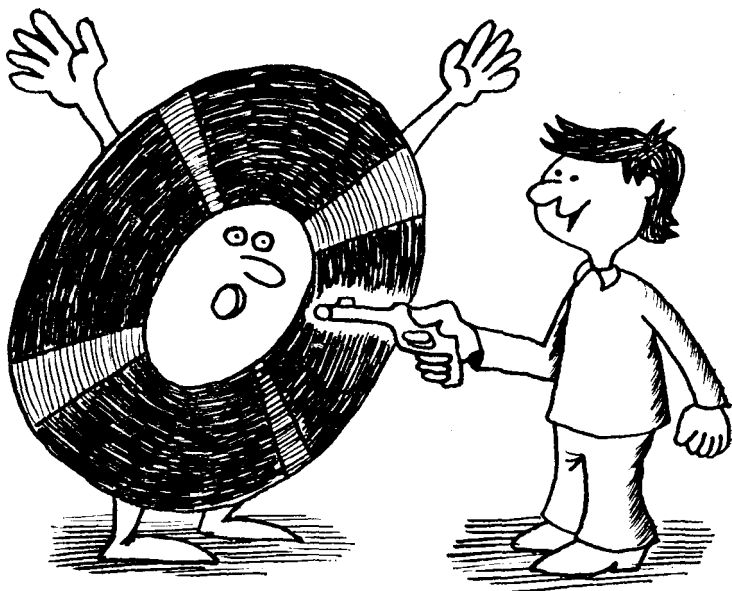
Выдано, например, множество патентов на ПВН для создания искры в газовых зажигалках (заявки Великобритании 1319051, 1319101, 1394279 и др.). По патентам США 3880572 и 3919570 пьезогенератор использован в фотовспышке. Оригинальное применение ПВН нашли советские изобретатели Э. Каган и В. Санжапов: созданный ПВН импульс проверяет состояние свечей двигателя, наличие на них нагара, трещин. Разумеется, используют ПВН и для генерирования искр в системах зажигания двигателей (патенты Великобритании 780673, 818710, патенты США 2717589, 2717916 и др.).

2.2. Искрообразование — это, так сказать, яркая, но крайняя форма «самовыражения» электрического поля. Чаще всего до искр дело не доходит, образуются лишь заряженные частицы. Отсюда еще одно важное применение ПВН: электризация мелкодисперсных частиц для лучшего управления ими. И смежное применение:

¹ Научная фантастика. Вып. 15-й.—М.: Знание, 1974.

нейтрализация уже имеющихся зарядов, например, ликвидация статического электричества.

Фирма «Кэмбридж электро сайенсид» выпустила пьезоэлектрический пистолет «Зеростат» для снятия статических зарядов



с грампластинок. В рукоятке пистолета расположен ПВН, электрическое поле выводится на острие в дуле пистолета. При нажатии на рычаг, ПВН ионизирует воздух около дула. Образовавшиеся ионы нейтрализуют статические заряды, возникшие при трении пластинки о конверт.

3. Выслушивать, прослушивать...

3.1. Если механическое воздействие невелико, пьезоэлемент (т. е. пьезокристалл с электродами) превращается из генератора в датчик: энергии хватает только на сигнализацию. Большинство современных пьезодатчиков выполнено в виде биморфа, т. е. сдвоенной пластинки (одна пластинка наклеена на другую). Биморфы обладают повышенной чувствительностью и дают меньшую температурную погрешность.

Типичный пьезодатчик описан, например, в заявке Франции 2195143. Представьте себе невскрытую пустую (точнее, заполненную воздухом) консервную банку. К верхней крышке приклеен пьезоэлемент. Дно и крышка банки выполняют функцию мембран. Устройство предназначено для улавливания акустических колеба-

ний в воде: колебания передаются пьезоэлементу, преобразующему их в электрические сигналы.

3.2. Если такое устройство перенести из воды в воздух, получится пьезоэлектрический микрофон (например, по заявке ФРГ 2120001).

3.3. Приложенный к человеческому телу пьезодатчик может измерять давление крови (заявка Франции 2275182), контролировать пульс, биение сердца (заявка Великобритании 1373240), вообще прослушивать любые шумы в организме.

3.4. Слово «прослушивать» характеризует основное «пристрастие» пьезодатчиков (хотя они умеют и многое другое: измерять вес, давление, ускорение и т. д.). Пьезоэлектрический микрофон, приложенный к твердому телу, например стеклу, отлично улавливает шумы, возникающие при появлении трещин. На этом принципе основаны всевозможные датчики охранной сигнализации, срабатывающие при разрушении стекла. Энергия ударной волны, возникающей при разрушении хрупкого тела, достаточно велика и может использоваться как разовый источник электрического тока. В заявке Франции 2305029 электрический импульс, возникающий при разрушении стекла, использован в детонаторе взрывного устройства.

3.5. Датчики охранной сигнализации срабатывают в аварийных случаях. Но в наш век хватает и обычных шумов: вся техника шумит — и еще как! Быть может, в будущем пьезоэффект найдет применение для утилизации шума. Во всяком случае, уже сейчас удастся с помощью пьезопреобразователей экономить почти треть электроэнергии, вырабатываемой бортовыми системами реактивных самолетов.

4. Главная специальность — колебания, вибрация

4.1. Обратный пьезоэффект, как уже отмечалось, заключается в деформации пьезокристаллов под действием внешнего электрического поля. Микроперемещения при обратном пьезоэффекте очень малы. Например, кубик с ребром в 10 мм под действием напряженности в 2 кВ сжимается (или растягивается) на 1 мкм. Перемещение можно увеличить, если расположить последовательно несколько пьезоэлементов, параллельно подключенных к источнику напряжения, как это сделано, например, в патенте США 3902084 «Пьезоэлектрическое перемещающее устройство».

По а. с. 265486 микроперемещение предметного столика микроскопа осуществляют с помощью пьезокристалла. В а. с. 638862 пьезокристалл передвигает режущее устройство микротомы — прибора для получения очень тонких биологических срезов. Интересно отметить, что во многих случаях одна и та же техническая задача на микроперемещение может быть с одинаковым успехом

решена применением разных физических эффектов: теплового расширения, магнитострикции, обратного пьезоэффекта.

4.2. Если подать переменное напряжение на пьезоэлемент, он начинает колебаться с частотой этого напряжения. Отсюда применение пьезоэлементов как электроакустических преобразователей (патент США 4122365, заявка Великобритании 1333644 и др.). Характерная особенность пьезопреобразователей — резонансный характер излучения. Часто, однако, возникает необходимость в широкополосных излучениях, например для музыкального звуковоспроизведения. Задача может быть решена использованием пьезоэлектрических пленок (например, по заявке Японии 54-12213) из поливинилфторида, поливинилхлорида и т. д.

4.3. Пьезоэлектрические преобразователи широко используют для получения ультразвуковых колебаний. Поэтому обратный пьезоэффект «соучаствует» в большинстве применений ультразвука (УЗ): УЗ-локации, УЗ-дефектоскопии и т. д.

4.4. Помимо УЗ-колебаний, обратный пьезоэффект можно использовать и для получения обычной низкочастотной вибрации. Так, по заявке Великобритании 1307339 пьезоэлементы, соединенные в виде биморфа, обеспечивают возвратно-поступательное движение лезвий электробритвы.

4.5. Казалось бы, возможности пьезоэффекта ограничены и в основном сводятся к взаимопреобразованиям механической и электрической энергий. Действительно, это главная специальность пьезоэффекта. Но ведь на этих преобразованиях держится почти вся современная техника! К ним легко «пристыковываются» другие преобразования, в результате возникают неожиданные и красивые технические решения. Вот, скажем, патент США 3239283: втулка подшипника изготовлена из пьезоматериалов, переменное напряжение вызывает УЗ-колебания, уничтожающие трение покоя.

4.6. С помощью пьезоэффекта возможно создание двигателей принципиально нового типа — пьезоэлектрических. Работа пьезодвигателей основывается на том, что концевая точка пьезоэлемента при возбуждении в нем продольных и поперечных колебаний, сдвинутых друг относительно друга по фазе, совершает движение по эллипсу. Если конец пьезоэлемента привести в соприкосновение с ротором, последний начнет проворачиваться, обеспечивая преобразование колебательной энергии во вращательную.

5. Метаморфозы сигналов

5.1. Скорость звука в твердых телах намного меньше скорости распространения электросигналов. Если преобразовать электрический сигнал в звук, а затем осуществить обратное преобразова-

ние, можно получить задержки сигнала во времени. Подобные устройства получили название линий задержки. Они состоят из двух пьезоэлементов, наклеенных на звукопровод, и обеспечивают время задержки, превышающее 100 мкс.

5.2. Обычный пьезоэлемент обладает свойствами небольшой емкости по отношению к электрическим сигналам малых частот. При более высоких частотах начинает проявляться индуктивный характер его проводимости, и на некоторой частоте, называемой частотой электрического резонанса, его сопротивление становится активным, резко падая до нескольких Ом, т. е. вблизи резонанса пьезоэлемент ведет себя как колебательный контур. На этом основан принцип действия пьезофилтров, получивших в настоящее время широкое распространение из-за простоты и надежности.

5.3. Пьезотрансформатор, выполняя ту же функцию, что и обычный трансформатор, более прост — это обычная пьезопластина, разделенная на две секции — входную и выходную. Превращение энергии в механическую, а затем снова в электрическую дает возможность трансформировать напряжение и ток, варьируя геометрические параметры секций и их поляризацию.

6. Разбор типичной задачи

6.1. Тиристорный клапан для высокого напряжения состоит из нескольких сотен последовательно включенных тиристоров, установленных на общем металлическом радиаторе. В такой цепочке возможны «скрытые аварии» — пробой отдельных элементов. Это не сказывается на работоспособности клапана, однако с каждым пробитым тиристором повышается опасность пробоя всей цепочки сразу.

Многие, вероятно, сталкивались с явлением пробоя конденсаторов. Они нередко даже взрываются. Нечто подобное, только в меньших масштабах, происходит и внутри тиристора при его пробое. Но мы теперь знаем, чем «подслушать» этот микровзрыв, — нужно просто приклеить к радиатору пьезоэлемент, максимум чувствительности которого (чтобы не было ложных срабатываний) приходится как раз на колебания, возбуждаемые при пробое тиристора. Соединив пьезоэлемент со счетчиком импульсов, можно получить информацию о числе пробитых тиристоров, своевременно использовать ее для отключения клапана.

7. Задачи

7.1. В а. с. № 518219 описано устройство для микроинъекций жидкости, использующее явление магнитоstriction. Так сказать, «микрошприц» с магнитоstrictionным приводом. Что Вы думаете в связи с этим?

7.2. Мы описали много «трюков», на которые способен пьезоэффект. Подумайте, нельзя ли использовать их в приборах в аппаратах, с которыми Вы работаете.

7.3. Как можно использовать явления пьезоэффекта в цирковых номерах?

Таблица возможных применений прямого и обратного пьезоэффекта

	Разделы		
Получение искровых разрядов	2.1		
Получение заряженных частиц, ионизация газов, борьба со статическим электричеством	2.2		
Измерение механических усилий, давления, ускорения	1.1,	3.4	
Индикация трещин в хрупких телах, улавливание различных шумов	3.3,	3.4,	3.5
Преобразование механических колебаний в электрические	3.1,	3.2	
Микроперемещения	4.1		
Преобразование электрических колебаний в механические, звуковоспроизведение, генерирование УЗ-колебаний	4.2, 4.5	4.3,	4.4,
Компенсация сил трения	4.6		
Преобразование электросигналов: задержка во времени, фильтрация, трансформация	5.1,	5.2,	5.3

И. М. Кондраков

КРУТИТСЯ-ВЕРТИТСЯ ШАР ГОЛУБОЙ

1. Введение

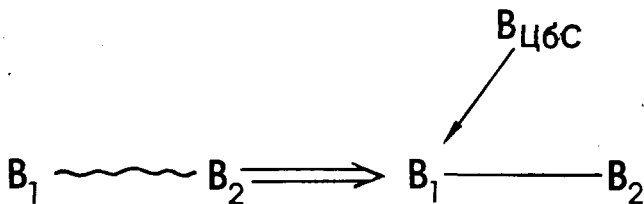
1.1. В песенке, из которой взяты эти слова, не объяснено, почему голубой шар крутится-вертится. Вот если бы речь шла о полушарии...

Задача о голубом (или желтом — все равно) полушарии.
В ящик, заполненный формовочной смесью (песок, пропитанный клейкой жидкостью), вдавливают деревянную модель — полушарие. Образуется слепок, в который можно залить металл. Чтобы поверхность отливки получилась гладкой, надо при формовании слепка сдавить, подпрессовать смесь. Но при этом смесь прилипает к модели. Как быть?

Немного статистики. Задача была предложена группе инженеров, приступающей к изучению ТРИЗ. Сданы 27 работ, ни одного правильного ответа. Записи: «Для решения этой задачи нужны эксперименты, ...не знаю всех тонкостей литейной технологии, ...нет данных о составе формовочной смеси». Много было

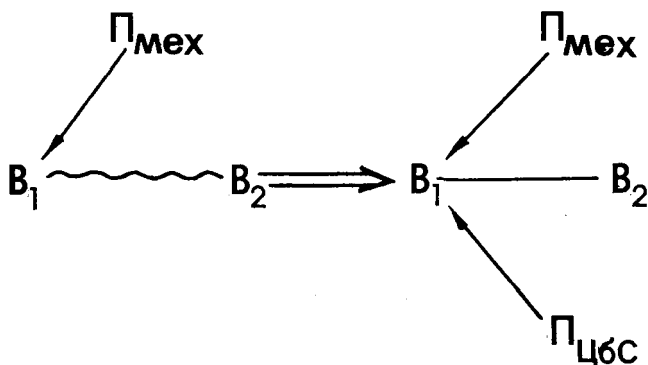
идей, выдвинутых наугад: подвергать вибрации, нагревать, пропускать электрический ток... Та же задача и та же группа, но слушатели имеют «Указатель применения физэффектов». Сданы 22 работы, правильный ответ в 16: «Надо вращать систему вокруг оси, совпадающей с осью модели. Центробежная сила отожмет смесь от стенок модели и в то же время будет способствовать прессованию смеси».

1.2. Вепольная запись решения:



Даны плохо взаимодействующие вещества V_1 (смесь) и V_2 (модель). Решение состоит в достройке веполя.

В задаче упоминается и сила прессования, поэтому можно сделать более точную запись:



Центробежная сила (ЦБС) позволяет достраивать невепольные системы и надстраивать системы вепольные, не вводя при этом новых веществ и действуя на любые вещества, независимо от их природы.

1.3. И еще. ЦБС часто может быть получена «бесплатно» — за счет уже имеющихся в системе механических полей. Как, например, отделить пузырьки газа из струи жидкости? Или как отделить порошок из струи газа? В обоих случаях имеется поток вещества, нужно только закрутить его, и возникшая ЦБС сама разделит вещества.

2. Создание и измерение усилия

2.1. Поле ЦБС позволяет получать значительные усилия и давления: для этого достаточно вращать систему или ее часть. Так, по а. с. 533454 во вращающемся шпинделе цанга сама зажигает деталь под действием ЦБС, а при остановке шпинделя отпускает ее. По а. с. 707688 избыточное давление на жидкий металл создают вращением металла в тигле.

2.2. ЦБС зависит от расстояния до центра вращения, массы тела и скорости вращения. Параметры взаимосвязаны. На этом основано применение ЦБС в различного рода регуляторах и приборах.

2.3. *Задача о герконе* (герметичном контакте). Как измерить силу прижатия контактов, не разрушая стеклянную оболочку геркона?

А. с. 487336 предлагает изящное решение: геркон вращают, и о силе прижатия контактов судят по угловой скорости, при которой контакты размыкаются. ЦБС всепроникающа — это одно из ценнейших ее качеств.

2.4. ЦБС легко поддается управлению. Отсюда обилие технических решений, основанных на изменении «дозирования» ЦБС путем изменения скорости вращения. Пример: «Способ центробежного литья чугунных труб, отличающийся тем, что с целью повышения качества отливаемых труб заливку раструбной части производят при скорости вращения изложницы в 1,2—1,8 раза больше скорости вращения изложницы во время заливки ствольной части» (а. с. 789226).

2.5. Вращающаяся жидкость давит на стенки сосуда. Но если использовать две жидкости с разными удельными весами, можно создать систему, в которой разность двух центробежных сил направлена от стенок к оси вращения (а. с. 643776).

3. Управление формой поверхности жидкости

3.1. Раскрученная в сосуде жидкость под действием ЦБС поднимается вдоль его стенок, образуя параболический мениск. По а. с. 282450 это явление использовано для получения изделий с параболической поверхностью: «...в качестве формовочного материала используют жидкость с большим удельным весом, на которую наносят жидкость с меньшим удельным весом, затвердевающую при вращении».

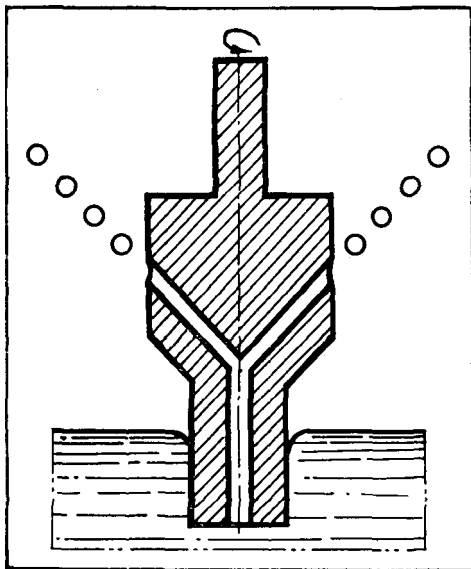
3.2. Как регулировать напор жидкого металла, вытекающего из отверстия в дне тигля? Один из способов такой регулировки состоит во вращении расплава: в зависимости от скорости вращения меняется высота расплава над отверстием и, следовательно, изменяется гидростатический напор (а. с. 275331).

3.3. Винт, размещенный под водой на глубине 1—2 м, создает искусственную воронку, в которую стекает нефть, плавающая по поверхности (а. с. 268277).

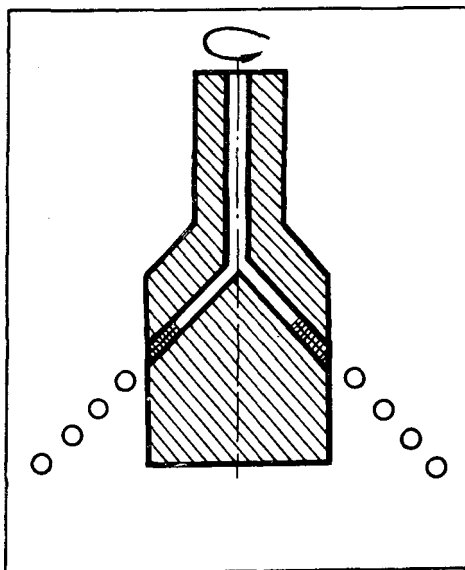
4. Капли, шарики, дробинки...

4.1. Итак, раскручиваемая в сосуде жидкость изгибается и наползает на стенки. Увеличим скорость вращения. Что будет, если жидкость доползет до края стенок? Ответ очевиден: вырвавшаяся на свободу жидкость раздробится на капли. В а. с. 531635 это явление использовано для охлаждения металла.

4.2. Патент Франции 1551368 предлагает красивый способ получения металлических шариков. В расплавленный металл опускают полый шпindel. При вращении шпинделя расплав под действием центробежной силы поднимается по внутренней полости, проходит в наклонные каналы и выбрасывается наружу в виде тонких струек, тут же распающихся на сферические капли, застывающие в шарики, дробинки. Меняя глубину погружения шпинделя, скорость вращения и сечение наклонных кана-



Получение металлических шариков по патенту Франции



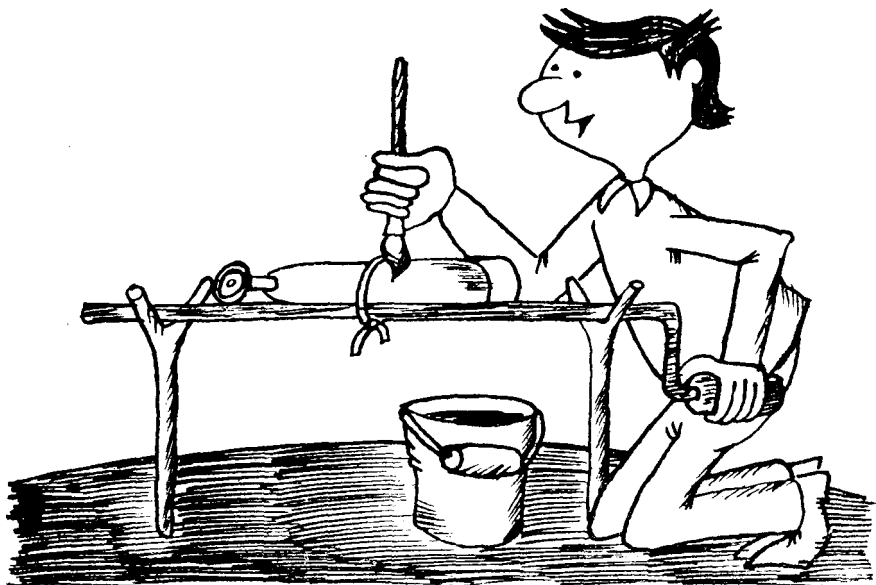
Получение металлических шариков по патенту ФРГ

лов, можно получать шарики различных размеров.

4.3. Решение, зафиксированное французским патентом, — типичный случай достройки веполя: дано вещество (расплав), введено второе вещество (шпindel) и поле ЦБС. В ФРГ ту же задачу решили надстройкой веполя. Перевернем шпindel и будем подавать металл сверху. Чтобы расплав не вылился из наклонных каналов, разместим в них пористые вставки, они будут удерживать расплав силами поверхностного натяжения. Капли образуются лишь тогда, когда ЦБС преодолевает силу поверхностного натяжения, и расплав пройдет сквозь поры. Преимущество такой системы — очень высокая точность: от шпинделя отрываются не струйки, а капли, причем все они имеют одинаковые размеры.

5. Перемещение жидкостей

5.1. *Задача об окраске баллончиков.* Нужно быстро и аккуратно (тонким слоем, без подтеков) окрашивать баллончики. Краскораспылители не обеспечивают требуемого сочетания производительности и точности.



Эта задача долго входила в учебные курсы ТРИЗ, по ней накопилась огромная статистика. Начинающие с этой задачей не справляются — во всяком случае, в течение нескольких дней попытки решения не дают никаких результатов. В группах, прошед-

ших обучение, задачу решают почти все: нужно окунуть баллончик в бак с краской, а затем раскрутить баллончик, чтобы ЦБС сбросила избыток краски (а. с. 242714).

5.2. Поднимаясь между стенками двух вращающихся сосудов, жидкость последовательно замыкает электроды. Такой реостат описан в а. с. 530355.

6. Разделение смесей, смешивание

6.1. Это, пожалуй, самое традиционное применение ЦБС. Пример: а. с. 283885 — удаление пузырьков газа из порошка. По а. с. 415036 ЦБС ускоряет смешивание компонентов для хроматографии.

6.2. Давно известно, что ЦБС заставляет разные частицы разлетаться по разным траекториям, зависящим от их массы. На этом основан масс-спектрограф, сортирующий молекулы и атомы. А совсем недавно этот же принцип использован для отделения щепы древесины от частиц коры.

6.3. Эффективность разделения веществ ЦБС может быть повышена путем перехода к двойным веполям — если одно из разделяемых веществ чувствительно к магнитному полю. В этом случае для сепарации используют одновременно две силы — ЦБС и магнитную.

7. В чем сила центробежной силы!

7.1. Почти в каждом выпуске «Бюллетеня изобретений» можно встретить, по крайней мере, десяток новых технических решений, так или иначе связанных с применением ЦБС. Очень уж привлекательна эта сила: ее легко получать и легко регулировать, она способна проникать в глубины любого вещества, любой технической системы. ЦБС позволяет строить простые и двойные веполи, не вводя в систему новых веществ, — это очень важно. Особенно ценно то, что ЦБС способна легко образовывать двойные веполи и работать «в паре» с другими полями.

«Если в системе что-то не ладится, ее надо закрутить», — в этой шутке немалая доля инженерного смысла... Теперь, пожалуй, понятно, почему крутится-вертится шар голубой. Вращение создает ЦБС, для которой можно найти множество полезных применений...

8. Разбор типичной задачи

8.1. Капиллярные силы помогают припою при пайке проникать в едва заметные зазоры между деталями. Но те же силы вредны, когда нужно припаять к внутренней поверхности втулки пористую вставку. Припой проникает в поры и закрывает их. Как быть?

Дан плохо управляемый веполь: припой (B_1), пористая вставка (B_2) и поле капиллярных сил (Π). Для построения управляемой системы перейдем к двойному веполу — введем Цбс, действующее на B_1 . Если втулку при пайке вращать, Цбс отожмет припой от пористой втулки, не даст припою проникнуть в поры.

9. Задачи

9.1. Для обезвреживания токсичных газов, выводимых через трубы металлургических предприятий, в газоходах устанавливают решетки, покрытые катализатором. Однако газовый поток содержит пылинки, которые довольно быстро покрывают поверхность катализатора, вследствие чего катализатор перестает обезвреживать ядовитые газы. Как быть?

Следует отметить, что газы — до поступления в газоход — проходят через различные фильтры: дальнейшая очистка от пыли уже практически невозможна. Поэтому задачу нельзя решить установкой перед решеткой еще одного фильтра. Технически нерационально использовать электростатические силы. Нельзя периодически смывать пыль с поверхности решетки — в газоходе очень высокая температура.

9.2. При шлифовке криволинейных вогнутых поверхностей абразивную ленту прижимают к обрабатываемой поверхности с помощью контактного копира. Однако при шлифовке выпуклых поверхностей лента отходит от поверхности копира. Как быть?

Таблица возможных применений центробежной силы

	Разделы		
Создание усилий, давлений. Деформация	1.1, 2.5	2.1,	2.4,
Измерение усилий. Регулировка и измерение скорости вращения	2.2,	2.3	
Управление формой поверхности жидкости. Регулирование гидростатического напора	3.1,	3.2,	3.3
Получение тел сферической формы (шарики, дробинки и т. д.)	4.2,	4.3	
Перемещение жидкостей	3.3, 5.2,	4.1, 8.1	5.1,
Разделение смесей. Смешивание	6.1,	6.2,	6.3

СИЛА РИТМА

1. Введение

1.1. В книге Дж. Уокера «Физический фейерверк»¹ приведены данные о необыкновенном оружии — геофизическом. Предположим, пишет Дж. Уокер, миллиард человек одновременно прыгнут с двухметровой платформы. Возникнет ударная волна, распространяющаяся в земной коре. Обогнув земной шар, волна вернется в исходный район, и тогда миллион человек повторят прыжок. Постепенно повышая энергию волны, можно вызвать катастрофу...

Конечно, это всего лишь шутка, не больше. Колебания почвы будут максимальными в районе платформы и быстро затухнут, не причинив вреда противнику. Но любопытны расчеты, сделанные физиком Д. Стоуном и опубликованные в журнале «Геотаймс». Прыгать надо каждые 53—54 минуты, чтобы использовать явление резонанса. Противник же должен использовать антирезонанс, создавая с помощью своих «прыгунов» волну в противофазе.

Резонанс почему-то ассоциируется с разрушительными явлениями. Это давняя традиция. Еще в Библии было рассказано о разрушении стен Иерихона с помощью акустических колебаний, частота которых, надо полагать, совпадала с собственной частотой колебаний иерихонских крепостных стен. Между тем, резонанс — великолепный инструмент для решения разнообразных технических задач.

2. Помнить о качелях

2.1. Казалось бы, все просто: если объект *A* и объекте соединены в техническую систему, надо согласовать ритмику действия объектов, прежде всего — собственные частоты колебаний, или частоту вынужденных колебаний одного объекта с собственной частотой колебаний другого объекта. Эту премудрость будущие инженеры постигают еще в детстве, раскачивая качели, а потом ...потом нередко забывают. В результате появляются технические системы, грубо нарушающие закон согласования ритмики.

Можно привести такой пример. В а. с. 729389 (заявка 1975 г.) предложено управлять потоком газа в электропневмопреобразователе с помощью коронного разряда. Затем появилось а. с. 794264

¹ Уокер Дж. Физический фейерверк.— М.: Мир, 1979.

(заявка 1976 г.): все как в а. с. 729389, но частота разряда согласована с частотой колебаний скорости потока. Никаких дополнительных расходов, а эффективность управления резко повысилась. Потерян год, всего год, не так уж страшно. Хотя в эпоху НТР год — совсем не мало... Но вот другой случай. Сыпучий материал, хранящийся в емкости дозатора, должен проходить сквозь зазор между стенками этой емкости и корпусом вибратора. При выключенном вибраторе материал неподвижен — его держат силы трения. Когда включен вибратор, материал начинает течь в зазор. И вот а. с. 793876: частоту вибраций предложено согласовать с частотой собственных колебаний потока. Такое техническое решение вполне могло появиться 20—30 лет назад.

2.2. Использование резонанса привлекательно тем, что не требует усложнения оборудования и дополнительных затрат, — вибрирующий инструмент уже есть, нужно лишь правильно выбрать рабочую частоту. В а. с. 317797 предложено для ослабления угольного пласта действовать импульсами с частотой, равной собственной частоте колебаний угольного массива. За шесть лет до этого предлагалось просто действовать импульсами — и вот сработало правило раскачки качелей: согласовали ритмику системы «вибратор — уголь»...

2.3. В а. с. 614794 описано устройство для массажа, действующее синхронно с ударами сердца. А. с. 307896 предлагает резать древесину инструментом, «частота пульсации» которого близка к собственной частоте колебаний перерезаемой древесины. В обоих случаях необходимость резонанса очевидна. Бывают более сложные случаи, когда для применения резонанса надо преодолеть какой-то барьер, справиться с какими-то трудностями.

Задача об алмазном порошке. Для изготовления абразивных инструментов нужны алмазные частицы одного размера. А сырье — алмазный порошок — содержит частицы разных размеров. Как разделить эту смесь на фракции? Использовать сита нельзя: алмазный порошок быстро их истирает. Сепарация частиц в жидкости тоже не годится, она идет слишком медленно.

Условия задачи отрезают все пути, кроме одного, — надо использовать резонанс. Предположим, мы так и сделали. Включен вибратор, и нужные нам частицы стали энергично колебаться, подпрыгивая над малоподвижной «толпой» других частиц. А дальше? Как поймать «прыгунов»? Ведь подпрыгнув, они снова падают в «толпу»...

В таких случаях часто отказываются от применения резонанса, хотя до решения остаются считанные шаги. Представим себе идеальный результат: резонанс сработал, нужные нам частицы подскочили, поднялись над «толпой». Теперь необходимо не дать им вернуться назад — и задача решена! Внешняя среда должна

как-то схватить подпрыгнувшие частицы. Над «толпой» — газ, под «толпой» — твердое тело. Газ не умеет держать частицы, а твердое тело не может их пропускать. Значит, под частицами должна быть жидкость, а наверху — газ или жидкость. Могут ли алмазные частицы лежать на поверхности жидкости? Вполне. Их будут держать силы поверхностного натяжения. Включим теперь вибратор. Подпрыгнувшие частицы утонут после первого же прыжка — они пробьются сквозь поверхностную пленку. Изящное решение, не правда ли?

2.4. Итак, резонанс помогает интенсифицировать:

- движение любых потоков и уплотнение сыпучих материалов (а. с. 119132);
- взаимодействие инструмента и изделия (а. с. 338352);
- процессы тепло- и массообмена (а. с. 641229);
- разделение и смешивание материалов (а. с. 729657).

При этом очень важно, что резонанс дает возможность избирательно действовать на нужные части системы, не затрагивая всей системы. Характерный пример описан в а. с. 506350: «Способ повышения эффективности процесса опыления самофертильных растений, включающий извлечение пыльцы из пыльников, отличающийся тем, что с целью более полного извлечения пыльцы из пыльников и исключения встряхивания кустов и стеблей извлечение производят путем воздействия на растение звуком в полосах частот 0,5—1,0 и 4,0—10,0 кГц, совпадающих соответственно с частотами собственных колебаний стержневых систем растения: цветок — цветоножка и пыльник — тычиночная нить».

3. Пульс технических систем

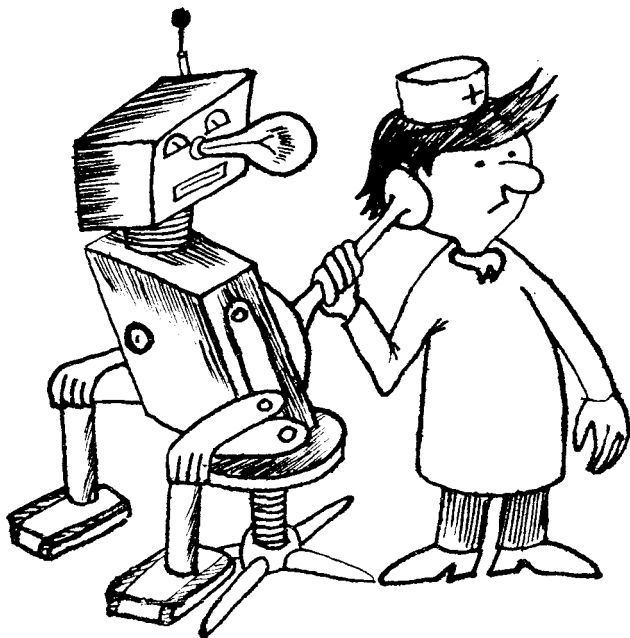
3.1. Резонанс возникает при совпадении частоты вынужденных колебаний с частотой собственных колебаний. А собственные колебания, как показывает само название, зависят от «личных» свойств колеблющейся системы. Это позволяет использовать явление резонанса для решения различных задач на измерение.

По частоте собственных колебаний можно судить — о массе (а. с. № 271051 на способ измерения массы вещества в резервуаре), о жесткости (а. с. № 720330 на способ определения жесткости высотных сооружений), о размерах объекта (а. с. № 244690 на способ измерения диаметра движущейся нити) и о многих других параметрах и свойствах, косвенно определяемых по массе, жесткости и геометрическим размерам.

Например, по а. с. 358515 резонанс используют для проверки прочности анкерного соединения — металлического стержня, вбитого в грунт. А. с. 717623 предлагает использовать резонанс для контроля за уплотнением насыпи. В а. с. 315507 изложен резо-

нансный способ определения внутренних напряжений в строительных материалах. Почти в каждом номере бюллетеня изобретений можно встретить технические решения, основанные на применении резонанса, порой несколько неожиданным. Например, в а. с. 560563 предложено измерять собственную частоту колебаний вымени коровы — это позволяет контролировать процесс машинного доения.

3.2. Резонанс позволяет измерять параметры среды, в которой находится объект. Типичный пример — а. с. 347595 на способ измерения низких температур: датчик, погруженный в жидкий гелий, укорачивается, это отражается на резонансной частоте колебаний.



3.3. Современная медицина пользуется сложной технической аппаратурой. Но ни один врач не отказался от старейшего способа диагностики — по пульсу больного. Способ этот хорош тем, что организм *сам* сообщает о своем состоянии. Что может быть проще?.. «Прослушивание» колебаний резонансной частоты — подобно проверке пульса — позволяет тонко и точно диагностировать «заболевания» технических систем. Так, по а. с. 265523 контроль резонансной частоты дает возможность уловить момент возникновения первых трещин в подшипниках.

4. Ритм против ритма

4.1. Иногда «отзывчивость» на определенную частоту бывает ненужной или даже вредной, поэтому приходится бороться с резонансом. Например, мембрана микрофона должна одинаково хорошо колебаться в широком диапазоне частот, так, словно у нее нет резонансной частоты. А. с. 794782 предлагает такое решение: с целью улучшения частотной характеристики мембрана снабжена крепежными элементами, каждый из которых имеет свою резонансную частоту. Любопытный прием: объединение элементов с разными резонансными частотами дает систему без резонансной частоты. Поскольку в технике часто приходится бороться с вибрациями, прием этот используется очень хорошо. Типичный пример: парные детали уплотнения торцового типа выполнены с частотами собственных колебаний, неравными и некратными друг другу (а. с. 514141).

4.2. Машина установлена на фундаменте. Как гарантировать антирезонанс, если масса машины меняется в процессе работы? Типовой прием: частота собственных колебаний фундамента должна быть неравной и некратной частоте собственных колебаний машины. Но в данном случае масса машины меняется, и, следовательно, меняется частота собственных колебаний. Как же быть? Закон согласования ритмики систем сохраняет силу и в таких случаях. Изменилась частота собственных колебаний машины — надо изменить и частоту собственных колебаний фундамента. По а. с. 723038 для этого в фундамент встроена система подачи жидкости.

4.3. Более сложный случай: дана система из двух элементов, как расстроить резонанс, если нельзя менять размеры и массу элементов? Ответ: надо ввести один из элементов в режим вынужденных колебаний с нерезонансной частотой. Такая идея использована, например, в а. с. 423618.

5. Разбор типичной задачи

5.1. Известен способ сушки порошка в кипящем слое. По этому способу сквозь слой порошка продувают нагретый воздух. Одновременно на порошок действуют акустическими колебаниями, благодаря чему частицы порошка энергичнее перемешаются в потоке воздуха, и процесс сушки идет быстрее. Ясно, что частота акустических колебаний должна совпадать с частотой собственных колебаний частиц порошка. Но частицы невелики, их резонансная частота лежит в ультразвуковой зоне. Применять ультразвук крайне невыгодно: он хорошо распространяется в твердых телах и жидкостях, здесь же «смесь» газа и порошка. Как быть?

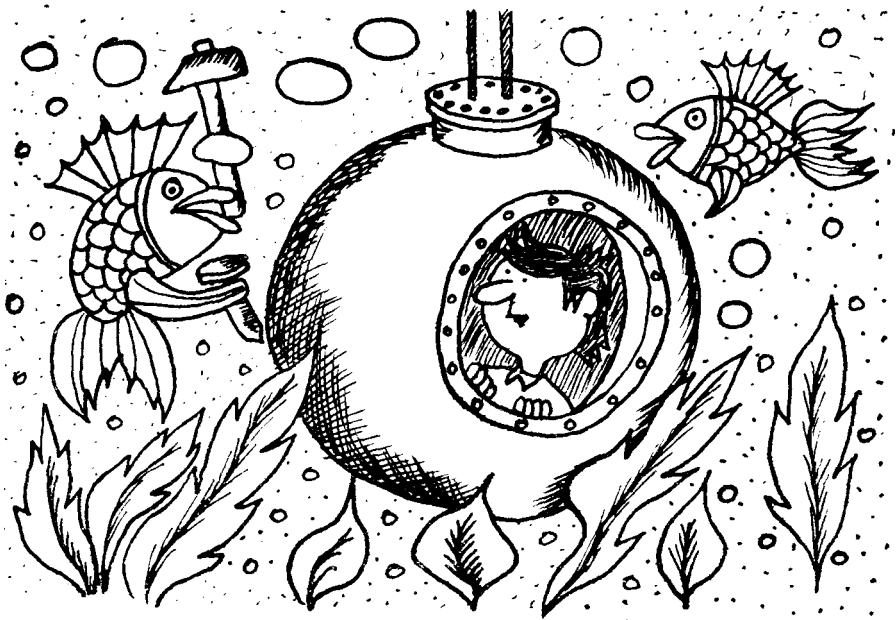
Условия задачи содержат почти готовую формулу физического противоречия: колеблющиеся частицы должны быть большими,

чтобы хорошо взаимодействовать со звуком, и должны быть маленькими, чтобы хорошо сушиться (суммарная поверхность мелких частиц много больше одной крупной частицы). Порошок менять нельзя. Следовательно, надо изменить внешнюю среду: в кипящий слой необходимо ввести нейтральные частицы, например отрезки полиэтиленовых трубочек, размеры которых выбраны соответственно частоте звуковых колебаний (а. с. 322581).

6. Задачи

6.1. Обледеневшие провода ЛЭП под воздействием ветра сильно раскачиваются и могут быть порваны. Как избежать этого?

Примечание: провода многожильные.



6.2. При изучении океана подводные аппараты, опускаясь на большие глубины, подвергаются колоссальному давлению воды. Воспринимает это давление силовой набор корпуса: шпангоуты («ребра», «обручи») и соединяющие их стрингеры (продольные балки). Хорошо было бы иметь прибор, показывающий напряжение в наиболее нагруженных местах корпуса. Предложите принцип устройства такого прибора.

6.3. Большая и массивная печь частично загружена обжигаемым материалом. Как с помощью резонанса контролировать количество материала в печи?

6.4. Трубы химического агрегата очищают с помощью «ерша» — эластичного стержня с «щетиной». Работа эта тяжелая и малопродуктивная. Ваше предложение?

**Таблица возможных применений резонанса
и антирезонанса**

	Разделы	
Улучшение процесса транспортировки	2.1	
Разрушение материалов	2.2,	2.3
Смешивание, разделение смесей	2.3,	5.1
Избирательная вибрация отдельных элементов системы	2.3,	2.4
Измерение параметров объекта (массы, жесткости, геометрических размеров и т. п.)	3.1	
Измерение параметров среды, в которой находится объект	3.2	
Обнаружение трещин и т. п. повреждений	3.3	
Гашение резонансных колебаний	4.2,	4.3

И. П. Рябкин

КПМ — ВЕЩЕСТВО УМЕЛОЕ

1. Вместо введения

1.1. В одном из интервью Аркадия Райкина корреспонденту «Литературной газеты» речь шла о махинаторах на транспорте: привезут цистерну спирта, весь сольют, а потом добудут спирт из... пустой цистерны.

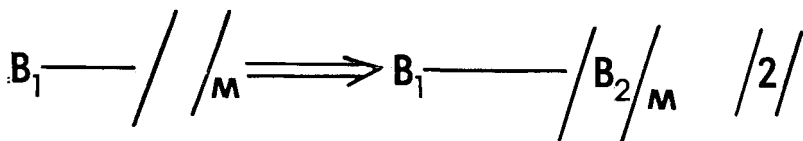
— Выльют все! Да еще проверят их. А как себе заработать? И придумали интересную историю. Бросают в цистерну одеяло...

— Одеяло?!

— Вы послушайте... Бросают чистое шерстяное одеяло. И когда все вытекло из крана, и шупом сверху прощупали — сухой конец, они вытаскивают со дна одеяло и выкручивают из него три ведра спирта...

Способность впитывать жидкости — одно из основных и хорошо известных свойств капиллярно-пористых материалов (КПМ). Но спектр возможностей КПМ значительно шире.

главное свойство КПМ — способность присоединять второе вещество, заполняя им поры:



Подобно тому, как ионы — независимо от того, какие именно это ионы — присоединяют или отдают заряды, КПМ жадно впитывают B_2 или столь же энергично его отторгают, не пропускают.

2.2. «Хватательные» способности КПМ в простейшем случае могут быть использованы для соединения объектов. Предположим, к слитку надо прикрепить пластинку с маркировкой. Пластинку, одна поверхность которой пористая, кладут на дно платформы. После затвердевания металла пластинка прочно скрепится со слитком. Любопытно, что а. с. 452412 на этот взлет технической мысли получили 20 соавторов!

2.3. Разные вещества смачиваются по-разному. Отсюда еще одно очевидное применение КПМ: разделение смесей жидких и газообразных. По а. с. 118936 нефтяные продукты обезвоживают (в лабораторных условиях) не выпариванием, а с помощью КПМ: опускают в смесь «промокашку», всасывающую воду.

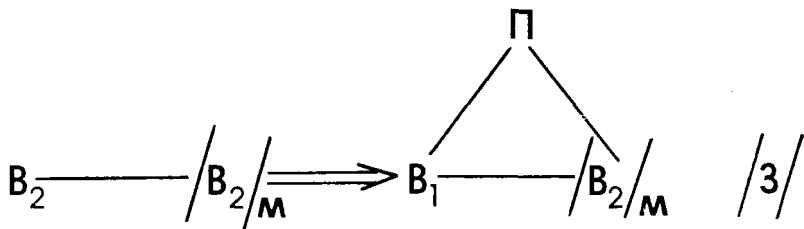
Задача о центрифуге. Известен способ разделения газовых смесей в центрифуге. Центробежная сила отбрасывает к стенкам центрифуги более тяжелый газ. Однако разделение идет плохо из-за обратного перемешивания газов. Как быть?

Противоречие: молекулы газа должны быть свободными, чтобы перемещаться под действием центробежных сил, и не должны быть свободными, чтобы не перемещаться в обратном направлении вследствие тепловой диффузии. По а. с. 319326 центрифугу заполняют КПМ. Продвигаясь в лабиринте пор, молекулы газа многократно прилипают к стенкам и отрываются от них. Тепловая диффузия гасится, и центробежные силы без помех отделяют тяжелые молекулы от легких.

КПМ словно специально созданы для преодоления противоречий. Они твердые и в то же время жидкие, пустые и непустые, проницаемые и непроницаемые. КПМ могут держать тяжелую гирю, но булавка тонет в капилляре...

3. Сказавши «а»...

3.1. «Реакция» по формуле (2) типична для КПМ. Это переход от неведомой системы к неполному веполю. Следующая «реакция» — превращение неполного веполя в полный веполю:



Так, в а. с. 687057 предложено использовать пористые металлокерамические материалы в качестве звукопоглощающей облицовки кожуха машины.

3.2. Звукопоглощение с помощью КПМ, в общем, тривиальное техническое решение. Но вот а. с. 610956 (1978 г.): поры звукопоглощающей панели имеют размеры, соответствующие длине волн заглушаемых частот. Использовано явление резонанса, эффективность повысилась — все логично. Однако панели с пористыми звукопоглощающими элементами широко применялись в 50-е годы, идея запоздала по крайней мере лет на тридцать.

3.3. Еще раз присмотримся к эволюции материалов: а) вещество, б) вещество с полостью, в) перфорированное вещество, г) КПМ, д) КПМ с «присоединенными физэффектами». Анализ патентных материалов показывает, что технические решения типа «перейти от B к B » запаздывают в среднем на 5—10 лет. Переход « $B - \Gamma$ » совершается лет на 15 позже, чем он мог и должен был произойти. А переход « $\Gamma - Д$ » нередко связан с потерями порядка 20—30 лет. Каждый раз нужна догадка, озарение: «Ах, тут можно использовать капиллярность — вот здорово!» Или: «Эврика! Сделаем поры равными длине колебаний, вот будет здорово!...» Между тем, неизбежность перехода от « A » к « $Д$ » обусловлена общими законами развития технических систем. Чтобы не застревать на долгие годы на « B » или на « Γ », надо знать эти законы: *степень дисперсности частей системы увеличивается, невольные системы становятся вольными.*

3.4. Для звукопоглощения нужны поры — газообразное B_2 . Чтобы поглощать другие поля, требуются чаще всего жидкие B_2 . Так, по а. с. 187135 конструктивные элементы электромашин выполняют пористыми и пропитывают жидкостью. Если внезапно повысится температура, жидкость закипит, обеспечивая интенсивное и равномерное охлаждение.

4. Искусство создавать потоки

4.1. Итак, КПМ умеют присоединять вещество — жидкое и газообразное. Понятно, что присоединение идет не бесконечно: в каждом случае есть предел насыщения. Варьируя количество B_1 в КПМ, можно запастись определенное количество B_2 , следовательно, КПМ могут служить дозаторами. Пример: а. с. 283264—

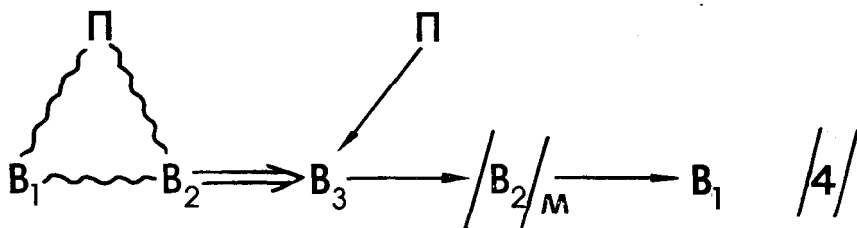
в расплав металла вводят пористый кирпич, пропитанный различными добавками, выделение добавок происходит дозированно и плавно.

4.2. Присоединяя и отдавая вещество, КПМ пропускает его сквозь себя: внутри V_1 постоянно или периодически идет поток V_2 . Пожалуй, создание направленных и легкоуправляемых потоков жидкости — главное применение КПМ. Примеры: подъем припоя над ванной обеспечивают капиллярными силами (а. с. 316534, 403517), проклеивание ведут пучком капилляров (а. с. 493252, 670704), подачу охлаждающей жидкости осуществляют через пористые элементы (а. с. 707627, 710684).

4.3. Чем меньше поры, тем сильнее проявляется капиллярный эффект. Если КПМ имеет два слоя — с мелкими порами и с более крупными, капиллярные силы гонят внутренние потоки жидкости к слою с мелкими порами. Это явление можно использовать для воздействия на потоки жидкости. Пример: а. с. 666354 на применение КПМ в качестве обратного клапана. К сожалению, переход от идеи «применим пористый материал» к идее «применим пористый материал с разными размерами пор» осуществляется далеко не сразу. Так, подача смазки через пористые элементы — это преимущественно патенты и авторские свидетельства 50—60-х годов (например, а. с. 184106). Волна технических решений с «обгрыбанием» размеров пор, через которые проходит смазка, изрядно отстала — она стала подниматься только в 70-е годы (например, а. с. 706567, 713697). Недавно французские изобретатели предложили «самосливной бак для жидкостей, подаваемых в двигатель в условиях невесомости». Работает КПМ с уменьшающимся в направлении слива размером пор.

4.4. Капиллярные потоки зависят не только от размеров пор, но и от приложенных к КПМ полей. По а. с. 498770 поток регулируют электрическим полем, пронизывающим пористую пластинку. Авторское свидетельство № 648825 предлагает интенсифицировать поток жидкости в КПМ с помощью ультразвука.

4.5. Внутренние потоки вещества в КПМ позволяют воздействовать на движение вещества, извне соприкасающегося с КПМ. Вепольная схема подобных технических решений выглядит так:



Вещество V_1 соприкасается с внешней поверхностью V_2 , причем возникает какое-то вредное явление, например на V_2 отлагается осадок. Прямое воздействие П на V_1 и V_2 не дает результатов. Решение, как показывает «реакция» (4), состоит в переходе к цепному веполю, в котором V_2 является КПМ, а поток V_3 , пройдя через (V_2) м, действует на V_1 . Типичный пример: в реакторе для получения полимеров через внутреннюю пористую облицовку пропускают газовую смесь, не позволяющую полимеру оседать на стенках (а. с. 262092). Аналогичное решение в а. с. 459538: металл кристаллизуется, не соприкасаясь с пористыми стенками формы, через которые подают горячий газ.

Иногда, наоборот, нужно сильнее прижать V_1 и V_2 . Решение то же, только V_3 не вдувают, отсасывают из (V_2) м. Так, предложена мерная емкость для сыпучих веществ, имеющих пористое дно, через которое ведут отсос воздуха (а. с. 694440). Здесь проявляется избирательная проницаемость КПМ: капилляры пропускают воздух и не пропускают частицы вещества. В а. с. 737706 описано более тонкое применение избирательной проницаемости: в газовой горелке КПМ пропускает горячий газ и тепло, но задерживает открытое пламя. По а. с. 657822 газообменная мембрана пропускает газ, задерживая воду.

4.6. КПМ при небольшом объеме имеет развитую поверхность. Отсюда ряд очевидных применений: электроды, передающие ток электролиту (а. с. 486083) или другим твердым электродам (а. с. 595882), носители катализатора (а. с. 244538, 697389).

4.7. Возможности КПМ безграничны. Кажется, что нет такого физического эффекта, который нельзя было бы присоединить к КПМ или обыграть с помощью КПМ. Да и сами КПМ могут быть бесконечно разными. Можно сделать КПМ с эластичными стенками, сжимать их и разжимать, меняя объем пор. Так, в а. с. 498530 устройство из металлорезины генерирует низкочастотные колебания в гидropульсаторе. Можно сделать стенки капилляров из пьезокерамического материала и получить быстродействующие и очень точные устройства, например дроссели (а. с. 504111).

Эволюционная лестница, ведущая к КПМ, должна быть дополнена еще одной ступенькой: КПМ с управляемыми стенками и «присоединенными физэффектами». Наверняка это не последняя ступенька...

5. Задачи

5.1. Простая задача: по а. с. № 709465 взрывобезопасность газоотводящей системы топливной аппаратуры обеспечивают пакетом перфорированных пластин. Спрогнозируйте следующее изобретение.

5.2. В гидромашине возникают вредные высокочастотные колебания потока

воды. Предотвратить их нельзя, ставить на пути потока разные перегородки тоже нельзя. Как быть?

5.3. В машинах и процессах, относящихся к Вашей специальности, несомненно используются полые и перфорированные детали. Нельзя ли вместо них применить КППМ? А там, где КППМ уже используется, нельзя ли «присоединить» к ним те или иные физэффекты? Нам, например, не встречались технические решения, в которых КППМ обладал бы «памятью формы». Между тем, пористые материалы предрасположены к изменению формы — они легко сжимаются, растягиваются, изгибаются...

Таблица возможных применений КППМ

	Разделы		
Поглощение жидкостей	1.1,	2.2	
Разделение смесей, фильтрование	2.3		
Поглощение полей	3.1,	3.2,	3.4
Дозирование	4.1		
Управление потоками жидкости и газа	4.2,	4.3,	4.4
Подача смазки, охлаждающей жидкости и т. д.	4.5,	4.7	
Интенсификация процессов, идущих на поверхности тел	4.6		

Ю. В. Горин

**ПИРОГА РОБИНЗОНА,
или Размышления о применении физических эффектов
и явлений при решении технических задач**

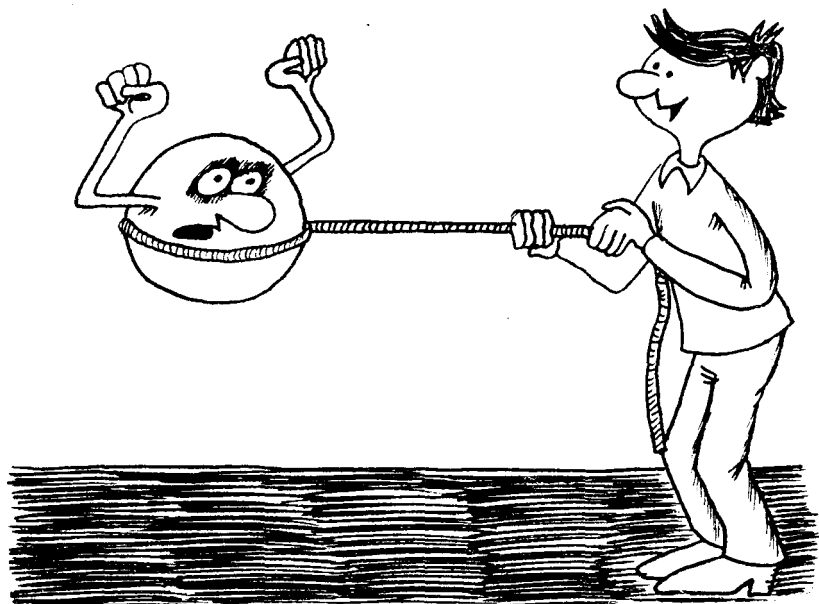
Все согласны с тем, что необходимо вооружить инженеров информацией о методах творческого применения физических эффектов и явлений. Вопрос в том, как это сделать.

О том, как непроста простая физика

Инженер знает несколько сот физических эффектов и явлений, а их — тысячи. Следовательно, нужно познакомить инженеров с «малоизвестной физикой» — той, которую не изучают ни в школе, ни в вузе. Однако первые же экспериментальные семинары по ТРИЗ показали, что проблема намного сложнее. Чтобы уяснить суть дела, обратимся к задаче о шаровых молниях.

Установка для исследования шаровых молний представляет собой камеру, заполненную гелием (давление — 3 атм). Под действием мощного генератора магнитных колебаний в гелии возникает плазменный разряд, напоминающий шаровую молнию. Разряд удерживают в центральной части камеры с помощью соленоидов, расположенных вне камеры. В ходе опытов потребовалось увеличить мощность генератора. Шаровая молния стала более горячей (следовательно, менее плотной) и... всплыла. Стенки камеры начали плавиться, опыт пришлось прервать. Возникла задача: как удержать молнию в центральной части камеры?

Впервые эту задачу пришлось решать академику П. Л. Капице и его сотрудникам. Сначала попытались увеличить мощность соленоидов, удерживающих молнию «на привязи». Это ничего не



дало: разряд принимал причудливую форму, от него протягивались к стенкам камеры тонкие отростки, стенки перегревались и плавилась. Тогда сферическую камеру заменили цилиндрической. В сущности, пошли на полную замену установки: пришлось менять не только камеру, но и систему охватывающих ее соленоидов. Исследование было прервано на долгие недели. Наконец новую установку запустили — и снова молния стала всплывать вверх... Вот тогда Капица нашел выход из положения. Шаровая молния всплывает кверху, значит, надо сделать так, чтобы не было «верха» и «низа». Капица предложил раскрутить газ. Взяли обик-

новенный пылесос, подсоединили к камере, газ стал вращаться, и молния больше не всплывала. Школьная физика! Но для ее применения потребовалась незаурядная изобретательность Капицы...

Более половины патентуемых технических решений, связанных с физическими эффектами, основаны на предельно простой школьной физике. Ее хорошо знает каждый инженер, школьные физэффекты примелькались, стали привычными. Возник своеобразный психологический барьер: размышляя над задачей, инженер зачастую вообще не вспоминает о непритязательных физэффектах из школьных учебников.

«Указатель» первоначально представлялся путеводителем по «физической экзотике». Но практика обучения ТРИЗ показала: *прежде всего нужен справочник*, 80—90% которого посвящены творческому применению самых простых физэффектов.

Справочник, библиотека или ЭВМ!

Еще одна задача: При электролизе водного раствора соли на катоде постепенно образуется слой металла. Необходимо отделить этот слой, не повредив катод, с которым металл прочно сцеплен. Сдирку (выразительный термин, не правда ли?) ведут вручную — труд тяжелый, малопроизводительный. Пытались наносить на катод разного рода покрытия, смазки и т. д. Результат отрицательный: ухудшается процесс электролиза, загрязняется электролит. Ваше предложение?

Электролиз — школьная физика. Но в данном случае этой физики явно не хватает, нужны какие-то тонкости, нюансы. «Указатель» охватывает лишь первую сотню физических эффектов и явлений: механические колебания, вращение, тепловое расширение, электростатику, магнетизм и т. д. Вузовская физика (курс общей физики, сопротивление материалов, специальные предметы) — это еще по крайней мере 500 физэффектов. Большую часть из них инженер когда-то «проходил», но не помнит. Какую-то часть помнит по названиям. Активно используется не более 5—7% фонда вузовской физики. В результате технические решения, основанные на этой физике, запаздывают на десятки лет. Вот типичный пример. В 1978 г. — с опозданием по меньшей мере на полстолетия — запатентован аккумулятор тепла, использующий аномальную теплоемкость ферромагнетиков в зоне фазовых магнитных превращений (а. с. 640106).

Итак, вместо компактного «Указателя» требуется многотомное издание. Разница принципиальная. Однотомник можно прочитать несколько раз и, поскольку он в основном включает хорошо известные эффекты, нетрудно запомнить главные идеи. Представления о возможностях физэффектов органически войдут в инженерное мышление, перестанут быть внешней информацией. Освоить так пять или десять томов невозможно.

Что ж, пусть информация о физэффектах остается внешней: в конце концов, можно сориентироваться и в десятитомном справочнике. Но ведь есть еще и «сверхвузовская» физика! То, что пока известно лишь физикам и отражено в специальной литературе, например, квантовые эффекты, связанные с энергетическим состоянием поверхностных электронов металла в магнитном поле. Использование этих эффектов сулит заманчивую возможность управлять скоростью химических реакций с помощью магнитных полей (Г. Кринчук и др. Письма в ЖЭТВ, т. 19, вып. 7). «Указатель», вобрав физику «сверхвузовскую», превратится в библиотеку из 40 или 50 томов...

И вот тут (или раньше?) появляется спасительная мысль: надо использовать ЭВМ! Огромная память ЭВМ вместит сведения о всех физэффектах — и школьных, и вузовских, и «сверхвузовских». А как прекрасно, как современно это звучит: банк физэффектов с использованием ЭВМ...

Из опыта Робинзона

Оказавшись на необитаемом острове, Робинзон Крузо, естественно, попытался выбраться оттуда и начал строить лодку, точнее, пирогу. «Я повалил огромный кедр... Двадцать дней я рубил самый ствол, да еще четырнадцать дней мне понадобилось, чтобы обрубить сучья». Месяц Робинзон потратил на придание стволу дерева внешних обводов лодки. И еще три месяца — на выдалбливание лодки изнутри. «Я был в восторге от своего произведения: никогда в жизни я не видел такой большой лодки из цельного дерева». А потом выяснилось, что нет никакой возможности дотащить пирогу до воды или подвести воду к пироге... «Одним словом,— с горечью отмечает Робинзон,— взявшись за эту работу, я вел себя таким глупцом, каким только может оказаться человек в здравом уме».

Собрать «банк физэффектов» — работа огромная, но в принципе выполнимая. А что дальше? Не произойдет ли с этим «банком» то, что произошло с пирогой Робинзона?..

Предположим, Вы — ЭВМ

Да, предположим, что Вы — ЭВМ. Вам нужно решить задачу:

Для изготовления типографских печатных форм в полиграфии применяют цинковые пластины, покрытые слоем светочувствительного материала. К такой пластине прикладывают негатив, затем вымывают незасвеченные места покрытия и заливают пластину азотной кислотой. Там, где светочувствительный слой смыт, азотная кислота «выедает» цинк, образуется рельефная поверхность — клише. Способ очень трудоемок, полученный рельеф недолговечен. Ваше предложение?

Задача ясна: вместо цинкографии необходим новый способ получения клише — простой, быстрый, экономичный. Надо использовать какой-то физический эффект. Но какой именно? ЭВМ добросовестно перебирает «банк»: электростатика? электролиз? магнитострикция? эффект Пойнтинга? фотоупругость? пироэлектричество?

Предположим, Вы — вполне современная ЭВМ. Вы быстро перебрали сотни тысяч хранящихся в Вашей памяти физических эффектов и явлений. Ну и что? Как узнать, какой эффект подходит для решения задачи, а какой не подходит? В принципе подойти может любой эффект, заранее ничего нельзя сказать...

Вернемся к цинкографии. Нетрудно заметить, что она основана на применении комплекса физических и химических эффектов. Значит, перебирать надо не только одиночные эффекты, но и бесчисленные комбинации разных эффектов. И нет никаких критериев отбора, никаких признаков, позволяющих сказать, что вот это сочетание эффектов решает задачу, а другое сочетание ее не решает.

Чтобы собрать «банк физэффектов», нужен колоссальный труд, потому что основная масса сведений рассеяна в безбрежном океане физической литературы. Каждые 10—12 лет объем сведений по физике удваивается. Придется соответственно увеличивать и объем «банка физэффектов». Впрочем, почему мы говорим только о физэффектах? «Банк» должен включать и химию, и геометрию...

Робинзон признается: у него не раз возникала мысль о том, что лодку трудно будет опустить на воду. Но он отгонял эту мысль «глупейшим ответом»: прежде сделаю лодку, а там уж, наверно, найдется способ спустить ее... Неразумно собирать «банк эффектов», предполагая, что потом каким-то образом удастся использовать ЭВМ для поиска необходимого эффекта или сочетания эффектов.

Сила анализа

Лет 15 назад основу информационного фонда ТРИЗ составляли комбинационные приемы: инверсия, дробление, объединение и т. д. В те годы не раз высказывалась мысль о том, что надо собрать побольше приемов, вложить их в память ЭВМ и заставить машину отыскивать нужный прием. Выяснилось, однако, что сочетаний приемов бесконечно много и нет критериев для выбора нужного сочетания. Развитие ТРИЗ пошло в ином направлении. Были выявлены закономерности, позволяющие анализировать задачу и шаг за шагом приближаться к искомому ответу. Аналогичная ситуация складывается ныне с фондом физэффектов. Возможность нащупать ответ на трудную задачу, вслепую перебирая

физэффекты, практически равна нулю. Нужен анализ — своего рода мост между задачей и ответом.

Возьмем, например, задачу об электролизе и используем типичную для ТРИЗ операцию перехода к идеальному решению. Условия задачи не содержат претензий к самому процессу электролиза. Поэтому идеальное решение в данном случае выглядит так: в технологии электролиза ничего не меняется, но слой осажденного металла приобретает способность легко сниматься с катода. Переход к идеальному решению сразу отсекает множество «пустых» вариантов. Идеальное решение не может быть основано на «посторонних» физэффектах, полях и веществах, оно должно использовать то, что уже есть в технической системе. Следующая операция — определение физического противоречия. Между катодом и металлом должна быть легко разрушаемая прослойка, позволяющая отделять металл от катода, и не должно быть никакой прослойки, чтобы не было отступления от идеала. Быть и в то же время не быть прослойка способна лишь в двух случаях: если она является видоизменением вещества катода или видоизменением вещества металла. Тогда прослойки как бы нет (нет постороннего вещества) и она как бы есть (ее вещество все-таки чем-то отличается от уже имеющихся веществ). Условия задачи ничего не говорят о материале катода, поэтому остается одна и только одна возможность — выполнить прослойку из видоизмененного металла.

Всего две операции из богатого арсенала ТРИЗ, но мы с математической точностью пришли к ответу: между катодом и металлом находится тонкий слой того же металла, осаждается этот слой электролитически и отличается хрупкостью, непрочностью. Остается заглянуть в любое самое простое пособие по электролизу, чтобы конкретизировать ответ: «легколомаемый» слой можно получить, увеличив силу тока. В а. с. 553309 (1977 г.!) это сформулировано так: «...с целью значительного сокращения затрат ручного труда при сдирке катодных осадков и исключения загрязнения катодного осадка и электролита катод покрывают рыхлым губчатым слоем осаждаемого металла, который наносят электролитически в режиме предельного тока».

Попробуйте теперь применить этот подход к задаче о цинкографии. По условиям задачи плоха (громоздка, трудоемка) вся технология получения клише. Поэтому идеальное решение не связано с сохранением старой технологии. Есть лист вещества (не обязательно цинка!), к которому приложен негатив. Под действием света этот лист *сам* превращается в клише. На листе «вырастают» буквы...

Искать закономерности

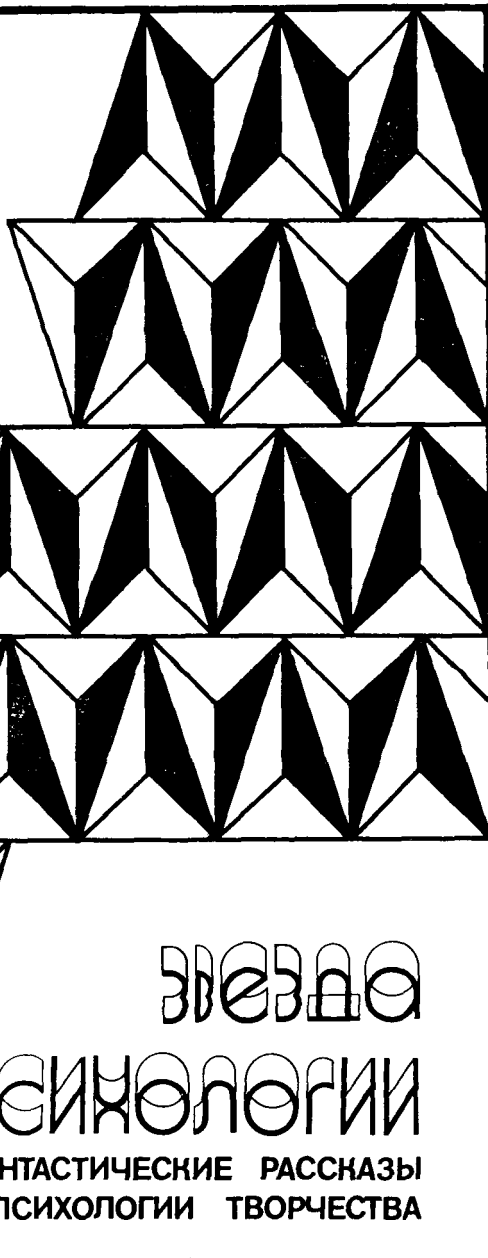
В нынешней ТРИЗ четко отработан путь от исходной ситуации к задаче, затем к модели задачи и (через формулу идеального решения) к физическому противоречию. Далее накатанная дорога обрывается: переход от физического противоречия к физическому ответу пока намечен, так сказать, пунктиром. По-видимому, именно здесь должны быть сосредоточены основные усилия разработчиков.

Прокладывать дорогу между физпротиворечиями и фондом физэффектов надо с двух сторон. Необходимо искать закономерности, позволяющие вести анализ и после того, как сформулировано физпротиворечие. В то же время сам фонд физэффектов следует строить так, чтобы он наилучшим образом «стыковывался» с аналитическим аппаратом ТРИЗ. Как это может выглядеть, видно, например, из статьи о капиллярно-пористых веществах: выявлена линия развития технических систем, выделены «узлы» этой линии. Такой подход позволяет упорядочить множество казавшихся несвязанными физэффектов, «привязать» их к вещественным структурам, вскрыть логику последовательного использования физэффектов в технике.

* * *

Работа по освоению фонда физэффектов только разворачивается. Тем важнее с самого начала вести ее разумно. С учетом опыта Робинзона...

В. Н. Журавлева



ЗВЕЗДА

ПСИХОЛОГИИ

НАУЧНО - ФАНТАСТИЧЕСКИЕ РАССКАЗЫ
О ПСИХОЛОГИИ ТВОРЧЕСТВА

Высокая культура мышления изобретателя невозможна без регулярного чтения научно-фантастической литературы (НФЛ). Есть у НФЛ удивительная способность развивать воображение, приглушать психологическую инерцию, делать мышление гибче, готовить ум человека к восприятию «диких» идей, без которых немислима современная научно-техническая революция. И что, может быть, самое главное — НФЛ обладает поистине волшебным свойством вовлекать в научно-техническое творчество. Вот почему цикл «Техника — молодежь — творчество» включает и научно-фантастические рассказы о психологии творчества. Рассказы эти находятся «на грани возможного», и психология творчества показана в них вполне научно.

В первом рассказе цикла («Снежный мост над пропастью») его героиня Кира Сафрай еще не психолог, она только вступает на творческий путь. Перед нами раскрывается механика втягивания в творчество. Проходит несколько лет, и молодому ученому приходится решать труднейшую задачу («Приключение»). Рассказ ведется от первого лица, и читатель может во всех деталях проследить приключение мысли. Психологический анализ творческого процесса дан и в рассказе «Мы пойдем мимо и дальше». Но сверх того выдвинута — впервые в НФЛ — идея конструирования новых типов вещества. Кто знает, быть может, эти идеи определяют облик технологии третьего тысячелетия... Фейерверк идей (их трудно назвать фантастическими, настолько убедительно они изложены) встретит читателя в рассказе «Звезда психологии». Идеи эти, наверное, были бы интересны и сами по себе — в сухом научном изложении, но в «Звезде психологии» они раскрыты так, что читатель почувствует колдовское притяжение творчества...

Составитель

СНЕЖНЫЙ МОСТ НАД ПРОПАСТЬЮ

С ума можно сойти! Не получается у меня статья. Вот, пожалуйста, наугад открываю «Вопросы психологии»: «Наибольшее рассогласование между двумя гипотезами определяется средним значением и дисперсией суммы случайных переменных, которая равна сумме средних значений и дисперсий распределений, из которых берутся переменные». Здорово, а? «Дисперсия суммы... которая... из которых...» Статья, в общем, пустая, но как звучит!

— Скрибас? — спрашивает Гроза Восьми Морей на своем сомнительном эсперанто. — Пишешь, говорю?

Он стоит у входа в палатку, в руках у него сковородка, солнце весело отражается на лысине Грозы Восьми Морей.

— Заходи, дед, — приглашаю я. — Видишь, дела идут совсем малбоне. Не выходит статья.

— Бывает, — успокаивает меня Гроза Восьми Морей. Он устанавливает сковородку на ящик, заменяющий стол, и бормочет: — Ши ирис претер домо сиа... нет, домо де сиа онкло. Она шла мимо дома своего дяди.

— Какого дяди? О чем ты говоришь, дед?

— Сиа онкло. Своего дяди. С предлогом «претер» упражняюсь. А тебе принес роста фиш. Жареную кефалку, значит.

Я ем кефаль, слушаю болтовню деда, и у меня появляется отличная мысль. Мои попытки писать научным языком, в сущности, немногим отличаются от эсперантистских упражнений Грозы Восьми Морей. Ну, а если я просто расскажу, как был открыт АС-эффект? Пусть редакторы сами уберут лишнее, уточнят термины, словом, сделают, что полагается. Главное — факты.

— Ли ригардис... ригардис... — Гроза Восьми Морей огорченно вздыхает. — Забыл, понимаешь. Вот ведь... Он смотрел, ли ригардис, а куда он, печки-лавочки, ригардис — забыл... Ладно, ты себе скрибу, дону скрибу, я пойду, надо сети готовить.

Итак, история открытия АС-эффекта.

История эта уходит в глубь веков. В седую древность. В эпо-

ху, когда мы жили в своем Таганроге и учились в шестом классе. С тех пор прошла целая вечность. Пять лет! Да, пять с половиной лет. Мы были тогда в шестом классе, заканчивалась третья четверть, и у Насти была двойка по математике. С этой двойки, собственно, все и началось.

Вообще-то с математикой у Насти не ладилось еще с первого класса. Но в тот раз положение было прямо-таки катастрофическое. Мы — я и Саша Гейм — старались вытащить Настю. Я старалась, потому что дружила с ней. Да и как староста класса я обязана была что-то делать с ее двойками. А Гейм уже тогда считался математическим вундеркиндом, блистал на олимпиадах и задачки, которые нам задавали, шелкал как семечки. В полном блеске Гейм развернулся позже, через год-полтора, но для нас он уже давно был математическим гением. Он занимался с Настей почти каждый вечер, я тоже помогала — без меня у Гейма просто не хватило бы выдержки. Занимались мы много, однако у Насти ничего не получалось. А впереди была последняя в четверти контрольная работа.

Так вот, собрались мы у Насти перед контрольной и стали решать задачи. Гейм в этот вечер кипел от злости. Накануне он достал толстенную математическую книгу, тайком читал ее на уроках, и теперь ему отчаянно хотелось удрать домой, к этой книге.

— Попытайся немножко подумать! — с раздражением сказал Гейм, скомкав очередной лист с неправильным решением. — Нельзя решать, не дочитав условий. Что ты смеешься?

— У тебя в очках лампа отражается, — объяснила Настя. — В каждом стекле по лампе. И когда ты злишься, они вспыхивают, как будто перегорают.

— Есть два пункта, — каменным голосом сказал Гейм. — Пункт А и пункт Б. Тебе понятно? — Он взял два карандаша, положил по обе стороны задачника. Настя перестала смеяться. — Расстояние между пунктами восемь километров. Ясно? Из пункта А вышел пешеход со скоростью пять километров в час. Одновременно и в том же направлении вышел из пункта Б автобус. Заметь, они движутся в одну сторону, — это очень важно.

— А куда они движутся? — спросила Настя.

— Туда! — закричал Гейм и показал руками на край стола. — Куда-то туда, какая тебе разница! Главное, они идут в одном направлении. И автобус через двенадцать минут догоняет пешехода. Надо найти скорость автобуса.

— Ладно, — согласилась Настя. — Не кричи, я найду.

Она стала решать задачу, поглядывая на карандаши. Гейм сидел на подоконнике и смотрел на часы.

— Фу, — радостно выдохнула Настя, — смотрите, сто семнадцать без остатка делится на тридцать девять. Значит, все пра-

вильно. А я боялась, не будет делиться. Ответ: три километра в час.

— Три километра! — Гейм подпрыгнул на своем подоконнике.— Ты, Настя, уникальная дура. Пешеход дает пять километров в час, автобус позади пешехода, автобус его догоняет, значит, скорость у него больше, чем у пешехода. Подумай, как автобус догонит пешехода, если будет ползти со скоростью три километра в час?!

Тут мне пришлось вмешаться, потому что Настя обиделась на «уникальную дуру». Я полистала задачник и нашла другую задачу, полегче. В девять утра со станции вышел товарный поезд, а в полдень отправился экспресс. Скорости поездов известны, надо узнать, в котором часу экспресс нагонит товарный поезд.

— Допустим, ты не дура,— великодушно сказал Гейм.— Я не настаиваю. Но логически мыслить ты не можешь — это аксиома. Вот если бы ты прочитала книгу Пойа «Математика и правдоподобные рассуждения»... Пойа дает общий метод решения задач. Решать надо всегда с конца.

— Я и решаю с конца,— возразила Настя.— Смотрю ответ, потом решаю.

— «Смотрю ответ»... Я же тебе о другом говорю! Решать задачу с конца — значит представить себе, что именно надо найти. Вот в этой задаче надо найти время. Давай рассуждать дальше. Что такое время?

— Ну, время... это такое... оно идет.

— Чтобы определить затраченное время, надо пройденное расстояние разделить на скорость. Поняла? Скорость нам известна. Разность скоростей в данном случае. И если мы узнаем расстояние, задача будет решена. Ясно?

— Нет, с конца я не могу. С ответа могу, а с конца — нет.

Гейм хотел сказать что-то ехидное, но я ему показала кулак.

Настя долго возилась с задачей, перемножала и делила какие-то шестизначные числа. И наконец объявила ответ: экспресс догонит товарный поезд в десять часов утра.

— Слушай, Кира, с ним что-то происходит,— испуганно произнесла Настя, показывая на Гейма.— Ты посмотри на него.

Еще бы! Экспресс догнал товарный поезд до того, как он, экспресс, вышел со станции... Мне было жалко Гейма, я понимала его чувства, но ведь к контрольной все равно надо готовиться.

Гейм мрачно уставился на часы, а я дала Насте еще одну задачу.

— Эту я обязательно решу,— неуверенно сказала Настя.— Ты не сердись, Саша. Ты же сам говорил, что Эйнштейн в школьные годы хватал двойки по математике. А ты ко мне придираешься. Я решу задачу, я ее понимаю. «Из закипевшего чайника отлили

две трети воды». Значит, там осталась одна треть, видишь, я все понимаю. «Оставшийся кипяток долили водой, температура которой равна двадцати градусам... Определить температуру воды в чайнике». Ну, тут четыре вопроса...

Гейм подошел и стал смотреть, как она решает. Настя написала четыре вопроса, вывела ответ и облегченно вздохнула. У Гейма позеленело лицо. Он взял свою шапку и ушел, хлопнув дверью и не простившись.

Настя растерянно моргала, с трудом сдерживая слезы.

— Я же не хотела его обидеть,— повторяла она.— Ну, Кира, правда, я его не хотела обидеть, почему он ушел?

Вот еще вопрос! А что должен был сделать Гейм, если по Настиному решению вода в чайнике имела температуру двести четырнадцать градусов?!

Гейм ушел, а я не могла уйти. Но я не знала книги Пойа «Математика и правдоподобные рассуждения» и вообще не была математическим вундеркиндом. Я ходила в театральные кружок, там говорили не о математике, а о системе Станиславского. Дома тоже говорили о системе Станиславского: отец и мать у меня театральные художники. И я стала учить Настю решать задачи по этой системе.

У меня просто не было другого выхода.

— Не реви,— строго сказала я Насте.— Прекрати реветь и представь себе события, которые происходят в задаче. Ну, как будто это театр. Или кино. Вот пешеход идет по дороге. Ты вообрази себе эту дорогу. Вообрази пешехода. Кто он такой. Как одет. И зачем ему надо идти. А тут еще дождик, такой мелкий, противный дождик, представляешь? Ну, понятное дело, пешеход переживает, он даже злится на себя, что не стал ждать автобуса. И подсчитывает: догонит его автобус или не догонит?..

— Нет,— перебила Настя.— Он знает, что автобус его догонит. Он подсчитывает, скоро ли автобус его догонит. Вот, думает, подниму тогда руку, и водитель остановит автобус. А дождь, конечно, идет все сильнее...

Ну! Тут я обрадовалась в десять раз больше, чем промокший пешеход при виде автобуса.

— Давай, Настька, — скомандовала я. — Вживайся в образ, у тебя получается.

У нее в самом деле получалось. Она грызла карандаш, который изображал пункт А, и смотрела на меня очень странным взглядом. Она как будто сквозь меня смотрела, куда-то очень далеко. И там была дорога, но очень хорошая грунтовая дорога, по которой шел пешеход, симпатичный парень, в клетчатой ковбойке, и прислушивался — не идет ли сзади автобус.

— Не вышло,— вздохнула Настя.— Не взял его автобус,

обрызгал водой, обфыркал вонючим дымом и помчался дальше. Со скоростью сорок пять километров в час.

Она не заглядывала в ответ, она сама нашла эти сорок пять километров в час!

Тут мы сразу принялись за поезда. Правда, сначала не получалось. Настя продолжала думать о пешеходе, которого не подобрал автобус: дождь в той задаче уже лил как из ведра, и спрятаться пешеходу было некуда. Все это мешало Насте вжиться в образ товарного поезда, которому очень обидно, что его вот-вот перегонит расфуфыренный экспресс. Зато в образ закипевшего чайника Настя вжилась как-то сразу. Она даже пофыркивала, вживаясь. И очень сочувствовала чайнику. Он был уже не новый, закопченный, грузный, с накипью. Ручка на нем оторвалась, ее небрежно завязали проволокой. А ведь когда-то он ходил в туристические походы...

Вот так все началось.

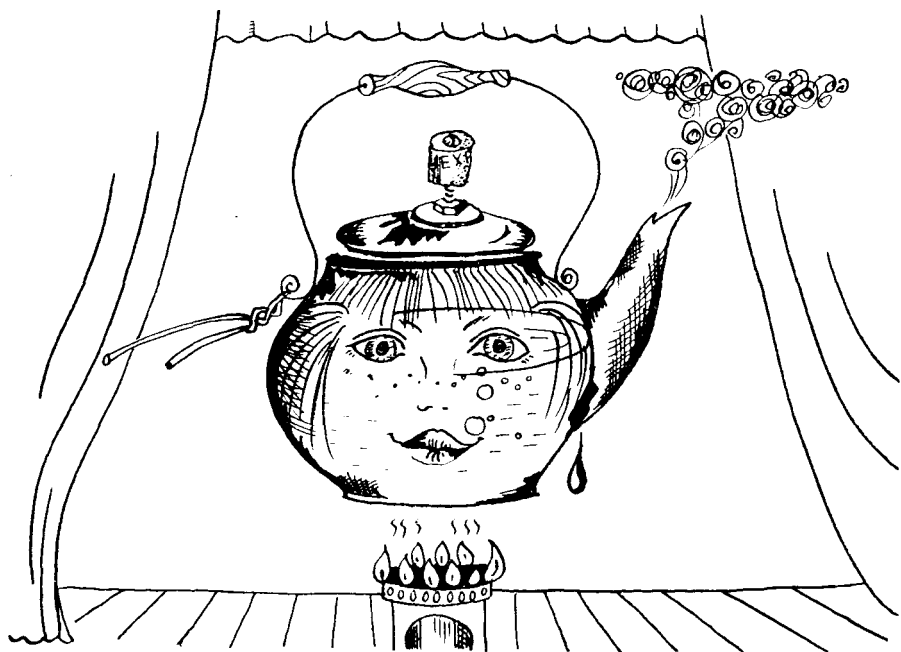
Конечно, я тогда не предвидела, во что это выльется. Меня радовало, что Настя получит тройку в четверти. Она и получила свою тройку. Это была колоссальная победа, и мы продолжали заниматься. Я заставляла Настю вживаться в каждую задачу. Метод действовал надежно, только времени нужно было много: не так просто вжиться, скажем, в образ колхозного поля, которое засеяно на три восьмых пшеницей, на две девятых — кукурузой, потом еще чем-то, и в связи с этим надо что-то узнать...

Что поделаешь! Гейм уже начал свою стремительную карьеру, у него не было ни минуты свободного времени, а я могла учить Настю только по системе Станиславского.

И вот пошло — в шестом классе, в седьмом и дальше. Настя старалась, она даже похудела, и только глаза у нее с каждым годом становились больше. Раньше я как-то не обращала внимания на цвет Настиных глаз. А тут вдруг заметила, что глаза у нее — как небо в грозу. Серые, а кажутся темнее черных. Большие глаза цвета грозового неба. И в них все чаще появлялся странный взгляд — сквозь вас, сквозь стены, куда-то далеко-далеко, где идут поезда из пункта А в пункт Б и автобусы догоняют пешеходов. А я подталкивала Настю: «Давай, вообрази, как там все происходит», — и не думала, к чему это приведет. Мне это казалось обычным.

Скажем, у Игоря Лаубиса хорошая память — он этим берет. Нина Гусева перечитала уйму книг — ей начитанность помогает. Саша Гейм — тот прирожденный математик. Ну, а Настя держится на воображении, только и всего.

Я тогда не понимала, что затеян психологический эксперимент. Допустим, память — тут целая наука как ее развивать. Но никто не ставил такого, как бы сказать, такого нахального опыта по



развитию воображения. Никто не знал, что здесь скрыты невероятные возможности.

Наш дом — в Исполкомовском переулке, а за углом, на Карла Либкнехта, одно лето жил мальчишка, упитанный розовый балбес. Так вот, он все лето тренировался по плеванию в цель. Сидит на скамеечке и плюет в картонку с кругами. Смотреть противно. За три месяца он научился попадать в десятку с пяти шагов. Вот что может дать упорная тренировка!

А Настя тренировалась не три месяца, а все пять лет — до окончания школы. Она перевоображала тысячи задач! К тому же у нее наверняка были соответствующие природные данные.

Мы перешли от задач с пешеходами, поездами и городами в безлюдную область синусов, усеченных конусов и биквадратных уравнений. Но Настя могла вообразить любую задачу. Даже тригонометрические функции острого угла она видела как взаимосвязанные особенности характера некоего человека по имени *О. Угол*. Человек этот менялся на глазах: одни качества вытеснялись другими, что-то безгранично увеличивалось, что-то безвозвратно терялось. В шестьдесят градусов *О. Угол* был уже не таким, как в двадцать.

Да что там *О. Угол*! У Насти оживали совсем уж безликие иксы и игреки. Я ко всему, казалось, привыкла, но меня поража-

ло, как она различает иксы и игреки: ведь они у нее в каждом примере были разные. Я приставала к Насте:

— Вот тебе система уравнений:

$$\begin{aligned}2x^2 - y &= 2 \\ x^3 - y &= 1.\end{aligned}$$

Объясни, пожалуйста, что ты там видишь.

— Как же, — говорила Настя, — этот икс такой маленький, такой серенький малыш-первоклассник. Видишь, он пыжится, ему хочется казаться старше, он возводит себя в квадрат, в куб, удваивает — и все равно остается маленьким. И мордочка у него измазана чернилами. Отними игрек — и почти ничего не останется. Но ведь его жалко, этого малыша, — продолжала Настя. — Я думаю, пусть у него ничего не отнимают. Пусть этот игрек уберет свои лапы, исчезнет. Ну и тут уже совершенно ясно видно, какой он малыш, этот иксенок: возвел себя в третью степень и по-прежнему равен единице...

В восьмом классе меня однажды послали к первоклассникам: у них заболела учительница, надо было заполнить свободный урок. Я взяла с собой Настю. Это тоже очень важный эпизод в истории открытия АС-эффекта.

Представьте себе три десятка мини-классников. Они, конечно, отчаянно шумят, возятся, и вот Настя начинает им рассказывать про Красную Шапочку. Через две минуты наступает такая тишина, что я слышу, как скрипят новые Настины туфли. Я радуюсь этой тишине и совсем не думаю о том, что малыши могут напугаться. А Настя тем временем рассказывает им о том, как Красная Шапочка идет по лесу. Она совсем не старается добиться художественного эффекта. Она смотрит сквозь нас и рассказывает то, что видит. А видит она *страшный* лес. Он уходит в бесконечность. Ни один звук не возвращается из бездонной фиолетовой тьмы. Костлявые серые стволы тесно обступают Красную Шапочку, а над тропинкой клубятся душистые испарения, сгущаются в липкий белесый туман. Змеящиеся ветви деревьев беззвучно опускаются позади Красной Шапочки, отрезая обратный путь...

Эти извивающиеся змеешейки доконали двух маленьких девочек на первой парте, они начали реветь, но Настя на них и не взглянула. А я растерялась. Ведь рассказывала Настя правильно, и малыши слушали.

Тем временем Настя дошла до того момента, как Серый Волк съел Бабушку, Сами посудите, каким он должен быть, этот кровавый волк, чтобы вот так запросто проглотить целую бабушку. И Настька выдала им соответствующего волка. Малыши завывали, прибежала завуч — нам хорошо досталось...

В этот день я начала понимать, что затеяла с Настей нечто

необычное. Я пошла в библиотеку, взяла учебник психологии для педвузов и стала читать. Ну, не скажу, что было понятно. Но две вещи к себе уяснила. Во-первых, после школы я пойду на психологический. Во-вторых, эксперимент надо продолжать. В восьмом классе Настя училась на четверки и пятерки. Значит, ничего плохого от развитого воображения быть не может.

Это я тогда так рассуждала. Наивно, конечно, раз хорошие отметки—все в порядке. Теперь-то я понимаю, что Настя просто стала бы другим человеком, если бы в тот вечер перед контрольной я не выпустила джинна из бутылки. И у меня тоже была бы другая судьба. Я ведь мечтала о кино, о театре, три года ходила в театральные кружки, а тут мне сказали: «Так нельзя, выбирай». Они были правы, не спорю. Я пропускала репетиции, не учила роли, вообще утратила интерес к искусству. Читала книги по психологии, одолела даже две работы Жана Пиаже: «Проблемы генетической психологии» и «Роль действия в формировании мышления». И постепенно крепла уверенность, что я на верном пути. Понимаете, в психологии слишком сильна, как бы это сказать, наблюдательская тенденция. Взгляд со стороны. Даже психологические эксперименты — это тоже наблюдение в слегка измененных условиях. Представьте себе, что физики ограничились бы экспериментами при небольших температурах, давлении, скоростях,— где была бы сегодня физика? Конечно, психология имеет дело с человеком и вынуждена быть осторожной, но все-таки мы должны перейти к активным экспериментам по исследованию возможностей человеческого мозга.

Смешно, но тогда меня огорчало, что я не могу поставить опыт на себе. Не было новых идей. Мне оставалось продолжать эксперимент с Настей.

Я объявила Насте, что отныне она подопытный объект. Настя улыбалась и смотрела на меня — нет, сквозь меня! — своими глазами цвета грозового неба.

С этого времени я заставляла Настю вживаться в образы по всем предметам — по литературе, физике, химии и даже по черчению. Конечно, не все шло гладко. Скажем, история. История требует точности, документальности, это не математика, где можно вообразить пешехода веселым или, наоборот, грустным, можно мысленно остановить автобус или представить себе, что он проехал мимо. Настя однажды вообразила, как Меншиков, уже в ссылке, стоит у окна избы, а на дворе идет дождь, и Меншиков нехотя, небрежно водит по подбородку старой электробритвой «Харьков». Подумать только — электробритва в первой половине восемнадцатого века! Но Настя утверждала, что очень хорошо видит эту картину и даже слышит монотонное жужжание электробритвы...

Лучше всего у Насти получалось с математикой, физикой, химией. Думаю, это не случайно. Если расположить все отрасли наук и все виды искусств в ряд по степени точности, на одном конце ряда будет история — наука документальная, полностью исключаящая вымысел, а на другом — литература, для которой вымысел не редкость. Ну, а математика, физика, химия — как раз посредине. Стихи Настя не могла сочинять: ей нужны были исходные данные, условия задачи.

Зато с математикой дела у нас шли блестяще. В девятом классе это признал даже Саша Гейм.

Произошло это так.

Однажды на большой перемене он объявил, что есть задачка из репертуара приемной комиссии физтеха. С бассейном и четырьмя трубами. Народ, естественно, возмутился: всем изрядно надоели задачечные бассейны, специально созданные, чтобы топить бедняг-абитуриентов. Но слова «приемная комиссия» и «физтех» звучали весомо. Игорь Лаубис пошел к доске, а Гейм стал излагать задачу. «Когда открыты первая, вторая и третья трубы, бассейн заполняется за двенадцать минут. Если открыты вторая, третья и четвертая трубы, — за пятнадцать минут, если первая и четвертая, — за двадцать. Спрашивается: за какое время бассейн наполнится водой при четырех открытых трубах?»

Я следила за Настей. Она смотрела сквозь Гейма и, конечно, видела этот бассейн. Вероятно, она видела и трубы, и краны, и, может быть, даже людей, сидевших у бассейна и ждущих, когда же он наконец заполнится. Игорь стал писать на доске уравнения, ребята ему подсказывали. Но тут Настя сказала:

— Совсем маленький бассейн. За десять минут заполнится.

Гейм сразу настоужился и стал допытываться, откуда Настя знает ответ.

— Вот бассейн, — ответила Настя. — Бетонные стенки, лестница, два трамплина. И трубы. Черные такие трубы, а на них белой краской написаны номера...

— Почему трубы черные? — перебил Лаубис. — Может быть, они серые. Или оранжевые.

— Черные. С большими белыми номерами, — повторила Настя. — Я так вижу, тебе какое дело? Номера один, два, три. Идет вода, за минуту она заполнит бассейн на одну двенадцатую. Рядом трубы с номерами два, три, четыре. В минуту заполняют одну пятнадцатую бассейна. И снова трубы с номерами один и четыре. Одна двадцатая объема в минуту. Каждый номер повторяется два раза — это же сразу видно. Восемь труб, два комплекта по четыре. За минуту они заполняют одну пятую бассейна, весь объем — за пять минут. Значит, четырем трубам нужно вдвое больше времени. Вот и все.

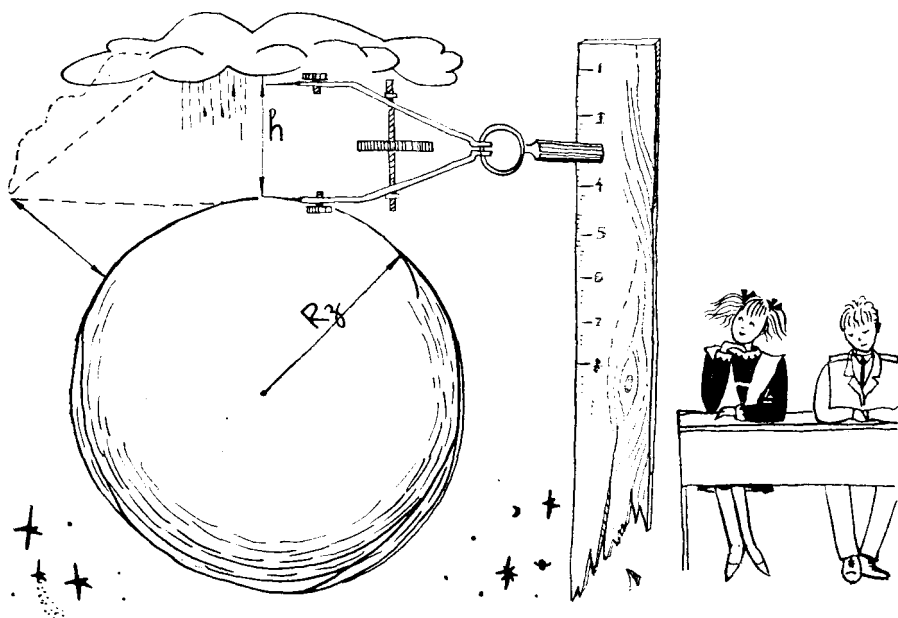
— Учитесь, народы,— торжественно объявил Гейм.— Логика и ясность мышления. Моя школа!

Как же, его школа... Меня не раз подмывало все рассказать, но я не решалась. В книгах по психологии я вычитала, что математические способности связаны с умением оперировать абстрактными понятиями. Математик, говорилось в книгах, мыслит обобщенно, свернутыми структурами. Вот задача такого-то типа, думает он, здесь надо сначала идти таким путем, потом сделать то-то и то-то. И так далее. Понимаете, без всяких картин. Наоборот, математическое мышление как раз и состоит в том, чтобы уйти от конкретных картин к операциям с обобщенными образами и символами. Получалось, что моя работа с Настей — просто бред, ересь какая-то. Я попробовала говорить с парнем, который учился на пятом курсе нашего педвуза. Разговор не получился: он начал посмеиваться, я замолчала.

Оставались книги. Я много читала. Мне казалось, что должна отыскаться книга, которая ответит на все мои вопросы. Книгам уже было тесно в моей комнатухе. Они лежали на столе, на подоконнике, на полу. Однажды, чтобы освободить место, я перенесла в отцовский шкаф все, что когда-то собрала о театре.

— Ну вот,— грустно сказал отец,— сегодня ты сделала окончательный выбор. Жаль. Ты стала бы хорошей актрисой.

Театр. Теперь у меня не хватало времени, чтобы съездить в Ро-



стов на премьеру. Двадцать четыре часа оказались такими же тесными, как моя комнатуха. Я почти физически ощущала эту тесноту.

А эксперимент продолжался. У Насти по математике были пятерки. Она даже попала с Геймом на областную олимпиаду. Я поехала с ними — мне хотелось присмотреться к ребятам-математикам. Что ж, в общем, они были похожи на Гейма: мыслили этими самыми свернутыми структурами, символами и, конечно, не вживались в образы иксов и игреков. И все-таки Настя до самого конца олимпиады держалась в призовой группе. Срезалась она перед финишем. По условиям задачи надо было найти высоту облаков над рекой. А наблюдатель был где-то в стороне. Так вот, Настя — единственная! — учла при решении кривизну земной поверхности. И совершенно напрасно. У жюри начался спор, мнения разделились. С одной стороны, задача не требовала поправки на кривизну. С другой стороны, наблюдатель стоял далеко от того места, над которым висели облака, — поправка на кривизну давала разницу около тридцати сантиметров.

Я-то понимала, что для Насти просто не было выбора. Она *видела* эти облака, *видела*, как они уходят к горизонту и, конечно, должна была учесть выпуклость Земли. Словом, Насте снизили баллы за громоздкость решения. По-моему, несправедливо.

Определенную роль тут сыграл психологический фактор. Члены жюри с некоторым сомнением поглядывали на Настю. Ну, представьте себе ребят на математической олимпиаде. Сосредоточенные, эрудированные, прямо-таки излучающие любовь к математике, к науке — и потому очень надежные. И рядом Настя — начинающая кинозвезда с обложки «Советского экрана»: рассеянно смотрит куда-то в пространство, ничего не записывает...

Гейм занял первое место. Насте досталось седьмое, так что вернулись мы все-таки с победой.

— Не дуйся, — утешал меня Гейм. — Совсем неплохой результат для Насти. В десятом классе нажмет — выйдет на призовое место. Хотя, честно говоря, нет у нее божьей искры.

Он, конечно, не сомневался, что у него эта самая искра есть. Тщеславие вундеркиндов...

— Слушай, Гейм, — предложила я, — давай договоримся так: если Настя в ближайшие пять лет перегонит тебя, ты устроишь артиллерийский салют победительнице.

— Как это — салют?

Вот они, свернутые структуры. Ни капли настоящего воображения!

— А так. У памятника Петру стоят две старые пушки. Зарядишь их и выстрелишь. А если ты выиграешь, мы тебе отсалютуем из пяти орудий. Две пушки у Петра, две у музея и одна воз-

ле проходной судоремонтного завода. На весь Таганрог будет шум!

Тут до него дошла эта картина. Мы заключили торжественное соглашение.

Пять лет... Понимаете, есть в психологии мнение, что математические *учебные* способности вовсе не гарантируют наличия математических *творческих* способностей. На эту тему психологи спорят по крайней мере полстолетия. И могут спорить еще столько же. А я должна была что-то решать. Настя относилась ко мне, как спортсмен к тренеру, и мое мнение для нее много значило.

В общем, я переворошила массу литературы, подумала и решила: Настя должна поступать в физтех.

Летом мы с утра шли в порт, на мол. Порт в Таганроге небольшой, тихий. Бетонный мол — излюбленное место рыбаков. Они целыми днями сидят там со своими удочками. А мы сидели с книгами. За лето я погрузилась в самые дебри психологии — теорию интеллектуальных операций, генетическую эпистемологию, факторный анализ, функциональное моделирование. Настя читала курс высшей математики Фихтенгольца и для практики пыталась рассказывать на английском языке душераздирающие истории из личной жизни дифференциалов и кривых второго порядка...

Кое-что мне удалось записать и потом проанализировать по методу Лирмейкера. Результат был ошеломляющий: индекс фантазии превышал 250. Между тем сам Лирмейкер говорит, что ему ни разу не встречался человек с индексом свыше 160.

Отрабатывая технику анализа, я изучала научную фантастику, сказки, мифы. Лишь в двух случаях индекс фантазии достигал 200 — по Лирмейкеру это соответствовало *гениальной* фантазии.

В конце лета я устроила специальное испытание и заставила Настю написать сочинение на тему «Пятое время года». Сама же с превеликим трудом выжала три странички на эту тему (индекс фантазии 106). Я брала самые жесткие коэффициенты, которые только допускал метод Лирмейкера,— все равно у Насти получалось 290 единиц!

Конечно, шкала Лирмейкера тут просто теряла смысл. Качество, которое выработалось у Насти, уже не было фантазией в обычном понимании этого слова. Это новое качество так относилось к простой фантазии, как интегральное исчисление относится к арифметике.

И еще одну работу я проделала в это лето: составила сборник задач и упражнений по развитию ультрафантазии. Все эти годы я шла, в сущности, на ощупь — у меня не было сколько-нибудь обоснованной системы. Да и не могло быть — никто не ставил таких опытов. И вот теперь я отчетливо видела пути развития уль-

трафантазии. Видела ошибки, допущенные раньше. Начнись опыт сейчас, я добилась бы тех же результатов за два года, а не за четыре.

В десятом классе у Насти были сплошные пятерки. Гейм уехал в Новосибирск, в физматшколу, и Настя сверкала на нашем небосклоне без конкуренции.

Да, пожалуй, тут надо сказать о парнях. Математическая слава плюс огромные глаза цвета грозового неба действовали как магнит. Сначала это меня тревожило. Мерещились разные ужасы: а вдруг Настя выйдет замуж и не пойдет в физтех?.. Ничего, обошлось. Видимо, не очень приятно, когда смотрят сквозь тебя и думают о чем-то своем. К тому же сложилось мнение, что Настя — зубрилка, мечтающая только о золотой медали.

Она и в самом деле получила золотую медаль. Я с трудом вытянула на похвальную грамоту. Все считали, что Настя мне помогает, приходилось поддерживать честь фирмы.

Медаль — это хорошо, а вот сомнений у меня тогда было более чем достаточно. Я вдруг обнаружила: на переднем крае точных наук господствует идея, противоречащая самой основе моего эксперимента. Считается, что современная наука работает там, где воображение бессильно. Чем смелее ученый уйдет от наглядных представлений, тем дальше он продвинется. И это подкреплялось убедительными примерами. В самом деле, попробуйте вообразить фотон, который ведет себя иногда как частица, иногда как волна, иногда как волно-частица и к тому же не имеет массы покоя... Теория относительности, квантовая механика, ядерная физика — каждый шаг вперед удавалось сделать лишь ценой отказа от *наглядных* представлений. Именно поэтому так выросла роль математики.

Получалось, что я иду против течения. Для утешения я придумала теорию щелей: продвигаться вперед можно не только с позиции математической силы, но и окольными путями — существуют щели, по *которым* воображение способно прорваться далеко вперед.

Мы поехали в Москву и без особого труда поступили: Настя — в физико-технический институт, я — на психологический факультет МГУ. Забавное было зрелище, когда мы впервые появились в коридорах физтеха. Я не сомневалась в Насте и позволила себе немного порезвиться. Оделись мы просто, но очень эффектно. Психология кое-чему научила меня в этом смысле. К тому же мы с апреля ходили на мол и успели основательно загореть. Широкие массы бледнолицых абитуриентов были потрясены.

— Дорогие девушки, — вежливо обратился к нам долговязый очкарик, — неужели вы решили бросить ВГИК?

— О чем ты говоришь, Борис? — вмешался другой интеллек-

туал. — Актрисы просто пришли посмотреть на наши стены. В перерыве между съемками.

Это была одна компания. Ребята из математической школы Костылева. Они понимали друг друга с полуслова, чистенько подхватывали реплики, просто прелесть. Мы им подыгрывали.

— Загар? Отдыхали в Крыму, подумаешь! Говорят, главное перед экзаменами — свежий воздух и хорошее питание...

Развлекались они минут двадцать. Зато с каким удовольствием я рассматривала их физиономии после экзамена! Решая задачу, Настя самостоятельно пришла к формуле Коши-Буняковского.

— Значит, свежий воздух, да? — сказал мне долговязый очкарик. Сам он едва-едва дотянул до пятерки, и вид у него был взъерошенный.— Значит, свежий воздух и хорошее питание? Артистки! Не бросайте ВГИК, подумайте о судьбах родного киноискусства!

Мы поселились у Лидии Николаевны, двоюродной тетки Насти. В наше распоряжение была выделена отличная комната в двенадцать квадратных метров, из которых по крайней мере три метра занимали камни, минералы, полезные, полуполезные и просто бесполезные ископаемые, собранные мужем Лидии Николаевны, геологом, работающим сейчас в Афганистане. Камни были на подоконнике, на полках, на полу. Тахта, которая мне досталась, стояла на четырех глыбах полупрозрачного, похожего на лед флюорита. Два дня мы сдирали пыль, ввевшуюся в поры камней, и довели минеральное царство до блеска. Потом заново разложили камни, на стол поставили большую друзу золотистого пирита. Лидия Николаевна, работающая в архитектурном институте, объявила, что камни отлично вписались в интерьер.

Конечно, не худо было бы убавить камней и прибавить этого самого интерьера. Однако я не хотела переходить в общежитие до завершения эксперимента.

Вывод формулы Коши-Буняковского (чем я немало гордилась) еще не гарантировал, что Настя сможет самостоятельно делать новые открытия. Тут вообще складывалась кошмарная ситуация. Я не могла требовать от Насти открытий сразу, на первом курсе. А с другой стороны, нельзя было ждать пять или десять лет — это меня не устраивало. Психологические эксперименты требуют иногда столько времени, что и трех жизней не хватит.

Я злилась, но ничего не могла изменить. Насте надо было заниматься. Мне тоже. Много времени уходило на дополнительные предметы, — я составила индивидуальные планы на два года вперед. Плюс спорт — четыре раза в неделю мы ходили на плавание. Наконец, Москва с ее театрами, концертными залами, картинными галереями, музеями и просто площадями и улицами, которые обязательно надо было обойти.

Я много ходила. Мне нравилось ходить по улицам большого города, смотреть на прохожих, на дома, на витрины и думать. Однажды (это было в конце зимы) я забежала погреться в метро и на встречном, поднимающемся вверх эскалаторе увидела ребяташек с воспитательницей. Вероятно, это была группа из детского дома. Трудно сказать, куда они ездили в такой мороз. Ребяташки были в одинаковых шубках, шапках и рукавицах.

— Двадцать шесть человек, — сказал кто-то за моей спиной. — Две футбольные команды и запасные игроки. Подрастает смена.

— Вот именно, — насмешливо отозвался другой голос. — Сегодня у них равные шансы. Потом кто-то станет капитаном, а кто-то просидит всю игру на скамейке, в запасе...

Я хотела обернуться, и вдруг — мгновенно, в какую-то неуловимую долю секунды — у меня появилась мысль, которую я ждала все эти годы. Я отчетливо увидела, что надо делать дальше. Увидела картину, в которой эксперимент с Настей был лишь одним из эпизодов.

Ушел поезд, на время опустел перрон, а я стояла, смотрела на рельсы, и сердце стучало так, словно я бежала куда-то из последних сил.

С этого дня я начала готовиться к следующему эксперименту. Время — вот чего мне постоянно не хватало. Слишком быстро прошел этот первый год в Москве.

Летом, сразу после экзаменов, я устроила Настю лаборанткой в Институт технической кибернетики. Я надеялась, что Насте представится случай проявить свои способности. Случай действительно представился, хотя все получилось совсем не так, как я рассчитывала.

После первого трудового дня Настя вернулась в восторженном настроении, невнимательно проглотила парадный обед, приготовленный мною под руководством Лидии Николаевны, и весь вечер вводила нас в дела лаборатории бионики. Группа, в которой работала Настя, занималась проблемой распознавания образов. В общих чертах эта проблема мне знакома, она затрагивает и психологию.

Возьмем какую-нибудь букву, скажем, «а». Ее можно написать по-разному: прописью, печатным шрифтом, мелко, крупно, самыми различными почерками, но человек легко определит, какая это буква. Можно положить «а» набок, перевернуть, зачеркнуть каким-нибудь замысловатым узором — все равно человек увидит и узнает «а». Наш мозг умеет выделять главное, характерное для всех изображений объекта, и отбрасывать несущественные детали, как бы они ни искажали этот объект. Значит, существуют приемы, с помощью которых мозг распознает зрительные образы. Чтобы научить машину распознавать образы (без этого она не сможет

читать и вообще видеть), нужно найти приемы распознавания, суметь их промоделировать,— в этом одна из главных задач бионики. В Настиной лаборатории опыты велись на перцептроне — электронной машине, специально сконструированной для распознавания образов. Перцептрон показывали набор географических карт, и машина безошибочно отыскивала два одинаковых изображения среди сотен более или менее похожих.

Настя уверяла, что перцептрон просто чудо.

— С таким перцептроном,— сказала Настя,— мы обязательно утрем нос самому Розенблатту, основоположнику перцептроники.

Тут она замолчала и стала смотреть на камни в углу комнаты. Сначала мне показалось, что Настя представила себе эту картину: как осуществляется процедура утирания носа и как ведет себя при этом основоположник перцептроники. Но по глазам (в них начали собираться грозовые тучи) я поняла, что дело серьезнее.

У Насти появилась идея.

Мне хотелось расцеловать Настю, но из психологических соображений я сдержала восторг. Надо было по-деловому все обсудить.

Идея в самом деле была замечательная.

Предъявим перцептронку много разных фотографий одного и того же человека. Пусть машина выделит наиболее характерные черты и даст *обобщенный* портрет. Каким бы искусством ни обладал фотограф, он не может снять обобщенный образ. Обобщение под силу только живописи. Но живопись в отличие от фотографии не документальна. Если идея окажется верной, перцептрон позволит соединить конкретность и точность фотоискусства с художественным обобщением, свойственным живописи. И тогда останется сделать только шаг, чтобы прийти к новому синтетическому виду искусства — фотописи...

Мы не спали до поздней ночи, на все лады развивая эту идею. Мы не представляли, как обернется дело. Это моя вина. Я обязана была предусмотреть возможные осложнения.

Утром, проводив Настю, я пошла в читалку. В этот день мне никак не удавалось сосредоточиться, мысли вертелись вокруг Насти, перцептрона и фотописи. Я даже попыталась представить, как мы утираем нос Розенблатту. А вернувшись домой, обнаружила плачущую Настю. На кровати лежал чемодан, и Настя, глотая слезы, укладывала в него свои вещи.

Пришлось потрудиться, пока я получила информацию о случившемся.

Так вот, утром Настя изложила идею своему непосредственному начальнику, программисту Юрочке. При этом она называла его «шеф» и смотрела на него глазами цвета грозового неба.

Юрочка, конечно, не устоял. Он пробормотал: «Головокружительная идея!» — и пошел к руководителю группы, бородатому Вова. Тот сначала морщился и хмыкал, но Юрочка привел неотразимый довод. Он напомнил, что в связи с юбилеем П. П. Пыхтина, старшего научного сотрудника отдела экономики, юбилейная комиссия готовит альбом, в котором собраны полторы сотни снимков, просто готовый материал для персептрона. И лаборатория бионики, которую упрекали в прохладном отношении к предъюбилейной возне, теперь сможет внести свой вклад, украсив альбом первым в мире фотописным портретом. Вова поскреб бородку и согласился.

Начали обсуждать детали. Выяснилось, что попутно удастся проверить некоторые спорные положения, содержащиеся в недавно опубликованной статье киевских биоников из группы Стогния.

— Такой появился энтузиазм, — вытирая слезы, рассказывала Настя, — их уже нельзя было остановить.

Но она, разумеется, и не думала их останавливать.

Подготовка опыта заняла три часа, пришлось переналаживать фотоблок. Восемь минут машина рассматривала альбом. Еще двадцать пять минут ушло на обработку полученного фотописного портрета. К обеденному перерыву портрет был готов. Сработали неведомые каналы информации, вокруг персептрона собрался народ из разных отделов и лабораторий. Появление первой фотописи шумно приветствовали. Портрет получился яркий. Пыхтин выглядел на нем несколько необычно и в то же время был чрезвычайно похож. Юрочка, дававший пояснения, подчеркивал, что лаборатория реализовала идею нового сотрудника. Идея всем нравилась, новый сотрудник тоже.

Прибыл Павел Павлович Пыхтин, осмотрел портрет, промолвил: «Гм, любопытно...»

Увеличенный снимок повесили в холле, рядом с объявлением о юбилейных торжествах. С этого и началось. То ли освещение в холле было другим, то ли сказалось увеличение, во всяком случае, что-то сразу изменилось. Настя считает, что сработал фактор времени: в фотопись надо хорошенько всмотреться.

Так или иначе, все скоро заметили, что П. П. Пыхтин выглядит на портрете как-то непривычно. Не было, например, модных очков. Казалось, это делает П. П. Пыхтина моложе, и только. Но вместе с очками исчезла интеллигентность. Что-то изменилось в выражении глаз и маленького, плотно сжатого рта. Персептрон сделал то, что удастся лишь очень талантливому портретисту. Он убрал все внешнее. Изменения были почти неуловимые. Но с портрета смотрел *настоящий* Пыхтин. Человек не очень умный, но старающийся казаться умным и значительным. Человек не очень добрый, однако носящий добрую улыбку.

— Он был без грима, — сказала Настя. — Наверное, таким он бывает наедине с собой.

В холле наступило неловкое молчание. Потом все разошлись по своим комнатам. Инженер Филипьев, обычно спокойный и немногословный, долго и взволнованно втолковывал, что сами виноваты: следовало найти другого человека. Карьера П. П. Пыхтина началась когда-то со статьи, разоблачающей приверженцев буржуазной лженауки кибернетики. Филипьев припомнил другие эпизоды и предсказал, что у Пыхтина не хватит ума свести историю с портретом к шутке. Предсказание не замедлило сбыться: последовал телефонный звонок.

Бородатый Вова и Юрочка героически приняли удар на себя. Начальство ограничилось «ссылкой»: Настю отправили в командировку. Решение было почти гениальное. Юбиляр мог считать, что лаборатория бионики и Настя наказаны. Лаборатория и Настя могли считать, что никакого наказания нет, так как ехать Насте предстояло в курортные края, на Черноморское побережье Кавказа.

По этому случаю был распит баллон томатного сока. Бородатый Вова от имени коллектива выразил уверенность, что новую лаборантку ожидает блестящее будущее, ибо устроить такой переполох на второй день пребывания в храме науки — это надо уметь...

— Так в чем же дело? — спросила я. — Выходит, все отлично устроилось?

Настя, всхлипывая, покачала головой:

— Придется ехать на дельфинью базу, а там пет ни дельфинов, ни базы. В сентябре только начнут строить. В лаборатории интереснее.

На следующий день я пошла в институт. Говорила с бородатым Вовой. Слушала Юрочку, который клялся продолжать исследования по фотописи. Ходила к начальству. Изменить уже ничего нельзя было — уехал директор института. Но я договорилась, что меня тоже зачислят лаборанткой и отправят вместе с Настей.

— Дельфинов, конечно, на базе нет, — сказал бородатый Вова, задумчиво рассматривая мое заявление. — Дельфины пока резвятся в море. Но при выдающихся способностях Анастасии Сергеевны не представляет никакого труда, предположим, расшифровать парадокс Грея и без дельфинов.

Я спросила, что это такое — парадокс Грея. Вова вздохнул, еще раз прочитал мое заявление и не совсем уверенно предложил перенести разговор о парадоксе Грея на внеслужебное время. Я вежливо отклонила его любезное предложение.

— Кажется, что-то припоминаю насчет парадокса, — сказала я, и это было химически чистое вранье: я не могла ничего вспом-

нить, поскольку ничего не знала.— Пожалуй, вы правы. Парадокс Грея можно расшифровать и без дельфинов. Мы этим займемся.

— Вот-вот,— пробормотал Вова, поскребывая бородку. Он растерялся от такого нахальства.— Займитесь. Обязательно займитесь. Человечество ждет.

Через два дня мы были в Адлере.

После нудных московских дождей мы попали под ослепительное солнце. Над бетонными плитами аэропорта поднимался теплый воздух, и я подумала, что ссылка получилась не такая уж плохая.

За сорок минут автобус доставил нас до дельфиньей базы. Тут мой восторг несколько утихли. Место, что и говорить, было курортное: обрывистый берег, внизу золотистый пляж, скалы, синее море и деликатный шорох прибоя. Четыреста метров сплошной красоты. И на этих четырехстах метрах стояли грязноватые склады-временки, высились холмы небрежно разгруженного кирпича, лежали под навесом мешки с цементом, а на самом видном месте возвышалась классическая сторожка допетровского стиля — неопределенного цвета, неопределенной формы, скроенная из неопределенного материала. Вокруг сторожки была растянута паутина сетей. Между сетями, радостно повизгивая, прыгал лохматый рыжий пес.

— Гениальная собака, — сказала Настя. — Сразу увидела в нас сотрудников Института технической кибернетики.

Мы спустились с обрыва и, сопровождаемые гениальной собакой, по лабиринту сетей пробрались к сторожке. У входа на раскладушке спал маленький лысый старичок. На груди старичка лежала книга в потрепанном сером переплете. Собака негромко тявкнула, старичок тотчас приоткрыл глаза и быстро сел на раскладушке. Книга упала, я ее подняла. Называлась она «Основы эсперанто».

— Ми этас гардисто,— бойко произнес старичок.— Сторож я. А вы кто? Кио вы этас?

Через десять минут мы полностью уяснили ситуацию.

База действительно существовала только в проектах. Пока была территория, куда завозились стройматериалы и кое-что из оборудования. Слово «территория» сторож произносил на эсперанто, и звучало это внушительно — територио. С южной стороны територио граничила с могучей и процветающей базой Института гидрологии, а на севере упиралась в крутой обрыв. Жилых строений на територии, помимо допетровской хижины, не было. И заботиться о нас должен был, по мнению ученого сторожа, камарадо Торжевский, ведавший територио и материалами.

— Камарадо Торжевский... как его... ли этас саджа хомо,— объяснил сторож.— Толковый мужик, говорю.

— Что же,— спросила я,— в эсперанто все существительные оканчиваются на «о»?

— Все! — радостно подтвердил просвещенный дед и указал на собаку.— Хундо. А зовут Трезоро. Сокровище, значит.

Сторож-эсперантист Григорий Семенович Шемет оказался презантной личностью. По специальности он был часовых дел мастером и почти безвыездно прожил полвека в Новгороде. Жил в одном и том же доме, работал в одной и той же мастерской. Жизнь шла плавно и размеренно, как хорошо отрегулированные часы. И совершенно неожиданно для своей многочисленной родни Григорий Семенович сбежал в Архангельск, пристроился в рыбачью артель. У него вдруг появилась неодолимая тяга к морю, к новым местам и неустроенной, полукочевой жизни под открытым небом. Беглеца отыскивали и упросили вернуться. Но он сбежал снова — на этот раз к Охотскому морю. Родня смирилась: решено было каждую весну отпускать старика. Он прошел страну «лавлонге кай лавлардже» (что значит вдоль и поперек), удачливо ловил рыбу на восьми морях (за что получил прозвище Гроза Восьми Морей) и теперь собирал деньги на туристский круиз вокруг Европы.

Дед был на редкость бойкий и подвижный. Рассказывая, он быстренько убрал раскладушку, пригласил нас в свою хижину и угостил чаем. В хижине было очень чисто, прохладно, неструганые доски пахли смолой. Не знаю, как Григорий Семенович годами сидел в часовой мастерской, это трудно было представить.

— А зачем эсперанто? — спросила Настя.

Дед всплеснул руками.

— В этой Европе, я тебе скажу, полным-полно разных народов. Не могу же я все языки учить. Не управлюсь до отъезда. И потом, дорогие мои белулино, то есть красавицы, эсперанто — язык звучный, ходкий, стройный. Вот я вам для примера прочитаю стихи поэта Лермонтова «Парус» в переводе на эсперанто.

Стихи поэта Лермонтова, однако, остались непрочитанными, так как прибыл камарадо Торжевский. Он прибыл на новенькой голубой «Волге», за которой шел караван из трех грузовиков, нагруженных кирпичом.

Камарадо Торжевский был великолепен. Казалось, он сошел с плаката «На сберкнижке денег накопил, путевку на курорт купил». Впрочем, сторож-эсперантист не ошибся: Торжевский оказался дядькой умным и дельным.

— Вы же свои парни,— сказал он.— Не надо так смотреть на мой новый костюм и на мою новую «Волгу». Это не роскошь, а скромная экипировка современного толкача. Ибо кто даст мне шифер и провода, если я появлюсь в мятой сорочке? И поскольку вы присланы мне помогать, смотрите и учитесь. Контакт с братья-

ми-дельфинами зависит пока от нас, снабженцев. Не будет оборудованной базы, не будет и контакта.

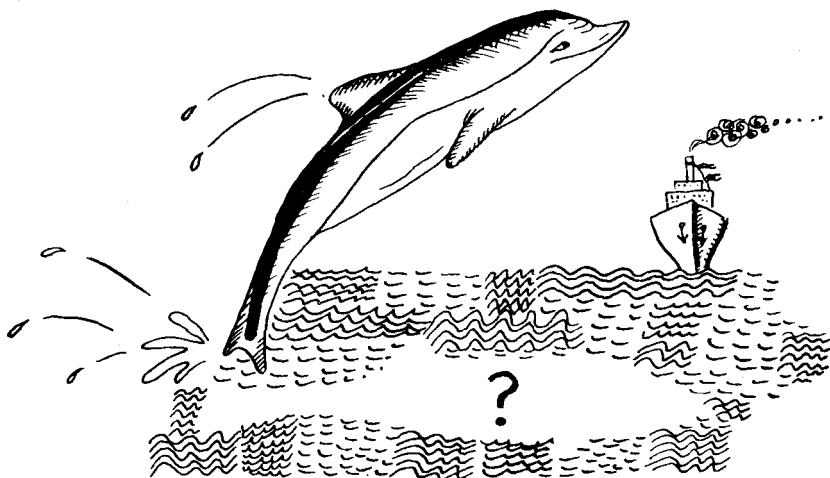
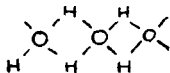
Мы заверили Торжевского, что приложим все усилия, чтобы ускорить контакт с братьями-дельфинами.

— Это хорошо, — одобрил Торжевский. — Братья-дельфины будут рады. А пока приложите усилия к разгрузке кирпича. Эта банда, именуемая себя грузчиками, бросает кирпичи так, словно это железо. А кирпичи — не железо, они бьются. Да. А потом поедем добывать палатку и спальные мешки.

Так началась наша жизнь в ссылке.

Работы было много. Мы встречали вагоны с оборудованием, добывали автотранспорт, распоряжались при погрузке и честно трудились на разгрузке. Торжевский переложил на нас грубую прозу снабжения, оставив себе утонченную снабженческую лирику. Он часто уезжал, вел где-то хитроумные переговоры, в результате которых наши склады пополнялись финскими декоративными панелями, транзисторными кондиционерами и ультрамодерными стеллажами для несуществующей еще библиотеки.

О парадоксе Грея я вспомнила только через неделю.



— Вот еще! — недовольно сказала Настя. В этот момент она сосредоточенно рассматривала в зеркало кончик своего носа. — Слушай, как ты думаешь, кожа сойдет, а? Обязательно надо достать крем (раньше она бы сказала «купить»). А с парадоксом Грея ничего не выйдет. Ты даже не представляешь, что это такое...

Ну, тут Настя была не права: после разговора с бородатым Вовой я сразу помчалась в читалку и кое-что успела полистать. Работы Крамера, Алеева, Першина, сборник статей по демпфирующим покрытиям.

Несоответствие между скоростью дельфинов и мощностью их мускульной системы — вот в чем состоит парадокс Грея. Дельфины развивают скорость до шестидесяти километров в час. Их мускулатура должна быть раз в десять сильнее, чем она есть на самом деле.

Одно время считали, что Крамеру удалось разгадать парадокс. Твердый корпус корабля плавно обтекается водой только при небольших скоростях. С увеличением скорости поток воды срывается, в нем образуются вихри, и сопротивление резко возрастает. Так вот, Крамер предположил, что кожа дельфинов, изгибаясь, как бы приспосабливается к потоку воды, предотвращая возникновение вихрей. Были испытаны пружинящие, демпфирующие оболочки, в какой-то мере они действительно препятствовали вихреобразованию. Однако парадокс Грея остался: демпфирование объясняет его лишь частично. Должны существовать другие, более эффективные способы уменьшения сопротивления.

— Подумай, о чем ты говоришь! — возмущалась Настя. — Как можно браться за парадокс Грея, не имея ни оборудования для опытов, ни самих дельфинов?!

Я возражала:

— Но ведь именно в этом изюминка. Представляешь, как здорово: разгадать тайну дельфинов, не имея ни одного дельфина...

Убеждать пришлось долго. Это был первый случай, когда Настя не хотела даже попытаться решить задачу. По ее мнению, затея была совершенно несерьезная: смешно браться за изучение дельфинов, когда нет никакой возможности получить хотя бы завалящего дельфина. Я убедила Настю совершенно случайно.

— Подумай логически,— • сказала я. Когда нет доводов, всегда приходится призывать логику, хотя логика тут как раз ни при чем.— Подумай логически. Ведь у других исследователей были дельфины, но ничего не получилось. А у тебя дельфинов нет. Следовательно, у тебя получится.

— Ну, знаешь!..— • возмутилась Настя.— Это такая чушь, что...

Она вдруг замолчала и уставилась на меня. Она смотрела на меня глазами грозового неба, и я поняла, что дело идет на лад.

— Ты считаешь, изучать дельфинов надо без дельфинов? — совсем другим тоном спросила Настя.

Что мне оставалось делать? Я чувствовала, что говорю чепуху, но все-таки повторила:

— Если рассуждать логически, виноваты именно дельфины. У других исследователей были дельфины, но парадокс остался

неразгаданным. У тебя нет дельфинов, следовательно, ты разгадаешь парадокс.

— Да, конечно,— пробормотала Настя, глядя сквозь меня.

Через полчаса она спросила:

— А как с трубами? Сегодня они придут на станцию, надо доставать машины и кран.

Я сказала, что все сделаю сама. Пусть она спокойно занимается дельфинами. То есть не дельфинами, а их отсутствием. Не таким отсутствием, которое просто отсутствие, а таким, которое дает больше, чем присутствие... Это был уже чистый бред, и я на всякий случай прибегла к волшебному слову «логически».

Впрочем, Настя не слушала меня. Она рассеянно сказала: «Ага», — и пошла к морю.

Весь день я моталась как угорелая с этими трубами. А Настя лежала на досках и смотрела в море. Я принесла ей кефир и печенье — не было времени возиться с обедом.

Вообще с этого дня мне пришлось работать за двоих. Я не разрешала Насте отвлекаться. Пусть думает. Я только не понимала, что она может представить себе в данном случае. Ну, вот море, а в нем плывет дельфин. Что дальше?.. Однажды мне даже приснилась эта картина. Дельфин грустно улыбался и говорил голосом Торжевского: «Не надо так на меня смотреть!».

Настя размышляла два дня. На третий день она дала мне список книг, которые ей были нужны. Список ничего не объяснял. Все книги относились к теории катализа. Катализаторы, конечно, могут увеличить скорость химической реакции, *но как они связаны с увеличением скорости дельфинов?!* Что делать! Я поехала в Сочи и раздобыла книги.

Затем Настя вручила мне еще один список — химикаты, лабораторная посуда, прибор для хроматографического анализа. С этим было проще: я пошла к соседям-гидрологам и выпросила все необходимое. Мы поставили вторую палатку, теперь у Насти была своя лаборатория.

— Если дело дойдет до дельфинов, — сказала я Насте, — ты, пожалуйста, предупреди заранее. Все-таки придется снаряжать корабль.

— Дельфины? — переспросила Настя.— Нет, дельфины не нужны.

На следующий день Гроза Восьми Морей сказал мне:

— Послушай, белулино, ты бы хоть домой съездила. Тут «Метеор» ходит. Пост лаборо венас рипозо. Отдыхать, значит, надо, не только вкалывать. А у тебя сплошная лаборо и никакого рипозо. Вот и Настька отошала на твоём кефире. Одни глаза остались. Сегодня уха будет, смотри у меня — чтоб к пяти была здесь.

Я вернулась в девятом часу, голодная и злая. Орал магнито-

фон, возле сторожки веселились бородатые гидрологи: они старательно обучали деда танцевать шейк. Ухи не было, это я сразу обнаружила. Съели мою уху, вертятся вокруг Насти, деду голову заморочили,— я их прогнала со страшной силой. Ужин получился дурацкий: сухое вино, яблоки, печенье, полуокаменевший сыр.

Голова гудела от усталости и от вина, и я как-то не обратила внимания на Настины слова:

— Знаешь, завтра будем испытывать.

Мы уже забрались в свои мешки, я машинально пробормотала:

— Ладно, завтра.

И вдруг до меня дошло: *будем испытывать!*

— Слушай, что испытывать? — спросила я. — Ты о чем говоришь?

— Плавать будем завтра. Если все сойдется, мы с тобой завтра побьем мировой рекорд. Спи. Да, слушай, а этот Алеша славный парень, ты заметила? Ну, высокий, с усиками. Он из Ростова, почти земляк.

Спать мне уже не хотелось. Какой тут мог быть сон, если Настька решила задачу!

— Ладно, объясню, не кричи,— нехотя уступила Настя.— Да и объяснять-то нечего, все очень просто. Ты же сама говорила, что без дельфинов легче разобраться в этом деле. Говорила ведь? Ну, я представила себе море, представила дельфина, потом убрала этого дельфина, понимаешь?

Я ничего не понимала. Плывет дельфин — это можно представить. А что останется, если убрать дельфина?

— Море останется,— с досадой сказала Настя.— Как ты не видишь? Это же очень логично, ты сама говорила. Останется вода, следовательно, думать надо только о воде. Без всяких дельфинов. Надо представить себе воду, ясно?

Я спросила почти наугад:

— Молекулы воды?

— Нет. В том-то и дело, что не молекулы. Если бы вода состояла из молекул, она кипела бы при минус восьмидесяти градусах. Молекулы воды объединены в группы, в агрегаты. Поэтому вода жидкая. Ну, представь себе лед с его кристаллической решеткой. Громадный кристалл — как склад на товарной станции. Так вот, когда лед тает, кристалл распадается на агрегаты. Вместо склада — отдельные ящики, ясно? В ящиках, допустим, мячи. Они вообще-то подвижны, их легко растолкать, но ведь упаковка мешает! Так и с молекулами воды. Они заперты в этих агрегатах, как мячи в ящиках. От этого зависят все свойства воды. В том числе сопротивление, которое она оказывает движению. Попробуй сдвинуть с места мячи, если они в ящиках. А дальше я рассуждала так: надо раздробить агрегаты на отдельные молекулы, тогда

вязкость воды резко уменьшится. Может быть, дельфины именно так и...

— Подожди,— перебила я. Дельфины меня теперь не интересовали.— А как это сделать? Как раздробить эти самые агрегаты?

Настя пренебрежительно фыркнула.

— Ты же принесла мне книги. Опять логика: кто-то где-то должен был решать подобную задачу для других целей. Вода — такое распространенное вещество... Словом, я обнаружила, что проблемой дробления агрегатов интересуются биохимики. Конечно, им и в голову не приходило, что это путь к уменьшению вязкости воды. Просто агрегатированные молекулы воды участвуют в энергетических процессах организма. При желании завтра посмотришь книги. Важно одно: когда агрегат захватывает лишний протон, он сразу разваливается на отдельные молекулы. Как карточный домик. Понимаешь? После этого мне оставалось найти вещество, которое легко отдавало бы протоны. Завтра на себе попробуешь. Я взяла за основу крем «Лунный»: все-таки мы с тобой не корабли, чтобы мазаться всякой протонной дрянью. И хватит, я спать хочу! Отстань.

— Спи,— сказала я, разозлившись.— Ты даже не представляешь, что ты сделала. И все твои рассуждения... снежный мост над пропастью незнания. Шаткий снежный мост.

— Как? — удивилась Настя. — Снежный мост над пропастью? Вот здорово! Я прямо вижу этот мост...

Она помолчала, рассматривая свой снежный мост, потом спросила:

— Слушай, Кира, это из поэзии, да?

— Нет, из прозы. Так Карл Пирсон отозвался о законе наследственности Грегора Менделя.

— Но ведь Мендель был прав! И потом, это просто красиво — снежный мост над пропастью.

Я уточнила:

— Над пропастью незнания.

— Ну и что? Главное — не упасть.

«Нет,— подумала я,— главное, решиться и вступить на снежный мост. Не ждать, пока возведут бетонные фермы, а найти узкую снежную полоску — и отважиться».

Странно, но я крепко спала в эту ночь. Утром меня разбудил невероятно вкусный запах — дед и Настя жарили помидоры. Я подумала, что день будет удачный.

После завтрака Настя дала мне баночку с зеленоватой мазью.

— Ты уж постарайся,— жалобно сказала Настя.— Ты ведь у меня за дельфина.

Дед помог отмерить вдоль берега стометровку. Секундомера у нас не было, пришлось взять мои часики.

— Ну, девки, приступаем,— объявил Гроза Восьми Морей.— Под моим руководством.

Мазь была холодная, и вода была холодная. Я стояла на скользком камне, а дед, Настя и хундо Трезоро смотрели на меня с берега. «Снежный мост, — подумала я, — только бы он выдержал...»

Я чувствовала, что плыву хорошо. Такое ощущение бывает редко: кажется, что летишь, не встречая сопротивления. И не было усталости: я всю стометровку наращивала скорость.

— Сорок восемь секунд! — крикнула с берега Настя. — Нам не страшен снежный мост, снежный мост, снежный мост...

Мировой рекорд для мужчин был пятьдесят две секунды, я это хорошо помнила. Даже если Настя на секунду или две ошиблась, все равно мировой рекорд побит!

— Возьмем русалок,— сказал дед.— Они ведь девки, а не мужики. Народная мудрость! Девки должны лучше плавать. Или вот возьмем привидения...

— Стоп, дед, — остановила его Настя.— Привидения — это из другой оперы. Давай, Кира, стометровку на спине.

Рекорд был минута и шесть секунд, я прошла дистанцию быстро,— теперь я хорошо чувствовала скорость.

— Квиндек сеп, печки-лавочки!— восторженно произнес дед.— Пятьдесят семь секунд. Как «Метеор» шла.

В этот день были забыты все снабженческие дела. Мы плавали и записывали результаты. К двум часам дня нам принадлежали почти все олимпийские и мировые рекорды. Даже в заплыве на восемьсот метров я могла рассчитывать на серебряную медаль, а Настя — на бронзовую. У нас кончилась мазь, иначе и здесь мы вытянули бы на золотую.

Потом я, уставшая и счастливая, лежала на огненном, обжигающем песке и смотрела, как дед и Настя готовят праздничный обед. Чуть-чуть кружилась голова, и, когда я закрывала глаза, земной шар начинал плавно раскачиваться.

— Сейчас бы холодного лимонада...,— вздохнул дед.— Вы, девки, лишнюю калорию боитесь проглотить, фигуры бережете. А мне лично никакая калория не страшна. Мой организм устойчивость имеет против этих калорий.

Гроза Восьми Морей лукавит — я его насквозь вижу. Он хочет, чтобы Настя пошла к гидрологам за пивом.

— Не хитри, дед,— говорю я.— Пиво будет вечером. Сейчас нужно сохранить ясность мышления. Тут такая проблема: как назвать открытие? Чтобы коротко было и звучно. Придумай.

— Мне бы твои заботы,— ворчит дед. Он явно польщен.— Назови так: стремительное метеорное плавание имени Анастасии Сарычевой.

Что ж, это не лишено смысла. Эффект Анастасии Сарычевой. АС-эффект. Как качается земной шар! Разрушенные агрегаты очень быстро восстанавливаются, иначе вода бы за мной вскипала без всякого расхода энергии. Да, конечно, разрушение и восстановление агрегатов идет лишь в тонком слое. Ну и что? Это никоим образом не помешает использовать АС-эффект (все-таки звучит: АС-эффект!) на скоростных кораблях.

— Слушай, Настя, сегодня же дадим телеграмму Гейму. И бородатому Вове.

— Нет, Гейму лучше позвонить. Он сейчас в Таганроге. А с Вовой подождем несколько дней. Мне еще не все ясно.

Настя рассказывает деду про Гейма и про артиллерийский салют из двух пушек. Нет, две пушки мало! Если у Гейма есть совесть, он устроит салют из всех пяти пушек. АС-эффект годится не только для кораблей. Вода — кровь нашей цивилизации. Она везде — в трубопроводах, гидросистемах, турбинах...

— Насчет пушек, конечно, здорово закручено, — говорит дед, — но я вам так скажу: нечего шуметь — это дело надо держать в строгом секрете. Между прочим, на эсперанто «секрет» означает «тайна». Ясно? Чтобы ни-ни. Полный секрет. А вы прославитесь рекордами. Вас, может, по всему миру будут возить. На всякие там спартакиады и олимпиады. Портреты будут в журналах. И я с вами покатаюсь, посмотрю мир...

— А что, Кира, давай так и сделаем? — смеется Настя. — Григорий Семенович выдал гигантскую идею. Даже юридически нельзя придраться: условия соревнований не запрещают применять мазь. Представляешь, что будет!

Они еще долго веселятся, наперебой обсуждая феерические перспективы нашей спортивной карьеры. Я слышу лишь обрывки фраз, меня лихорадит от сумасшедшей мысли: а если применить АС-эффект в нашей кровеносной системе?

— До ни коменцу, — объявляет наконец Гроза Восьми Морей. — Хватит трепаться, приступаем к обеду. Эх, по такому случаю и без ботело да пиво! Пропадешь с вами... Смой песок, говорю, и чтоб сразу обедать. Живо!

Да, надо спешить. Я потеряла массу времени, ожидая, пока опыт с Настей даст надежные результаты. Зато теперь можно уверенно идти вперед.

Уверенно?

Новый опыт — новая пропасть. И какая!

Пусть. Я отыщу снежный мост, обязательно отыщу и не боюсь вступить на него.

Жди меня, снежный мост!

Здесь заканчивается первый рассказ о жизни и исследованиях Киры Владимировны Сафрай.

ПРИКЛЮЧЕНИЕ

И. А. Ефремову

1

Я не ожидала, что позвонят из академии. Утром, получив гонорар за статью в «Вопросах психологии», я купила венгерский журнал мод, вернулась к себе и стала решать сложную задачу — что шить.

Теоретически наиболее разумным вариантом было демисезонное пальто. Однако приближалось лето, и тошно было думать, что пальто будет лежать до конца августа. Вообще-то я давно проектировала вечернее платье. Шикарное вечернее платье, получше того черно-белого с жемчугом, которое Настя привезла из Парижа. Но если делать настоящее вечернее платье, не останется денег ни на что другое — это уж точно. А мне нужны были новые туфли.

С обложки журнала улыбалась курносая манекенщица в золотистом костюме. Она стояла около сверкающей красным лаком спортивной машины и держала на поводке беленькую мини-собачку. Из всего этого великолепия мне нравился только костюм. Легкий такой костюмчик из золотистой ткани. Неделю назад я видела на витрине одного ателье золотисто-бежевую ткань. Не столько, правда, золотистую, сколько бежевую, но это даже лучше.

Кое-что в костюме следовало изменить, я начала прикидывать и не сразу сообразила, что звонят из президиума АН и что меня приглашает К. Секретарь говорила чрезвычайно любезно («Очень просит зайти... если Вас не затруднит...»), но указала точное время, и я поняла, что опаздывать не рекомендуется. И вообще явка обязательна.

Времени оставалось не так уж много. Я помчалась в парикмахерскую, оттуда на почту, отправила домой журнал со своей статьей, забежала в Дом моделей на Кузнецком мосту (ничего путного там не оказалось) и приехала в академию точно к назначенному времени — минута в минуту. В коридоре стояла массивная тумба с часами, эта тумба торжественно пробила три раза.

В столь высоких научных сферах мне еще не приходилось бывать. Секретарь, пожилая женщина в строгом сером костюме, мельком взглянула на часы, одобрительно улыбнулась и сказала:

«Пожалуйста...». Мне показалось, что она вот-вот добавит: «...деточка».

На портретах у К. совсем другое лицо — властное, резкое, даже грубоватое. Я хорошо помню его портрет в школьном учебнике физики: К. был похож на маршала, я пририсовала ему китель, погоны и красивую маршалскую звезду. Получилось очень здорово, я начала разрисовывать другие портреты, в конце концов мне крепко влетело за эти художества. А на самом деле К. похож на музыканта — у него одухотворенное лицо. Как у Рахманинова на рисунке Леонида Пастернака. И пальцы у К. длинные, подвижные. Но глаза... глаза все-таки маршальские.

— Значит, Вы на четвертом курсе? — спросил К.— А как у Вас относятся к тому, что студентка работает на уровне... ну...

— ...взрослого ученого? — подсказала я.

Он рассмеялся:

— Прекрасный термин. Находка для ВАКа¹. Кандидат, доктор, наконец, взрослый ученый...

Странная штука: никого не удивляет, что математик может сделать лучшие свои открытия в двадцать лет. Это считается вполне естественным. Как же, математические способности должны ярче всего проявляться в молодости!..

Но почему только математические? Разве нельзя стать в двадцать лет настоящим психологом? На меня все время смотрят с каким-то удивлением, даже с недоверием. Психология, видите ли, изучает человеческую душу, столь сложный объект, что... и так далее. А разве музыка или поэзия не имеют дела с человеческой душой? Привыкли же мы к тому, что бывают молодые композиторы и молодые поэты. Я занялась психологией еще в школе, надо работать, только и всего.

— Но Вы не ответили: как к Вам относятся в университете?

Я объяснила, что относятся хорошо. Дали отдельную комнату в общежитии. Включили мою тему в план проблемной лаборатории. Взяли статью в сборник трудов.

К. улыбнулся:

— Вы не избалованы...

Теперь, немного освоившись, я оглядела кабинет. Он мне не понравился. Какой-то у него был нежилой вид. Стол, книжные шкафы, даже портреты на стенах — все слишком новое. Вероятно, К. появлялся здесь не часто.

— Сарычева ведь тоже на четвертом курсе,— продолжал К.,— а у нее своя лаборатория.

Ну! Настя сделала потрясающее открытие — как не дать ей

¹ ВАК — высшая аттестационная комиссия при СМ СССР.

лабораторию. Вокруг АС-эффекта в физике сейчас настоящий бум.

— Без Вас Сарычева ничего бы не открыла, — настаивал К. — Она мне рассказывала, как Вы развивали у нее воображение. Ультрафантазию, как Вы это называете. На парижском конгрессе Сарычева сделала отличное сообщение об АС-эффекте. Выступала она с блеском.

К. увлекся и стал говорить о том, что я и так уже знала. Настя раз двадцать рассказывала мне о конгрессе. Как она там выступала, как выступали другие, какие были разговоры и как в кулуарах один болван во всеулышание заявил, что «столь юная леди» не может самостоятельно делать открытия, и предложил организовать проверку: пусть «юная леди» сделает в лаборатории «маленькое-маленькое» открытие. На что «юная леди» тут же ответила: пожалуйста, хоть сегодня, но одновременно и вы продемонстрируйте, как делают хотя бы «малюсенькое-малюсенькое» открытие...

Все это я знала наизусть, но К. рассказывал со вкусом. Я не перебивала. Меня интересовало, как он говорит: мне еще ни разу не приходилось встречаться с ученым такого ранга.

По классификации Селье, академик К. бесспорно принадлежал к категории мыслителей. Но дальше классификация не срабатывала: К. совсем не соответствовал предложенной Селье типологии. Пожалуй, тут больше подходил тип «пионер» из классификации Гуо-Вудворта: инициативный человек, генератор новых идей, охотно передающий их другим, открыватель новых путей, хороший организатор и учитель, властолюбивый, работоспособный...

Все так и было, но, слушая К., я чувствовала, что в типологии упущено нечто очень важное, может быть, даже главное. В любых классификациях — у Селье, Гуо-Вудворта, Аветисяна — хорошо отражены лишь распространенные типы ученых. Ведь как точно схватил Селье тип «большого босса»: этот человек мог заняться политикой, бизнесом, сделать военную карьеру, но сейчас модна наука, и он не хочет уменьшать своих шансов, добивается места руководителя, после чего основным своим делом считает «натягивать вожжи». Или взять тип «джентльмена науки», который являет собой способный молодой человек, желающий сделать карьеру не в ущерб радостям жизни... Таких много, это облегчает их изучение. Да и не слишком они сложны, эти люди.

— Сарычева, конечно, молодец, — сказала я, когда К. закончил свой рассказ. — Но работать с ней пришлось шесть лет. Так уж получилось, мы вместе учились в школе. Очень кропотливое дело — развитие ультрафантазии. Сейчас у меня группа ребят, и хотя уже есть какой-то опыт, все равно потребуются три-четыре года, чтобы выработать у них ультрафантазию.

К. довольно долго молчал. Я подумала: «А что, если попросить у него бумагу?» Сборник с моей статьей четыре месяца лежал без движения — не было бумаги.

Неожиданно К. сказал:

— Мне нужна ваша помощь.

2

— Дело не совсем обычное. Но и Вы тоже не обычны... Есть такой физик — Сергей Горчаков. Приходилось слышать?

О Горчакове я, конечно, слышала. Одно время он был самым молодым доктором наук. Говорили, что он очень талантлив.

— Полтора месяца назад, — продолжал К., — я подписал приказ о назначении Горчакова директором ИФП в Ингор. Новый Институт физических проблем, первоклассный научный центр. Горчаков отказался. Заявил, что намерен вообще бросить физику. Навсегда! Понимаете? Такая дурацкая история... Сережка у меня учился. Прирожденный физик. И вдруг это нелепое решение. Твердит одно и то же: надоела физика, стала неинтересной, не хочу... Я с ним не раз говорил. Да и не один я. Прорабатывали его всяко. Понимаете, нет никаких, абсолютно никаких причин, это и обескураживает.

Привет, подумала я, вот тебе и бумага. Придется спасать расстригу-физика. Возвращать его на праведный путь. Понятно, зачем К. позвал меня.

Я сказала:

— Не умею спасать заблудших физиков. Был уже такой случай — спасала Борьку-физика, стыдно теперь вспомнить...

С Борькой действительно получилась глупая история. Физиком его прозвали в школе: он кончил десятилетку на год позже меня. Способный парень, однако в МГУ он не попал. Получил тройку за сочинение. В Москве Борька оставаться не мог, а возвращаться домой, в Таганрог, не хотел. Тут я взялась его спасать. Как же, земляк, в одной школе учились... Отыскала в библиотеке подшивку ингорской многотиражки (Ингор тогда еще был поселком), стала смотреть объявления — какие специальности там нужны. Лаборанты, строители, водолазы... Черт меня дернул остановиться на заведующем фотоателье. Мне казалось, что это гениальная идея. Борька отлично снимал: один его снимок был даже в «Огоньке». Почти специальность. И заработок будет приличный — это тоже важно: мать у Борьки часто болела, сестренки еще ходили в школу.

Гениальная идея! Как же! Борька, недослушав, стал скулить: «Психа ты, Кира... Там молодые ребята, которые в десять раз лучше меня шелкают своими шикарными камерами. Институтский

городок, пойми! Интеллектуалы. Кто пойдет сниматься в мое казенное заведение?!» Я разозлилась: обидно, когда не понимают гениальных идей. «Ты поедешь в Ингор, несчастный троечник,— сказала я,— и станешь заведующим ателье. Ты найдешь парня, который умеет малевать, и он сделает тебе картину с дыркой, в которую вставляют лицо. Чтобы на снимке получался страшно красивый кавказский всадник на страшно красивом коне. И чтобы на всаднике была страшно красивая черная черкеска с белыми газырями и со страшно изогнутым кинжалом. Эту живопись ты выставишь на самом видном месте. Прямо на улице. Молодые ребята, кроме шикарных камер, надеюсь, имеют некоторое чувство юмора. Ты будешь выполнять план на триста процентов. Или даже на шестьсот. Если, конечно, проявишь капельку сообразительности и догадаешься обновлять картины. С учетом научной специфики. Вместо страшно красивого коня может быть страшно красивый синхрофазотрон. Важен юмор, ясно? И ты станешь своим человеком в Ингоре. У тебя будут сниматься доктора и члены-корреспонденты. Ты сможешь помогать своей маме. А следующим летом сдашь экзамены: в Ингоре филиалы трех вузов. Вот тебе книга А. Н. Лука «О чувстве юмора и остроумии» плюс пятнадцать рублей на билет без плацкарты...

Я рассказывала эту грустную историю, а К. безжалостно веселился и повторял: «Так это Ваша работа...». Он даже всхлипывал от смеха. В дверь заглянула секретарша, укоризненно посмотрела на меня.

— Вы не обижайтесь, Кира Владимировна, — сказал К., вытирая платком глаза. — Я у этого пройдохи тоже снимался, грешен... Подождите, а экзамены он сдал?

— Ничего он не сдал. Он только получал и приобретал. Теперь у него «Волга»... и много всего, не перечислишь. Идея сработала безотказно. Борькины картины с дыркой стали достопримечательностью Ингора. Быть в Ингоре — и не сняться у Борьки...

— Знаю. Я туда Свенсона водил. И канадцев.

— Юмор, как же. Материалы Борьке приносят бесплатно, картины с дырками рисуют на общественных началах, проявляют и печатают ребята из физматшколы. Три года такой деятельности. А Вы снова говорите об Ингоре, о заблудшем физике...

— Не думал, что у этого юмора коммерческая подоплека. Сегодня же позвоню в Ингор.

— Не надо. Это моя работа, я сама ее исправлю.

— Хорошо, Кира Владимировна. Но Горчаков — другой случай. Коммерцией он заниматься не будет. Он — физик, натуральный физик. Поверьте, есть смысл его спасать.

— Да, конечно, — без всякого энтузиазма сказала я. — Нужна еще одна гениальная идея...

Вообще-то я чуть-чуть хитрила. С того момента, как К. рассказал о Горчакове, я знала, что буду решать эту задачу. Собственно, я уже ее решала. Мы говорили о Борьке, о Горчакове, но я быстренько ворошила задачу: мне нужно было найти исходную точку анализа.

— Вы как-то прохладно к этому относитесь, — сказал К. — Напрасно. Ведь перед Вами почти детективная ситуация. И Вы — в роли Шерлока Холмса. Разве это не воодушевляет?

— Нисколько...

— Не верится... Вы что же, не любите Конан-Дойля?

— Я не люблю, когда человек охотится за человеком.

— Шерлок Холмс охотился за преступниками.

— За людьми, совершившими преступления.

— Гм... В конце концов, у Конан-Дойля все это условно — сыщик, преступник. Как белые и черные в шахматах. Интересна интеллектуальная сторона приключений.

Настоящие интеллектуальные приключения бывают совсем в другой области, подумала я. Но спорить не стала, это отвлекает. Я сказала:

— Горчакова могли сломать неудачи.

— Ни в коем случае, — возразил К. — Дела у него шли превосходно. Можете мне поверить. Сережа работал над математической моделью Солнца. Не пугайтесь, пожалуйста. Понять принцип совсем нетрудно. Вычислительный центр в Ингоре запрограммировал на своих машинах все известные данные о Солнце. Получилась система уравнений, связывающих различные параметры — температуру, давление и так далее. После этого в уравнения стали подставлять конкретные значения этих параметров. Метод Монте-Карло: величины поступают в случайном порядке, а затем производится оценка полученных вариантов. Группа Горчакова рассмотрела миллионы таких вариантов. Достаточно изменить значение одного параметра, как меняется вся картина. Допустим, Вы приняли, что температура на такой-то глубине равна семи тысячам градусов. Получается одна модель. Если принять температуру равной десяти тысячам градусов, — совершенно другая модель. А критерий — наблюдения. Мы более или менее хорошо знаем внешнюю поверхность Солнца. Если полученная модель верна в этой части, то весьма вероятно, что она правильно описывает и структуру недоступных наблюдателю солнечных глубин. В этом смысл работы. И Горчаков отлично с ней справился. Удалось отобрать четыре модели, которые не противоречат наблюдаемым данным. Скажу по секрету — работа получит премию академии. Так что никаких неудач.

— Могли быть личные неудачи.

К. досадливо поморщился.

— Нет, это исключается. Горчаков молод, здоров. Да Вы его увидите. Красивый парень, мастер спорта.

— Открытия иногда не так применяются. Сциллард, например, оставил физику...

— Если бы Горчаков не хотел работать из-за этого, он бы сказал. Он всегда говорит то, что думает.

— Тогда почему не допустить самое простое? Горчаков действительно разочаровался в физике — вот и все.

К. сердито посмотрел на меня. Так маршал должен смотреть на провинившегося солдата. Нет, я правильно разрисовала картинку в школьном учебнике. Попробуйте объяснить маршалу, что командир батареи в один прекрасный день взял и бросил наскучившие ему пушки.

— Хорошо. В физике нельзя разочароваться. Забудем про самоубийство Эренфеста, забудем трагические сомнения Лоренца, забудем, как Эйнштейн...

— Глупости! — перебил меня К. — В каждом из этих случаев были свои причины. И ничего общего с разочарованием в физике они не имели, запомните это. Физик — трудная профессия. Человек может разочароваться в своей работе, может устать, утратить веру в свои силы. Это всегда возможно. Но у Горчакова что-то другое. И вот я Вас спрашиваю — что?

— Вы спрашиваете меня?

— Конечно! — сказал К. Он все еще сердился. — Вы же психолог. Притом единственный психолог, который умеет формировать творческое мышление. Не возражайте! Рассуждать о творчестве могут многие, я знаю. Не только психологи — все мы любим порассуждать о творчестве, о вдохновении, интуиции и тому подобном. А работать с этим самым творчеством никто не умеет. Кроме Вас. Поговорите с Горчаковым. Я хочу знать Ваше мнение.

— А если Горчаков не пожелает со мной говорить?

— Пожелает. Я ему позвоню. Если не возражаете, прямо сейчас. Лучше не откладывать: он собирается уезжать.

— Куда?

— Видите ли, Сергей Александрович намерен стать... э... мореплавателем. Такому физику нетрудно переквалифицироваться на штурмана. Но требуется практика, нужно пройти сколько-то там тысяч километров. По сей причине Горчаков готовится начать свою морскую карьеру матросом.

К. порывлся в ящиках стола, отыскал сигареты и коробку с конфетами. Я отказалась.

— Ну? — удивился он. — Что же Вы предпочитаете?

— Фруктовое мороженое.

— Ладно, буду знать..

Он достал из кармана трубку и виновато улыбнулся:

— Не разрешают курить. Привык держать в руках... Скажите, Кира Владимировна, как Вы придумали эту штуку с фотографией?

— Очень просто. Она была у нас в Таганроге. Только без юмора. Нашелся странствующий фотограф, устроился возле пляжа. А потом появился фельетон в газете. Вот такой...— Я показала, какой он был большой, этот фельетон. — «Мещанин на коне». Там было столько пафоса, столько грома и молний... Можно было подумать, что искореним мы эту фотографию — и наступит полное благополучие не только у нас в городе, но и на всей планете... Мещане сейчас ужасно любят вот так бороться с мещанством. Наговорят трескучих фраз — и довольны. Естественно, я пошла сниматься на коне. Понимаете, какая обида: вырез для лица оказался слишком велик. Фотограф из-за этого расстроился. Он приехал с Северного Кавказа, там привыкли к таким картинам. Пальцы у него были желтые от проявителя: он всю жизнь снимал людей. Я его расспрашивала, пока он собирал свое нехитрое хозяйство, потом помогла донести вещи до вокзала.

— Ясно, — сказал К. — Вот что, Кира Владимировна, у меня предложение: идите работать ко мне в институт. Главным психологом. Учредим такую должность. — Он рассмеялся. — Положим начало новой традиции... Вы молоды и сумеете органично войти в физику. Нужен синтез Ваших знаний с физическим мышлением. В сорок или пятьдесят лет такой синтез уже невозможен — упущено время. Надо вырасти в атмосфере физики — вот в чем секрет. Кстати, работая с Сарычевой, Вы шли как раз по этому пути. Так почему бы не продолжить?

Это было слишком неожиданно (и соблазнительно, если говорить откровенно) — я растерялась. К, счастью, в этот момент зазвонил телефон. К. отвлекся. Насколько я поняла, разговор шел о каком-то хоздоговоре.

— Замечательная мысль, — насмешливо говорил К. — Савельев сделает работу за Шифрина, а Шифрин сделает работу за Савельева, и оба будут считать это дополнительным трудом, за который полагается дополнительная оплата... Нет уж, пусть каждый делает свое дело. Без этих фокусов. Передайте Савельеву, пусть занимается физикой, он был способным парнем, я помню его по семинару.

К. положил трубку и неприязненно отодвинул телефон.

— Деньги, — вздохнул он. — Интересно, как Вы к ним относитесь?

— Мне их всегда не хватает, — призналась я.

К. усмехнулся.

- Мне тоже. И много Вам сейчас не хватает?
- Миллиона три. У меня есть разные идеи, которые требуют...
- Ясно. Вам надо идти в мой институт главным психологом.

Включим Ваши идеи в план.

Следовало мягко славировать, но я прямо сказала, что физика меня не очень привлекает, поскольку существует другая — более важная — область. Конечно, *К.* сразу вцепился: что это за область и почему она более важная?.. Никак не научусь дипломатической амортизации, а ведь это так просто!

Пришлось объяснять. Я впервые говорила о своей Главной Идее. Получилось не слишком убедительно, я сама это чувствовала.

— Утопия, — объявил *К.*, не дослушав, — чистая утопия этот Ваш Человек, Который Умеет Все. Прогресс немыслим без разделения труда, без специализации. Во всяком случае, в ближайшие двести-триста лет.

— Начинать надо сегодня. Иначе и через двести-триста лет сохранится узкая специализация. Со всеми последствиями.

Тут я сообразила, что должна хотя бы поблагодарить *К.* за предложение. Это тоже вышло не очень гладко.

К. поглядывал на меня, хитро прищутив глаза.

— Никак не мог понять, почему с Вами трудно разговаривать, — сказал он. — Теперь понял. У моих мальчишек — как бы это сформулировать? — коммуникабельные лица. Когда я читаю лекцию или мы что-то обсуждаем, физиономии отражают каждое движение мысли. Обратная связь: я вижу, что и как они думают. А Вы все время улыбаетесь. Это очень мило, но я не знаю, когда Вы говорите серьезно, а когда шутите. Да что там — нет даже уверенности, что Вы меня слушаете.

Я стала доказывать, что слушаю самым внимательным образом, но *К.* махнул рукой.

— Ладно, вернемся к Горчакову, Вам надо подготовиться к разговору. Задавайте вопросы. Я хорошо знаю Сергея Александровича: у Вас будет первоначальная информация.

Прекрасно звучит, подумала я, в современном стиле: будет информация. Только зачем она мне? У меня нет ни одного вопроса о Горчакове.

— Скажите, пожалуйста, — спросила я, — у *Вас* никогда не появляется желание... ну... бросить физику ко всем чертям, а?

— У меня? — грозно произнес *К.*

Я мило улыбнулась.

4

— Ничего похожего, — отчеканил *К.* — Были трудные моменты, были сомнения, но все это в непосредственной связи с конкретны-

ми причинами. О чем тут говорить! Сомнение — необходимый элемент творческой работы.

— Я имею в виду не сомнения. Меня интересует: появлялось ли у Вас желание бросить науку?

— Ко всем чертям?

— Вот именно.

— Нет. Не было у меня такого желания.

— Ну, а просто мысль о возможности выбрать другой жизненный путь?

— Послушайте, Кира Владимировна, почему Вы расспрашиваете меня?

— Потому что Вы тоже физик.

— Женская логика! Можно подумать, что физики только и мечтают, как бы стать моряками...

— Попробуйте все-таки вспомнить.

Теперь он разозлился по-настоящему. Он разгневался — это более точное слово. Похоже, у него появилось желание прогнать меня. Нельзя было упускать инициативу, и я твердо сказала:

— Пожалуйста, мысленно переберите год за годом. Вдруг что-то припомнится.

Он фыркнул, натурально фыркнул, но ничего не ответил и принялся ходить по комнате. Я отошла к окну, чтобы не мешать.

Значит, женская логика. Любопытно, а какая у меня должна быть логика?

В стекло упирались гибкие ветви ивы, и на ветвях, прямо перед моим лицом, раскачивался воробей. Крылышки у него вздрагивали, он был готов в любой момент сорваться и улететь, но он не улетал, а храбро разглядывал меня маленьким черным глазом.

Я слышала размеренные шаги. К. ходил из угла в угол и вспоминал. Он настоящий ученый и уж если взялся что-то делать, будет делать добросовестно. Сейчас он перебирает годы — их много, их так много! Ровные спокойные шаги, и в такт им раскачивается на ветке воробей.

«Здравствуй, воробей, давай познакомимся. Меня зовут Кира. Представляешь, как было бы здорово: главный психолог Института физических проблем Кира Владимировна Сафрай! Звучит! И побоку всякие там утопии...»

Я рассматриваю свое отражение в оконном стекле. Решено: золотисто-бежевый костюм. У меня есть янтарь, он отлично подойдет к такому костюму. Хотя можно взять и яшму вместо янтаря — так сразу не скажешь, надо посмотреть. Хорошо бы попасть в ателье сегодня, оно работает до семи. Разберут мою ткань, и останусь я с носом. Но уже четверть пятого, придется ехать к Горчакову, разговаривать — как тут успеешь... Гениально было бы не ехать. Вот Леверье открыл планету Нептун путем расчетов.

Без всяких поездок и разговоров. Правда, у Леверье были исходные данные, а у меня ничего нет. Почти ничего. Кое-какие мысли и информация, которая вмещается в одну фразу: талантливый физик вдруг бросил науку.

Загадка.

Собственно, в чем она, эта загадка?

Талантливый физик. Тут нет сомнений. Даже весьма талантливый. *Бросил науку.* Что ж, бывает и такое. Почему я должна считать это загадкой? Да, есть еще одно слово: *вдруг*. Внезапно, без всяких видимых причин. *Вдруг*. Вот это и в самом деле странно.

Чтобы выбить из колеи прирожденного физика, нужно нечто весьма основательное. Нечто такое, что не возникает за один день или за месяц.

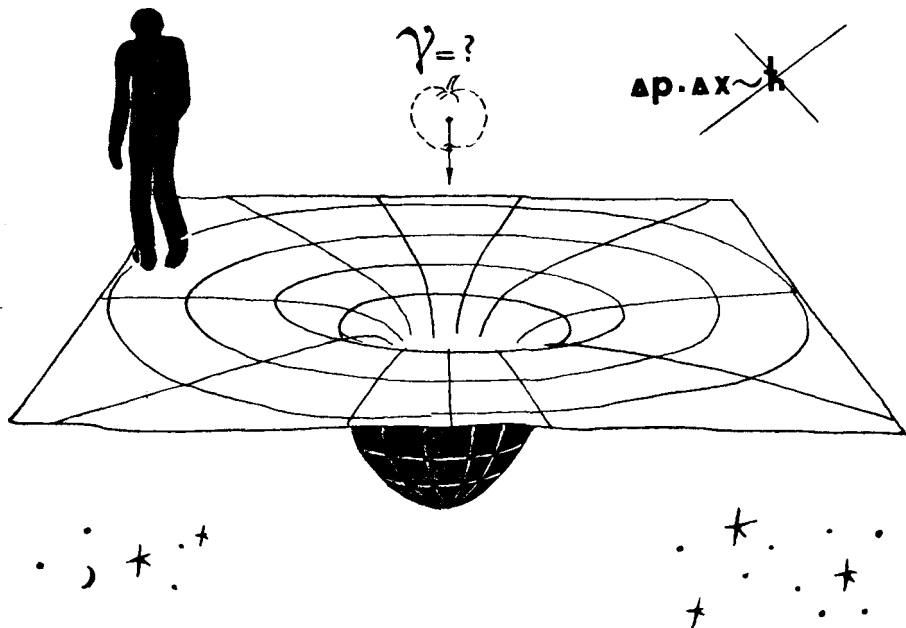
Я вправе предположить: икс-причина (прекрасно, уже есть термин!) появилась давно. Годами шел незаметный процесс накопления... Чего?.. Какого-то взрывчатого осадка, что ли. Как с ураном: масса должна превысить критическую величину, чтобы началась цепная реакция.

Физматшкола, университет, дипломная работа (теперь я припоминаю: за нее дали кандидатскую степень, об этом был очерк в «Комсомолке»), через три года Горчаков стал доктором. Стремительный взлет, ничего не скажешь. Примерно так получается у Саши Гейма, моего бывшего одноклассника. Победы на олимпиадах, статьи в математических журналах... В восьмом классе Саша придумал для нас, математически темных, потрясающую шпаргалку. С такой шпаргалкой можно было отвечать даже по программе десятого класса. Саша провел настоящую исследовательскую работу, чтобы вывести сверхкомпактную формулу. Он стремился найти единое уравнение школьной математики. Конечно, никто из нас не понимал, что написано в шпаргалке. Завуч послала ее в Новосибирск, и Сашу пригласили в физматшколу.

Горчакова я не знаю, но зато прекрасно знаю Сашу Гейма и могу искать икс-причину, размышляя о Саше. В психологических уравнениях я заменяю неизвестную величину известной и... Кто сказал, что психология — неточная наука?!

Существуют звезды с таким сильным полем тяготения, что свет их не может уйти в космос. Лучи изгибаются, невидимый барьер отбрасывает свет назад, он мечется в замкнутом пространстве, а барьер надвигается, и стиснутое, спрессованное излучение приобретает огромную плотность. Каждый раз, когда приходится решать сложную проблему, возникает такой же барьер, отделяющий от меня внешний мир. Свет, звук, запах, тепло, холод — все исчезает за этим барьером. Даже время. Остается только движение мысли, сначала едва уловимое, но постепенно приобретающее

уверенность, весомость, силу. Тут торжествует закон Эйнштейна: мысль не имеет массы покоя и лишь в движении становится физически осязаемой. В такие мгновения кажется, что можно увидеть мысль, прикоснуться к ее потоку...



Воробей подобрался совсем близко к стеклу. Он разглядывает меня черной бусинкой глаза, потом поворачивает голову и внимательно смотрит другим глазом. Правильно, птица, на людей надо смотреть в оба.

— Ничего не вспоминается, Кира Владимировна. Только один более или менее случайный эпизод. Садитесь, пожалуйста.

Не хочется отходить от окна, но К. не сядет, если я буду стоять, а он, наверное, устал.

— Я работал тогда в Англии. Да-да, это тридцать четвертый год, конец лета. Дожди... В лаборатории даже днем горел электрический свет. Сильные были дожди. Знаете, я сейчас вспоминал и услышал песню водосточных труб. Старые водосточные трубы старого дома... их делал талантливый мастер — он хотел, чтобы трубы пели.

К. умолкает и смотрит мимо меня — в далекие тридцатые годы, в свою молодость. Это продолжается пять-шесть секунд, не больше. Он виновато улыбается: ему кажется, что я анализирую

каждое слово. Как же, психолог! Я почти не слушаю, все это — за барьером, я продолжаю решать задачу. Сквозь барьер может пройти только то, что помогает решению. О голосах дождевых труб я вспомню потом, может быть, через несколько лет. Будет дождь в каком-нибудь городе, будет журчать вода в трубах, — я вспомню все, что сейчас рассказывает К., вспомню и пойму.

— Дела у нас шли неважно. Опыты, обсуждения, снова опыты и снова обсуждения... Бывает такая полоса неудач: опыты дают совершенно нелепые результаты, обсуждения только усиливают взаимное раздражение... И вдруг солнечный день. На полную солнечную мощность. Яркие лучи стерли электрический свет, в лампах тлели тусклые желтые нити... И все сразу почувствовали, что нельзя оставаться в лаборатории ни минуты. Мы с Кокрофтом поехали на юг, к каналу. Кокрофт гнал машину как сумасшедший. Чудесное было настроение: вырвались из темных комнат, весело гудит мотор, озорно посвистывает ветер, а впереди — море. В этот день оно было ярко-синим, чистейший синий цвет без примеси зеленого и серого...

«Вырвались...».

Мне нужно было именно это слово! Я собирала логическую цепь, у меня уже были все ее звенья, но они лежали порознь, тяжелые куски мертвого металла, и вот одно слово мгновенно соединило звенья в прочную цепь. Теперь я представляю, почему Горчаков бросил физику. Задача решена. Точка. Остается самое приятное: эффектно выложить то, что я поняла. Все-таки ты молодец, Кира...

— Машину мы оставили у обрывистого холма, спустились вниз, к пляжу. Говорили о каких-то пустяках, кидали камни в воду... А потом слышали шум мотора. Вдоль берега над водой шел самолет. Вы, конечно, не знаете, что такое самолеты тридцатых годов. На снимках они неплохо выглядят... Самолет сел на пляже, пробежал метров сто и остановился рядом с нами. Промасленная фанера, залатанная обшивка. И проволока, очень много проволоки, чтобы все это не развалилось. Из кабины вылез долговязый парень, на нем был промасленный и залатанный комбинезон. «Меня зовут Жерар Котрез, — сказал он. — А это мой летательный аппарат. Там испортился... такой...» На этом его английский кончился, и, к великой радости Жерара Котреза, мы ответили ему по-французски. Так вот, в летательном аппарате перестали работать элероны. «Что мне элероны! — сказал Котрез. — Но летательный аппарат не должен распускаться...» Мы втроем исправляли повреждение (заклинило проволочную тягу), и Котрез рассказывал о себе. Студент-юрист, он бросил Сорбонну, работал грузчиком, собирал по кусочкам свой летательный аппарат, теперь отправил-

1

ся в кругосветное путешествие. «Что мне эти законы... Я посмотрю мир, может быть, ему нужны совсем другие законы... Послушайте, парни, летательный аппарат поднимет троих. Вы мне подходите, летим вместе!» В промасленных крыльях сверкало солнце, ветер гудел в проволочных растяжках, и я вдруг почувствовал, как это здорово — жить так, как живет Котрез. Лететь над морями, горами, лесами — неизвестно куда и неизвестно зачем, просто лететь. И если понравится какой-нибудь городок, опуститься ненадолго, пройти по узким улочкам, заглядывая в окна, посидеть на траве у реки...

— Как он сказал? Повторите, пожалуйста.

К. удивленно пожимает плечами.

— «Что мне эти законы!» Да, именно так. «Что мне эти элементы!.. Что мне эти законы!..» У него это великолепно получилось. В такой, знаете ли, лихой бержераковской манере. А дальше запомнился смысл, не ручаюсь за точность каждого слова: «Я посмотрю на мир, может быть, ему нужны другие законы...»

Так. Боже, какая я дура: осталось, мол, эффектно выложить решение... Как же! Я прошла над пропастью по снежному мосту, но путь не кончен, он только начался. Надо идти дальше. А там, в этом туманном «дальше», еще один снежный мост, куда более трудный, и пропасть под ним в десять раз глубже.

В ателье я, конечно, не попаду: оно на другом конце города. Вообще все планы на сегодня пошли кувырком. Зато у меня появилась отличная идея.

Сумасшедшая идея. Представляю, как будет смеяться К. Ну и пусть смеется. Меня неудержимо тянет вперед...

— Вы ведь не слушаете, Кира Владимировна!

Нет, почему же, я слушаю. «Что мне эти законы!» — говорит красивый молодой француз. А рядом с ним — латаный-перелатанный самолет.

— Мы помогли ему развернуть машину. Он взлетел, сделал круг над нами, потом взял курс на север. Не знаю, куда он летел, не пришлось в голову спросить. Через четыре года я прочитал в «Юманите», что Жерар Котрез, пилот республиканской армии, погиб под Барселоной. Он вылетел на своем летательном аппарате навстречу эскадрилье «юнкерсов».

Я с трудом восстанавливаю барьер: сейчас надо думать о задаче, я сама ее усложнила. Последний бой Жерара Котреза не имеет к задаче никакого отношения. Вечером, вернувшись к себе, я сяду у окна, включу проигрыватель и отыщу среди своих пластинок такую, которая понравилась бы Жерару Котрезу. А пока надо идти вперед. Это тоже бой, и нелегкий.

— Позвоните Горчакову, — говорю я. — Скажите, что Вы еще раз просмотрели его работу. Или найдите другой повод, безраз-

лично. Мне важно, чтобы в разговоре была фраза: «Жаль, что нельзя изменить гравитационную постоянную».

5

— Простите, Кира Владимировна, что это значит — изменить гравитационную постоянную?

— Изменить — значит увеличить или уменьшить. Вы же хотели позвонить Горчакову, не так ли? Вот я и прошу: позвоните и поговорите. О чем угодно. Но мимоходом должна быть брошена эта фраза: «Жаль, что нельзя изменить гравитационную постоянную».

— Мимоходом. Ну-ну...

К. смотрит на меня так, словно только что увидел.

— А дальше?

— Дальше Вы скажете, что кто-то к Вам пришел, извинитесь, пообещайте позвонить через полчаса. И все.

— Не понимаю, зачем нужен этот спектакль.

— Чтобы Горчаков снова занялся физикой.

— Вы это... серьезно?

— Вполне.

— И Вы думаете, что вот так — не видя Горчакова, не разговаривая с ним — Вы заставите его изменить решение?

— Да.

— Ясно, — говорит К. — Теперь ясно, какие приключения Вам нравятся.

Тут мне следовало бы мило улыбнуться, потом я буду жалеть, что не улыбнулась. Но я не очень вежливо повторяю:

— Звоните же, время идет...

К. испытующе смотрит на меня.

— Наверное, у Вас еще не было неудач?

Он поднимает телефонную трубку и медленно набирает номер, поглядывая в мою сторону. Еще не поздно отказаться. Но я молчу.

— Здравствуй, Сережа...

Ну вот, началось.

Уверенности у меня нет. Что поделаешь? Я не могу приказать: появись, уверенность, ты мне сейчас очень нужна! Я знаю только одно: в моих расчетах нет ошибки. Беда в том, что самые верные психологические расчеты не гарантируют однозначного ответа. В физике иначе. Взять хотя бы ядерные реакции. Литий, облучаемый альфа-частицами, превращается в гелий. Если условия опыта не меняются, не меняется и результат. Таковы правила игры. Представляю, как чувствовали бы себя физики, если бы при неизменных условиях опыта литий иногда превращался в гелий, иногда в соломенную шляпу, иногда в малинового медвежонка... Игра

без правил, сказали бы шокированные физики. А ведь в психологии именно такая игра. Правила, конечно, есть, только они неизмеримо сложнее, переменчивее. Вот сейчас я рассчитала реакцию, но вместо гелия запросто может получиться малиновый медвежонок.

— ...Нет, уговаривать не буду. Я хотел знать твое мнение о Синельникове. Ведь ты с ним работал?

Они обсуждают деловые качества Синельникова, затем К. переходит к последней работе Горчакова и очень естественно, посмеиваясь, произносит фразу, которая нужна.

Секундная заминка. Горчаков, наверное, переспрашивает.

— Жаль, говорю, нельзя изменить гравитационную постоянную... Как — что это значит? Изменить — значит увеличить или уменьшить.

К. прикрывает трубку рукой:

— Он спрашивает — зачем? Быстро!

Я подсказываю первое, что приходит на ум:

— Легче жилось бы.

— Легче жилось бы в таком мире, Сережа. Да! Еще бы... К сожалению, не мы с тобой выбрали эту постоянную.

Сейчас самый подходящий момент прервать разговор. Я показываю: надо положить трубку. Но К. не замечает моих сигналов.

— Нет, просто к слову пришлось. Как ее изменишь, проклятую...

Шепотом он передает слова Горчакова:

— «Теоретически можно изменить...»

Я подсказываю ответ:

— Что ты, ни теоретически, ни практически.

Надо было с самого начала слушать разговор. Подключить второй аппарат и слушать. Я сглупила, постеснялась.

— Да, да, понимаю, — говорит К. и пожимает плечами, показывая, что ничего не понимает. (Я ободряюще улыбаюсь — а что остается делать?) К. машинально повторяет: — Да, да... И вдруг удивленно спрашивает: — То есть как это — изменить постоянную Планка?

Именно этого я ждала, и все-таки сердце у меня замирает. Ох, и умница этот Горчаков! Схватил приманку значительно быстрее, чем я думала. Я мгновенно подсказываю:

— Чепуха, ничего не получится...

— Нет, Сережа, нет, ты что-то путаешь... Ну хорошо. Буду ждать.

К. кладет трубку и долго молчит, разглядывая меня. Надо бы мило улыбнуться, но я устала.

— Он будет через час, — говорит К. — Предлагает обсудить какую-то идею. Послушайте: как Вам это удалось?

Ага, удалось!

Я улыбаюсь и отвечаю с великолепной небрежностью:

— Пустяки! Совсем просто. Меньше всего я думала о Горчакове...

6

Это была святая правда, но *К.* ни капельки не поверил.

— Объясните толком. Я должен знать, как теперь держаться с Горчаковым.

Секретарь принесла чай и вафли.

— Дважды звонил Петр Борисович, — сказала она. — Другие тоже звонят.

— Ну-ну, — сочувственно кивнул *К.* — Займите круговую оборону и держитесь. Сейчас мне нужен только Горчаков, он скоро подъедет.

Я посмотрела на часы: десять минут шестого.

— Говорят, Вы где-то выступали со змеями. Это правда? — спросил *К.*

Ох, уж эти змеи! Нигде я, конечно, не выступала. Вообще об этой истории знали четыре человека, я просила их никому не говорить. Как же! Теперь я каждый день слышу разные легенды...

— Со змеями ничего интересного. Просто курсовая работа по зоопсихологии.

— Курсовая? Ладно, не хотите рассказывать — не надо. Но насчет Горчакова Вам придется изложить все самым наиподробнее образом. На чем Вы основывались? Может быть, это просто счастливая случайность? Пейте чай, остынет.

Он меня нарочно подзадоривал.

— Логика, только и всего, — сказала я. — Одно из двух: либо Горчаков утратил интерес к своей работе по случайным причинам, либо тут проявилось нечто более или менее закономерное. Первую возможность я сразу отбросила, она какая-то... ну, не воодушевляет.

— Убедительный аргумент! — возмутился *К.* — Конденсированная женская логика. Дважды два не четыре, а... стеариновая свеча. Если что-то не нравится — отбросим.

— А почему бы и нет? Случайные причины надо искать наугад, а если существуют закономерности, можно думать. Это интереснее.

Лучше бы я ничего не объясняла! Кроме логики, есть еще и интуиция, в пересказе она испаряется. А ведь началось именно с интуиции. Произошел неуловимый поворот мысли, и я увидела: нужно понять отношение физика к миру. Не Горчакова, а вообще

Настоящего Физика. Такого, как Капица, Ландау или Фейнман. Тут мне припомнилось вышедшее из моды слово «естествоиспытатель». Человек, познающий природу, мир, Вселенную.

«Вот я, — думает естествоиспытатель, — и вот Вселенная. Безбрежная (или не безбрежная?) небесная даль, в которой разбросаны огненные шары звезд и гигантские облака туманностей. Миллиарды лет они несутся в пространстве (а что такое пространство?), разлетаясь от какой-то первоначальной точки. Что это за картина и каков ее смысл? Зачем это существует? И зачем существу я, частица этого необъятного мира? Быть может, вещество, из которого я состою (а что такое вещество?), было выброшено когда-то из недр взорвавшейся Галактики, такой же, как вот та, чей взрыв я вижу сейчас... Затерянный в безбрежном (или все-таки не безбрежном?) мире, в котором миллион лет — ничто перед лицом вечности, я хочу все увидеть и все понять...»

— Романтично, — сказал К. — Но Вы обрисовали свой образ мышления, Кира Владимировна, вот в чем фокус. Вам, насколько я понимаю, свойственно именно такое видение мира. А физик думает о другом. Не ладится установка, подводят какие-то паршивые прокладки. Нет сведений об опытах, которые поставил твой коллега где-то за тридевять земель, и может быть, ты идешь по чужому следу. Завтра обсуждение одной дурацкой работы, но если просто сказать, что автор дурак, потом не оберешься хлопот. Сын схватил двойку по физике. Нужно посмотреть свежий номер «Астрофизикл джорнэл», три монографии, написать отзыв о диссертации, рецензию на статью...

Тут я взорвалась. Я сказала, что грош цена человеку, если вся эта суета мешает ему слышать, как Земля плывет сквозь мглистое небо («Почему мглистое?» — тут же придрался К.). Грош цена человеку, если в сутолоке повседневных дел он перестал замечать удивительную картину мира и не терзается от мысли — *что же это такое?*

К. ехидно улыбался: «Детская болезнь левизны... максимализм юности...»

— Достоевщина наоборот, — сказал он. — Самокопание на галактическом уровне.

Я начала возражать (самокопание на галактическом уровне перестает быть самокопанием), но остановилась на полуслове. В утверждении К. определенно была доля истины. Да, я хочу понять себя, а для этого надо знать, что такое Вселенная и в чем ее смысл, иначе нельзя постичь смысл жизни и назначение человека.

— Наверное, Вам интересно жить? — спросил К.

Он смотрел на меня с каким-то напряженным ожиданием.

Я забыла, что говорю с исследователем, и кажется, сама стала объектом исследования.

— Так или иначе, — сказала я, — здесь ключ к пониманию истории с Горчаковым. *Настоящий Физик* начинается с детства. Год за годом он открывает для себя мир, открывает по книгам, в которых спрессованы уже добытые кем-то знания. Идет стремительный процесс: прочитал одну книгу, бери другую, пожалуйста, сколько осилишь. *Настоящий Физик* с детства привыкает открывать мир *в больших дозах*. Каждый день новое, новое... Разогнавшись, он подходит к переднему краю. Дальше нет готовой дороги. Мчался человек по шоссе на гоночной машине, и вдруг нужно пересаживаться на бульдозер и медленно прокладывать дорогу, метр за метром. Понятно, не в одиночку — работает целый дорожный отряд. Но все равно нет прежней скорости. Чтобы пройти путь от азбучной физики шестого класса до квантовой электродинамики, *Настоящему Физику* требуется лет десять. Каждый год он видит новую картину мира. А потом, оказавшись на переднем крае, за те же десять лет он рассмотрит на этой картине лишь несколько новых штрихов.

Разумеется, есть много сглаживающих факторов и успокоительных рассуждений. Очередной метр дороги проложен у тебя на глазах и при твоём участии. И вообще по сравнению с прошлым веком наши дорожные машины стали в десять раз производительнее... Все правильно. Но где-то в глубине души остается вечное... самокопание: так что же такое Вселенная, что было раньше и что будет потом?

— Поразительный метод мышления, — усмехнулся К. — Громоздите одну неточность на другую, выписываете такие вензеля, — он провел трубкой в воздухе замысловатую кривую, — а в результате довольно правдоподобные выводы... Видите ли, Кира Владимировна, есть определенный коэффициент: чтобы проложить метр дороги, требуется энное количество труда. И коэффициент этот постоянно увеличивается. Так уж устроен наш мир.

— Но вот Горчаков не принял такое устройство мира.

— И ушел из науки. Разве это выход?

— Не принять существующее — это уже очень много. Не принять, не смириться... Отсюда один шаг до борьбы.

— С чем?

— Если мир слишком медленно познается, его...

— Ну?

— ...его изменяют.

— Хотелось бы знать — как?

— Надо построить модель другого мира и изучить эту модель. Измените постоянную Планка — и вы получите модель совсем иного мира. Все в нем будет иное: иная физика, иная химия, иная

природа, иная жизнь... Таких моделей можно построить множество, среди них обязательно окажутся миры с более выгодным коэффициентом познаваемости.

Я мило улыбнулась и добавила:

— В самом деле, зачем изучать трудный *реальный* мир, когда можно построить модель *нереального*, но легко познаваемого мира?..

7

Я видела по глазам *К.*, что мои шансы стать главным психологом всемирно известного института, которым он руководит, катастрофически стремятся к нулю. Еще бы — запросто выложила такую ересь... Впрочем, *К.* был *Настоящим Физиком*: на какую-то долю секунды он дрогнул, почувствовав в этом безумии определенную систему, и ответил почти спокойно:

— Наука, Кира Владимировна, изучает реальный мир. В этом ее ценность. Математическую модель несуществующего, но легко познаваемого мира построить можно, не спорю. Мысль сама по себе изящная. Но изучая модель несуществующего мира, Вы будете делать несуществующие открытия. А зачем они нужны?.. Представим наш мир в виде плоскости.— Он провел трубкой над столом.— Теоретически мы можем построить сколько угодно других плоскостей. Они оторвутся от нашей реальной плоскости и уйдут куда-то в сторону...— Трубка описала неопределенную дугу.— Возможно, но каким-то из этих плоскостей двигаться будет очень легко. Но чем быстрее вы будете двигаться, тем дальше уйдете от реального мира.

Любовь к эффектам когда-нибудь меня погубит. Со змеями я влипла в историю именно по этой причине. И вот теперь я снова не удержалась от эффектного номера. Я попросила у *К.* его знаменитую трубку и провела ею от стола вверх:

— Вот так оторвется от реальности модель несуществующего мира.— Я покрутила трубкой в воздухе. — ...Оторвавшись, она попетляет, а затем...— трубка решительно пошла вниз, к столу,— ...а затем вновь пересечется с плоскостью реального мира. Где-то далеко впереди строящейся дороги. И здесь, на линии пересечения, несуществующие открытия несуществующего мира прекрасно совпадут с реальными открытиями реального мира. Мы прорвемся на сотни лет вперед. А может быть, и на тысячи. Я не знаю, какие открытия будут при этом сделаны. Они покажутся нам таким же волшебством, каким показались бы открытия двадцатого столетия античным философам. Быть может, мы сумеем сконденсировать фотонный газ и получим жидкий свет. Его можно будет за-

черпнуть рукой, взять в ладони — вот так, он будет переливаться, в нем будут мерцать теплые лучистые огоньки, и рядом с этим живым светом бриллиант покажется серым булыжником... А может быть, мы откроем структуру электрона, проникнем в глубь элементарных частиц и еще дальше — в недра той неведомой пока формы материи, из которой построены электроны, протоны... Так или иначе это будут чудесные открытия, и стоит жить, чтобы делать их.

К. понял мою идею в тот момент, когда трубка пошла на сближение со столом. Я уловила этот миг: К. сразу отключился, перестал меня замечать. Наверное, через десять секунд он уже разобрался во всем глубже меня. Но я продолжала выкладывать свои мысли — слишком велико было напряжение и нужна была разрядка.

— Вот что,— сказал К. минут через пять.— Вы не очень гордитесь.

Я, конечно, начала говорить, что ни капельки не горжусь. Появится еще один метод познания мира, наука получит новую обезьянку для опытов, только и всего. Это была хорошая аналогия, я ее тут же развила.

— Вот-вот,— продолжал К. — Гипотеза о кварках построена на том, что заряд электрона может быть дробным. Так что не Вы первая замахнулись на константы.

Мне бы промолчать, но я не утерпела:

— Как же... Есть и другие прецеденты. В фантастическом рассказе Беляева меняется скорость света. В математике рассматриваются пространства с числом измерений более трех... И так далее. Всякая приличная теория обязана включать предыдущие построения в качестве частных случаев.

— Ну и язычок у Вас! — К. покачал головой. — А Вы хоть подумали, удастся ли вообще реализовать эту затею? Когда Горчаков моделировал Солнце, из миллиона моделей годилась одна. При этом мировые постоянные не менялись. Если же вовлечь в эту игру константы, потребуются миллиарды моделей на одну годную. Разве что найдутся какие-то правила вариации констант... Кстати, Кира Владимировна, а ведь начали Вы не с самого удачного варианта. Я имею в виду эту фразу об изменении гравитационной постоянной. Из всех констант Вы выбрали, пожалуй, наименее удачную.

«Сейчас мне достанется,— подумала я.— Вот и придумывая после этого обезьянок...»

Я сказала, осторожно подбирая слова:

— Горчаков должен был *сам* прийти к этой идее. Своя идея больше воодушевляет.

— Не понимаю, — сухо произнес К.

Он уже все понял. Не было смысла лавировать, я честно объяснила:

— Конечно, заманчивее варьировать постоянную Планка: она входит во все уравнения ядерной физики. И вообще... Сразу, например, меняется принцип неопределенности... С самого начала я думала о постоянной Планка. И еще о постоянной Ридберга. Но Горчакову должно казаться, что он сам все придумал. Поэтому нужна была эта фраза о гравитационной постоянной. И ответы я Вам подсказывала такие... не гениальные.

К. отложил трубку. Он покраснел, и лицо у него сморщилось, как от зубной боли.

Что поделаешь, конечно, я поставила его в глупое положение. Горчаков наверняка подумал, что старик сдает: прошел мимо идеи, ничего не заметил и говорит глупости.

Отступать было некуда, я твердо сказала:

— Горчаков ни в коем случае не должен знать... ну... как это получилось. По крайней мере, в ближайшие годы. Сейчас он убежден, что сам все придумал,— это окрыляет... В конце концов, он шел в этом направлении: ему достаточно было крохотной подсказки. Я сработала за катализатор, только и всего. И еще: пожалуйста, не сердитесь — Вы поставили задачу, которая по-другому не решалась.

К. как-то странно посмотрел на меня. Наверное, так смотрел кардинал Ришелье на д'Артаньяна, размышляя, отправить ли его в Бастилию или дать патент на звание лейтенанта королевских мушкетеров. Я только сейчас заметила, что К. очень устал.

Через несколько минут появится Горчаков, и ему снова придется работать.

— Мне лучше уйти, — сказала я. — Скоро приедет Горчаков. Вам предстоит его выслушать, изумиться, похвалить — это обязательно нужно сделать! — а потом... вероятно, Вы будете обсуждать программу работы.

— Да, сегодня уж такой день, — улыбнулся К., и я обрадовалась, потому что улыбнулся он хорошо, открыто. — Идите, Кира Владимировна, завтра я Вам позвоню. Затея с *Человеком Который Умеет Все* почти утопическая, но Вы, кажется, не собираетесь от нее отказываться, не так ли?

...Я остановилась в подъезде. Шел мелкий-мелкий дождь. Не знаю, откуда он взялся: небо было чистое, и только где-то очень высоко светились пушистые оранжевые облака. Я смотрела на эти облака и на деревья, тянувшиеся к небу, и на людей, которые шли мимо деревьев, и думала, что все это здорово устроено: постоянная Планка в нашем мире выбрана со вкусом.

Удачный день! К. сказал, что затея *почти* утопическая, до это-

го она казалась ему *чистой* утопией. А ведь он еще не знает, что я начала эксперимент...

К подъезду подкатила «Волга», с ее красной крыши стекали струйки воды. Из «Волги» выскочил баскетбольного роста парень. Я сразу сообразила, что это Горчаков, — К. описал его довольно точно. Мореплавание понесло тяжелую утрату, подумала я, в морской форме Горчаков был бы великолепен. «По местам стоять, с якоря сниматься!..» Впечатляющая картина. Впрочем, так он тоже неплохо выглядел, совсем неплохо. На меня он даже не взглянул. Промчался к двери, перепрыгивая через ступеньки.

Я посмотрела на часы. Было без четверти шесть. Если ателье работает до семи, можно еще успеть...

— Такси! — отчаянно закричала я.

Машина, уже тронувшаяся, послушно притормозила. Нет, все-таки это был удачный день!..

* * *

Три года спустя в Москве состоялся Первый международный симпозиум по прогностическому моделированию вариаций мировых констант. На эмблеме симпозиума были изображены две пересекающиеся плоскости. Основной доклад делал Сергей Александрович Горчаков. Кира Владимировна в это время работала в Ингоре. Оттиск доклада она получила через месяц. Рассеянно полистала и отложила. В этот день она решала совсем другую задачу.

МЫ ПОЙДЕМ МИМО — И ДАЛЬШЕ

1

— Послушайте, Кира Владимировна, зачем психологу вакуумный насос? — спросил меня бухгалтер.

Официально он теперь назывался генеральным бухгалтером. Полгода назад он был главбухом, и на его столе лежали обыкновенные конторские счета. А сейчас справа от генерального бухгалтера селектор, слева изящный компьютер «Рига-6М», на большом полированном столе ничего лишнего — только ручка, карандаш и новая книга Жана Силбаха «Финансирование научных исследований». На французском языке. И сам генеральный бухгалтер похож на молодого профессора-физика.

Генеральный бухгалтер — мой враг № 1. Он всегда разговаривает со мной с позиции силы.

— Вот, пожалуйста, — сказал он, — пункт семнадцатый Вашего пространного списка. Стекланный высоковакуумный масляный двухступенчатый диффузионный насос. Восемнадцатый пункт —

нитрат серебра, тысяча семьсот граммов. Девятнадцатый пункт — экстракционный аппарат Сокслета... Два года Вы меня изводили такими заявками. И впереди, насколько я понимаю, еще целый год, пока Вы кончите университет и, даст бог, уедете куда-нибудь...

Нечто подобное я слышала еще в школе. «Знаешь, Кира, хватит с меня твоих затей, — заявил директор, когда я научила своих октябрят скорочтению по системе «ультраспид». У директора болело горло, он говорил трагическим шепотом. — Что за цирк, что здесь происходит? Хоть бы ты скорее кончила десятый класс и поступила в МГУ...» И вот теперь бухгалтер ждет, пока я окончу МГУ и уеду в Академгородок. Интересно, что мне будут говорить в Академгородке и куда я уеду оттуда?..

— Шесть тысяч двести, — продолжал бухгалтер, разглядывая список. — Можете Вы объяснить, для чего нужны вакуумный насос, нитрат серебра и все остальное?

Объяснить я не могла, он это прекрасно знал.

— Виктор Андреевич, — сказала я, чтобы хоть что-то ответить, — поймите: нельзя расспрашивать Чуваева — это нарушит чистоту эксперимента. Когда Джон Бернал разрабатывал свою теорию жидкого состояния...

— Чистота эксперимента, — с горечью произнес генеральный бухгалтер. — Все думают о чистоте эксперимента, и никто не хочет думать о чистоте бухгалтерии. Вместо конкретных объяснений Вы цитируете Налимова и Мульченко, ссылаясь на кривую Виланда, приводите формулу Сарбаева и рассказываете мне истории из жизни Джона Десмонда Бернала. А я смотрю на смету. Тут Ваша подпись, не так ли? — Он раскрыл пухлую папку с моими бумагами. — Семнадцать тысяч на весь год. Из них на оборудование — четырнадцать. Хорошо, теперь обратимся к фактам. Не проходит и месяца, как Вы тратите четырнадцать тысяч, а через две недели и все остальное. Затем Вам дают еще семь тысяч. Восходящая звезда психологии, разве можно отказать! Я тут же оплачиваю кучу счетов. Ультрафильтры Зигмонди, фотоэлектрический пиромет ФЭП-4, диализатор с мешалкой, две тысячи шестьсот рублей заводу «Физприбор», четыреста пятьдесят по трудовому соглашению за изготовление стеклянной аппаратуры согласно эскизам... Семь тысяч кончаются. И тогда Вы говорите: нужна радиационная защита. Вы прекрасно знали об этом заранее, но не включили стоимость защиты в смету. Еще бы, на монтаж защиты обязательно дадут дополнительные средства: если есть радиация, защита необходима, не так ли?.. Ладно, пойдем дальше. Апрель этого года. Я был в отпуске, а Вы уговорили Зацепина и Софью Александровну и забрали приборы, предназначенные для химфака. Интересно, как это увязывается с кривой Виланда и возвышенными идеями Джона Десмонда Бернала?

В душе он остался главбухом, и сейчас ему не хватало счетов: взять и посчитать, сколько я израсходовала. Раньше он так и делал. А тут вместо счетов ЭВМ — не будешь же на ней складывать такие простые цифры.

— Если хотите знать, Кира Владимировна, — продолжал он, — Вас испортила слава. Интервью, очерки, портрет на обложке «Смелый»... Барыбин, Зиневич, Мельникова — доктора психологических наук — спокойно занимаются психологией, а Вы, студентка, строите машину, которая неизвестно как должна быть устроена и неизвестно что должна делать. Не спорьте: это не поможет. Пока Вы не выходили за пределы утвержденной суммы, я молчал. Но дополнительные средства — совсем другой разговор. Составьте обоснование, смету, пусть все это подпишет Коробов. А потом пойдите к Зацепину. И если он утвердит... ну, тогда будет видно. Советую поторопиться. Зацепин послезавтра уезжает...

Главбух по-своему прав: за два года я потратила уйму денег на машину, о назначении которой не имею ни малейшего понятия. Но я тоже права: нельзя было спрашивать о назначении машины — это отразилось бы на ходе эксперимента.

За два года я привыкла не вмешиваться, и, когда Игорь перед отъездом принес список оборудования для Тумбы-2, я ничего не спросила. Игорь в Саянах, плавает на своей байдарке по Большой Бирюсе — не позвонишь, не спросишь... Самое умное — отложить все до его возвращения. Потеряем мы на этом месяца полтора, ничего страшного. А пока я поеду домой. Ну конечно! Возьму билет на самолет и завтра к вечеру буду в Таганроге. Мама даже не ждет. Лето кончается, надо отдохнуть и в октябре взяться за диплом.

Решено. Еду на три недели домой.

2

Главбух говорит: «Слава испортила». Ну какая у меня слава? Придумала систему упражнений по развитию фантазии, занималась с Настей Сарычевой, потом Настя открыла АС-эффект и действительно прославилась. А моей славы хватило, чтобы новую тему включили в план проблемной лаборатории.

Конечно, тема дикая. Но потрясающе интересная, я бы ни за что от нее не отказалась. К тому же Игорь идеально подходил для эксперимента. В психологических опытах это чрезвычайно важно — иметь подходящего человека. Иногда все останавливается из-за того, что не на ком экспериментировать.

Игоря Чуваева я нашла в Таганроге. Гениальный парень, он решил перейти Азовское море на ходулях. Плывут же через океан на плотках и папирусных лодках — такая уж эпоха. В Таганрог-

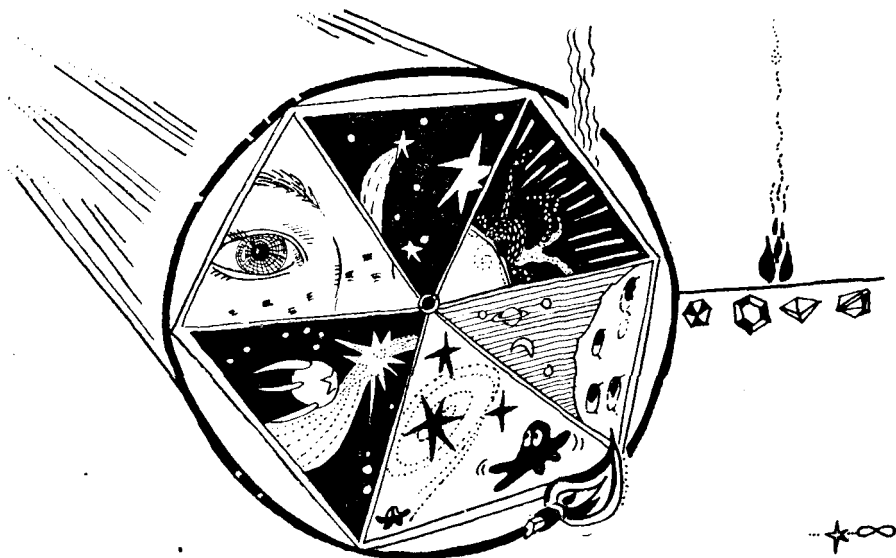
ском заливе совсем мелко, особенно при восточном ветре, когда начинается сгон воды. Игорь тренировался со своими ходулями, я его выловила метрах в трехстах от берега. Одна ходуля заклинилась между камнями, и первый в мире ходуленавт висел над водой под углом в сорок пять градусов. Красивое было зрелище. Развязать ремни он не мог — не дотягивался, а кричать не хотел, потому что на берегу сидела рыженькая Алиска. Игорь заканчивал тогда седьмой класс, Алиска была в четвертом, но она играла не последнюю роль во всех его затеях. Алиска не видела, как я спасала отважного ходуленавта, в школе я никому ничего не сказала, и Игорь проникся ко мне доверием.

Впрочем, с ходуленавтикой мы быстро покончили. Я заставила Настю сделать расчет, и получилось, что предел — два метра плюс-минус пятнадцать сантиметров. С глубиной возрастает сопротивление воды, труднее шагать. Нужно было чем-то занять Игоря, и я подбросила ему систему упражнений по развитию воображения. Фантазия у Игоря была богатая — это чувствовалось уже после первой недели занятий. Но тут у меня начались выпускные экзамены, а потом надо было ехать в Москву, поступать в университет. Перед отъездом я подарила Игорю «Спутник юного филумениста» и набор спичечных этикеток. Я к тому времени прочитала уйму книг по психологии и считала себя настоящим психологом. Пусть Игорь собирает этикетки, решила я, дело это тихое и в какой-то мере полезное. Да и в «Очерках по психологии подростков» говорилось: «Филумения направляет энергию подростка в спокойное русло коллекционирования, развивает любознательность, расширяет кругозор».

Прошел год, и, приехав на каникулы, я заметила на улицах нечто новое. В Таганроге, особенно в старой его части, за год бывает не так уж много перемен. И если что-то изменилось, это сразу бросается в глаза. Смотрю, напротив вокзала появился громадный световой щит: «Страхуйте имущество от огня!» Зеленая надпись и красное пламя. Сначала загораются внутренние контуры пламени, потом внешние, доходящие до четвертого этажа, и тогда по диагонали появляется призыв насчет страховки. Очень красиво. Прошла я два квартала по улице Фрунзе и вижу: «При пожаре звоните 01». Оранжевые буквы, каждая по три метра, не меньше. Тоже красиво, но, думаю, несколько однообразно. Иду дальше. На здании почтамта прямо-таки праздничная иллюминация: тут и «Прячьте спички от детей», и «Страхуйте имущество», и «Звоните 01», и «Вступайте в Добровольное пожарное общество». Я начала кое-что понимать. «Филумения направляет энергию подростка в спокойное русло коллекционирования...» Вот и правила!

Правда, потом выяснилось, что Игорь лично ничего не сжег.

Он развлекался сравнительно безобидно: отламывал спичечные головки и закладывал их в самодельный калейдоскоп вместо стеклышек. Я была потрясена, когда впервые посмотрела в такой пироскоп. Я даже не знаю, с чем это можно сравнить. Таким должно быть небо где-нибудь в центре Галактики, в самой гуще вспыхивающих, сталкивающихся звезд и кипящей огненной материи.



Игорь построил пироскоп и, конечно, показал Алиске — ну, и очень скоро об этом узнала вся школа. Появились подражатели, а они всегда портят дело. Сгорел дом на Пушкинской, в шести других местах с трудом потушили пожары.

За спичками, конечно, стали присматривать, но Игорь к этому времени и сам отказался от спичек: ему не нравилось их пламя. Он взялся за химию и за год научился получать многослойные крупинки, которые горели без дыма и давали пламя с меняющейся цветной окраской.

Я осмотрела лабораторию, которую он устроил во дворе, в сарае, познакомилась с его дальнейшими планами, послушала, что говорят в народе, и поняла: надо срочно спасать родной город. Пироскоп я отправила ценной бандеролью Насте, и через три недели Чуваева пригласили в московскую школу с химическим уклоном. В последний момент в это дело вмешалась Алиска и чуть было все не испортила. Пришлось обещать, что после восьмого класса я ее тоже заберу в Москву.

Эта история меня кое-чему научила, и в Москве я контролировала Игоря, хотя мне хватало и своих забот. Первые полгода прошли спокойно. Но после зимних каникул Игорь позвонил и сказал, что ему поручили сделать доклад об алхимии. «Помогите,— говорит,— найти что-нибудь о ксантосисе, хочу показать на практике». Понятно, я всполошилась. Кто его знает, что это за ксантосис и как его показывают на практике!..

Помчалась в библиотеку, выписала груды книг по истории химии и стала искать таинственный ксантосис. К счастью, выяснилось, что ничего страшного нет: ксантосис — операция золочения. Берут какой-нибудь сплав и придают ему внешний вид золота. Есть еще и лейкосис — это когда сплав подделывают под серебро. Ну, я кое-что выписала для Игоря, работы там было на час, только и всего. Но я просидела до закрытия читального зала и на следующее утро пришла снова. Алхимия заинтересовала меня помимо доклада. Я, например, раньше не знала, что эпоха алхимии продолжалась свыше тысячи лет. Я стала размышлять об этом долгом тысячелетии, и у меня появилась потрясающая идея.

Алхимиков влекло золото: они надеялись получить его с помощью философского камня из ртути, серы и мышьяка. И вот тысячу лет усилия алхимии (а она тогда была основной экспериментальной наукой) концентрировались на одном направлении. Совершенно нереальном! И лишь попутно делались полезные открытия. Работали, например, с ртутью — и обнаруживали киновар, сулему. Изучали превращения серы — и открывали сульфаты меди и цинка. Все открытия этого тысячелетия связаны с основной алхимической линией.

Представляете, что получается?

Ценится золото — и лучшие умы тысячу лет изучают превращения металлов. Ну, а если бы ценилось не золото, а нечто другое? Хотя бы еловые шишки — при условии, что они очень редки. Тогда тысячу лет искали бы способы получения еловых шишек. Иное направление поисков — и, следовательно, совсем иная цепь сопутствующих открытий. Наверное, за тысячу лет научились бы выращивать самые фантастические растения. Кто знает, каких успехов достигла бы биология...

Я целыми днями просиживала в читалке. Ссорилась с библиотекарем: его раздражало, что я не могу ясно сформулировать тему. От алхимии я перешла к географии. Эпоха Великих географических открытий — снова погоня за золотом. Жажда золота определяет маршруты экспедиций: считается, что богатые золотом страны лежат на континентальных побережьях, там, где впадают в океан большие реки. «Я делаю все возможное,— писал в своем дневнике Христофор Колумб,— чтобы попасть туда, где мне удаст-

ся найти золото и пряности». Золото и пряности... Временами пряности поднимаются в цене выше золота, и сразу же меняется главное направление поисков: мореплаватели ищут уже не Эльдorado, а «пряные острова», с их зарослями корицы, перца, гвоздики, мускатного ореха. Карл Первый приказывает Магеллану: «Поскольку мне доподлинно известно, что на островах Молукко имеются пряности, я посылаю вас главным образом на их поиски, и моя воля такова, чтобы вы направились прямо на эти острова». Если бы ценились не золото и пряности, а какие-нибудь особые ракушки, иной была бы вся история Великих географических открытий.

Вначале это привлекло меня чисто теоретически. Получались любопытные мысленные эксперименты. Допустим, вместо «золотой» алхимии была бы «магнитная». Ценность монеты определяется весом поднимаемой гири, разве плохо? Золото блестит — в этом его достоинство ... в глазах дикаря. Зато у магнита удивительные свойства: каждая монета была бы компасом. Так вот, «магнитная» алхимия: трудно даже представить, сколько открытий сделали бы алхимики за тысячу лет. Они бы, например, легко обнаружили, что магнитные свойства исчезают при определенной температуре, и открыли точку Кюри на полторы тысячи лет раньше... Превращение неблагородных металлов в золото практически не осуществимо до сих пор (ядерные реакции не в счет — они дают ничтожный выход), в сущности, алхимия с самого начала оказалась в тупике. Ксантосис, имитация золота, — такой предел «золотой» алхимии. А «магнитная» алхимия шла бы от открытия к открытию и вместо жалкого ксантосиса овладела бы электромагнетизмом...

И вот однажды меня осенило: а ведь современная наука тоже развивается по определенным линиям. Конечно, теперь нет одной господствующей линии, но что это меняет? Природа, Вселенная, материя неисчерпаемы, должны существовать бесчисленные пути их исследования, а мы выбираем лишь те пути, которые связаны с сегодняшними представлениями о ценностях.

У меня был билет в Консерваторию, играли Первый концерт Рахманинова. Я так ждала этого вечера и вот сидела в зале и не могла сосредоточиться из-за сумасшедшей идеи: а что, если сменить систему ценностей? В самом деле, взять и поставить такой эксперимент. Иная система ценностей — значит, иная система целей. Возникнут совершенно новые поисковые линии. Сейчас мы их не замечаем: они для нас как невзрачный магнитный железняк для алхимика, ослепленного призраком золота...

Не может быть и речи о том, чтобы наука ради эксперимента изменила свою систему целей. Опыт придется ставить на одном человеке. Снова, как и с Настей Сарычевой, я буду перестраи-

вать мышление человека. И снова возникнет вопрос о риске: опыт закончится, а мышление навсегда останется перестроенным.

Если бы не музыка, я бы, наверное, так и не решилась.

3

Нет, музыка здесь ни при чем.

Систему развития фантазии я нащупала более или менее случайно — меня терзали сомнения: смогу ли я придумать еще что-нибудь? И вот появилась такая великолепная идея, как же было от нее отказаться...

4

Три года назад мне не хватало уверенности в своих силах. •Сегодня уверенности сверхдостаточно, не мешало бы чуточку убирать, я это сама понимаю, и все-таки меня неудержимо влечет к новым приключениям. И то же самое ощущение: смогу ли? Потому что если не смогу, какое значение имеют все предыдущие удачи?!

Я и не подумаю ждать, пока Игорь вернется. Сама разберусь в этой чертовой Тумбе, составлю обоснование и смету. Когда три года назад я выложила Игорю идею эксперимента, он сразу загорелся:

— Вот здорово! Надо взяться за октановое число. У нас шефы этим занимаются: мы два раза в неделю ходим к ним в институт. И практику мы там будем проходить.

Об октановом числе я помнила совсем немного. Показатель антидетонационных свойств топлива. Чем выше октановое число топлива, тем лучше, потому что можно увеличить степень сжатия, а это ведет к повышению к. п. д. двигателя.

— В общих чертах соответствует, — снисходительно подтвердил Игорь. — Но мы не будем увеличивать октановое число. Как раз наоборот: мы его будем уменьшать. По этому пути еще никто не шел.

Гениальный парень, он молниеносно схватил суть дела. Признаться, в первый момент я даже растерялась: одно дело теоретические рассуждения об алхимии и множественности поисковых путей, а другое — конкретная работа по уменьшению октанового числа. Взяться за ухудшение качества горючего, считать, что горючее тем ценнее, чем оно хуже... Ну-ну. Я заставила себя сказать: «Прекрасно, так и сделаем», — и твердо решила, что в дальнейшем не буду вмешиваться в техническую сторону дела. Если Чуваеву придется меня убеждать, это обязательно повлияет на ход его мыслей. Самые неожиданные идеи будут невольно отсеиваться. Мое дело — создать условия для эксперимента и не вме-

шиваться. Так мы и договорились. Игорь действительно начал с октанового числа, но очень скоро переключился на что-то другое. Весь первый год он искал подходящее направление, выбор оказался значительно труднее, чем я предполагала.

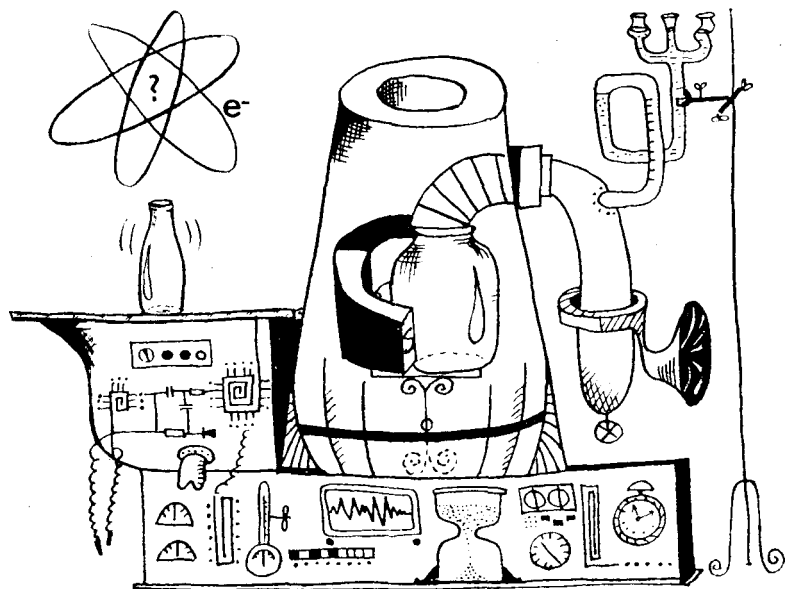
Вообще это было тяжелое время. Игорь заканчивал школу, поступал в университет, на химфак. Химия была его призванием — в этом не приходилось сомневаться, и все-таки я боялась, что он срежется на экзаменах. Я усиленно занималась с ним развитием воображения, он легко справлялся с самыми трудными задачами. Индекс фантазии у него был втрое больше среднего: 210—220 по шкале Лирмейкера. В любой вещи он прежде всего видел ее неявные, необычные свойства. Я смотрела, как он сдавал химию на вступительных экзаменах. Вопрос относился к электролитической диссоциации, но Игорь сразу сказал, что диссоциация при двух видах электричества — положительном и отрицательном — достаточно тривиальна. Интереснее, сказал он, рассмотреть диссоциацию при условии, что существует электричество трех видов. Первый час он возился у доски один, потом к нему присоединился преподаватель, и они стали вдвоем рассматривать диссоциацию «в общем случае эн видов электричества»...

На следующий день Игорь примчался ко мне и объявил, что есть подходящая идея о оцененных ценностях и нужно поскорее приступить к монтажу установки. Готовиться к экзаменам он перестал, но все обошлось благополучно. А тут как раз началась бум с АС-эффектом, и, поскольку Настя всюду твердила, что обязана своим открытием тренировке фантазии, мои акции пошли в гору. Мне предложили участвовать в работе проблемной лаборатории. Я назвала свою тему, отстояла ее на ученом совете, составила смету, и осенью Игорь приступил к сборке Тумбы.

Два года он возился с этой машиной: собирал, разбирал, перестраивал. У нее даже имена менялись. Сначала она называлась Качель (в ней действительно что-то раскачивалось наподобие маятника). Качель превратилась во Флюотрон (у него был шикарный научный вид — сложнейшее переплетение стеклянных трубок и проводов, масса электроники). За Флюотроном последовали Труба, РПС, Антитразер, несколько безымянных аппаратов, он» менялись чуть ли не каждую неделю. И уж после них появился Пузырь — стеклянная банка, обставленная электромагнитами. Пузырь постепенно вырос в Бочку. Бочка стала Тумбочкой и наконец Тумбой.

Тумба так и осталась Тумбой, но что-то в ней не ладилось, Игорь жаловался: схема вроде бы собралась, однако мощности не хватает, и получается, что формулы врут... Он упрямо возился с Тумбой, хотя работа застопорилась, — я это видела. Поразмыслив, я предложила собрать более мощную установку. В конце

концов, хорошее открытие как раз и состоит в уточнении формул. Игорь сразу принялся за расчеты, мне с трудом удалось убедить его не откладывать поездку в Саяны. Ему обязательно надо было отдохнуть. Мы договорились, что за это время я подготовлю оборудование и материалы.



Нет, главбух, конечно, прав: бумажки надо составить. Вопрос в том, как это сделать. Любопытно было бы взять какого-нибудь психолога XIX века, дать ему лазер или такой компьютер, как у главбуха, и сказать: «А ну-ка догадитесь, что это за штука и как она устроена...» Приятно представить в такой ситуации глубокоуважаемого Вундта. Чопорный был дядя, сердитый — это по его книгам видно. Или глубокоуважаемого Гербарта, из-за которого я поспорила с Алексеем Ивановичем и едва не завалила экзамен. Гербарт написал работу «О возможности и необходимости применения в психологии математики», — пусть бы он применил тут свою математику.

Красивая получается задача: дана машина, которая неизвестно как устроена и неизвестно для чего предназначена, надо понять... Что надо понять?.. Ну, в общем, что это такое. Хотя бы в принципе. Не исключено, кстати, что эксперимент не удался и машина — просто груда металла. А может быть, она нечто далекое и удивительное, как лазер для Вундта и Гербарта...

Глупая затея. Нажмешь не ту кнопку — и Тумба спокойно взорвется.

Пойду-ка я лучше обедать.

5

В сущности, мне нужен был толковый консультант. Я это сообщила, увидев в столовой Арсена Азаряна, единственного у нас психолога, знающего физику. Арсен окончил физтех, четыре года работал у Капицы, учился на заочном отделении психологического, потом пошел в аспирантуру. Лучшего консультанта я бы не нашла.

— Слушай, Кира, — сказал Арсен, — спаси человека, вынужденного посвятить отпуск неблагодарному делу обмена квартиры. Дай почитать что-нибудь такое детективное, знаешь, с кошмарными убийствами и пронизательным инспектором...

Он пришел в университет за справкой, и теперь у него были два часа свободного времени до начала приема в каком-то жилотделе. Когда я предложила покопаться в машине, Арсен сразу повеселел.

— Вот здорово! — сказал он. — Я давно скучаю по такой работе. Психология — прекрасная наука, но в ней нет точности, расчетов, вещественности. Слова, слова, слова...

— Не только слова.

— Конечно. И все-таки... Я знаю точно, что такое вольт, ампер, эрстед. А в психологии — «способности», «темперамент», «характер»... Ты можешь сказать, что такое «характер» и как его измерить?

— А почему тебя потянуло в психологию?

— Представь себе Колумба. Как, по-твоему, кем бы он был в наше время?

— Капитаном большого морозильного траулера. Эпоха Великих географических открытий прошла.

— Вот именно. Тогда каждый капитан мог рассчитывать на великие открытия. А сейчас Колумб как миленький стоял бы на мостике морозильного траулера и подсчитывал проценты выполнения плана... Понимаешь, я увидел, что в физике тоже наступает затишье. Будет, конечно, новая волна открытий, но не сейчас. А психология... Да ты сама знаешь, еще пять или десять лет — и начнется эпоха Великих психологических открытий.

Мы наскоро пообедали, и я повела Арсена к Тумбе.

— Две комнаты с удобствами, — завистливо вздохнул он, разглядывая лабораторию.

На стене висела большая фотография: Уиллис на борту своей «Малышки». Арсен даже присвистнул.

- Слушай, Кира, это тот старик, который...
- Да. Капитан Уильям Уиллис. В семьдесят пять лет на одноместной яхте через Атлантику.
- Могучий старик... А кто на цветном снимке?
- Алиска. Есть такой человек в Таганроге.
- Молодец, Петр Первый! Умел основывать города...

Тумба занимала всю вторую комнату: свободного места там было совсем мало. Я пропустила Арсена, а сама осталась стоять в дверях.

Массивное основание Тумбы похоже на автомат для продажи газировки. Такой же металлический шкаф, только раза в три шире, и лежит этот шкаф на полу, в середине комнаты. Над шкафом возвышается короткая труба, напоминая ствол старинной пушки. Дуло пушки закрыто многослойной стеклянной плитой. Красивая вещь. Делал старый мастер с завода «Физприбор», но Игорю понадобилось что-то изменить, начались переделки, и у меня была сложная дискуссия с главбухом по поводу оплаты этой работы... К плите, по всему ее периметру, прикреплены провода, целая сеть проводов, почти как во Флюотроне. Провода тянутся к стенам — там установлены блоки ЭДУ. Черные такие коробки, наполненные электроникой. Я пробивала через бухгалтерию материалы для этих блоков, но даже не представляю, что такое ЭДУ. «Эй, дубинушка, ухнем...»

— Индийская гробница, — сказал Арсен. — Послушай, может быть, есть описание, а? Или хотя бы схема.

— Искала, ничего нет. Смотри на это как на задачу. Дана известная машина, надо узнать, что она собой представляет. Назначение, принцип действия...

— Ладно. Я в ней покопаюсь, если не возражаешь.

Он терпеливо копался в Тумбе, а я развлекала его разговором. Так прошло около часа, у меня уже появилась какая-то надежда, но тут Арсен подошел ко мне и грустно спросил:

— Что у тебе плохого сделал, Кира?

— Ничего плохого, с чего ты решил...

— А зачем ты меня разыгрываешь?

— Никакого розыгрыша, честное слово! Мне надо знать, как эта штука работает. Хотя бы приблизительно.

Арсен смотрел на меня, недоверчиво прищурившись.

— Эта штука не может работать, — проникновенно сказал он. — Эта штука являет собой бессмысленное нагромождение частей. Вот идут трубы от вакуумных насосов, полюбуйся: они ни к чему не прикреплены. Насосы будут качать воздух из комнаты. С таким же успехом можно перемешивать Тихий океан чайной ложечкой... Слушай, почему ты взяла этого парня? При таком диком эксперименте надо было уж взять хорошего физика.

Ну, на этот счет у меня был отличный пример из Джона Бернала:

— Если бы Маркони хорошо знал физику, он и не подумал бы о радиосвязи через океан. По хорошей физике того времени, радиоволны не могли изогнуться и пойти вдоль выпуклой земной поверхности.

Такие примеры действуют безотказно. Арсен пожал плечами, но спорить не стал. И все-таки дело было швах: я надеялась, что Арсен хоть что-то мне подскажет. Не могу же я составить смету на второй образец «бессмысленного нагромождения частей».

— Ты смелый человек, Арсен, — сказала я. — Давай героически посмотрим, как она работает. Не думаю, чтобы она сразу взорвалась.

Это тоже подействовало безотказно.

Арсен развернул кабель, подсоединил его к щиту и включил Тумбу. Комната наполнилась звуками: что-то быстро-быстро стучало, металлический ящик жужжал, всхлипывал и присвистывал, из угла доносилось ритмичное позвякивание, как будто там и в самом деле перемешивали океан чайной ложечкой...

Арсен усмехнулся:

— Ну как? Квнтет Кулля исполняет популярную мелодию «Час пик».

— На щите есть разные кнопки...

— Хорошо, — согласился Арсен. — Нажмем на кнопки.

Тумба продолжала шуметь как ни в чем не бывало. Ничего не произошло.

— Перед нами озвученная абстрактная скульптура на физические темы, — подытожил Арсен, выключая Тумбу. — Вольная композиция из приборов, проводов и всякого случайного барахла. Там в углу стоит генератор СВЧ, отличный генератор, но волноотвод сделан безграмотно и подключен к ящику, набитому кусками картона... В металлической гробнице находится излучатель альфа-частиц, по идее, частицы должны поступать в трубу, однако магнитная система там такая слабая, что не может быть и речи о фокусировке. Дальше. Стеклянная плита укреплена на фарфоровых изоляторах, которые снаружи покрыты серебром и потому ничего не изолируют... Этот парень морочит тебе голову. Давай я поговорю с ним как мужчина с женщиной.

— Он в Саянах. Приедет, тогда поговоришь.

— Правильно. И не огорчайся. Начнешь сначала. Я тебе знаешь каких ребят подберу! Физиков, химиков, кого хочешь... Нет, в самом деле. Эпоха коллективов, а ты работаешь в одиночку. Кошка, которая ходит сама по себе... Я прикину, как организовать опыт, а ты вечером позвони. Договорились?

Я проводила Арсена и вернулась к Тумбе.

Абстрактная скульптура... Как же! Игорь работал всерьез, я в этом нисколько не сомневалась. Тумба должна быть чем-то принципиально новым, отсюда и впечатление бессмысленно нагроможденных предметов. Первая вещь всегда кажется бессмысленной. Морзе сделал свой первый аппарат из мольберта, старых часов и гравировальной пластины, заменявшей ему гальванический элемент. Тоже можно было бы сказать: на таком мольберте невозможно рисовать, а часы не будут показывать время, и вообще бессмысленно громоздить разбитые часы на мольберт...

Психологический барьер. Я должна была предвидеть это раньше.

6

Вообще-то я сегодня собиралась в кино. У меня билет в «Коллизей» на шесть пятнадцать, там идет третья серия «Братьев Карамазовых». Не везет мне с этой картиной. Первую серию я смотрела лет пять назад, вторую — в позапрошлую зиму. То времени не было, то картина не шла.

Надо сбегать переодеться и ехать в кино. Из-за Тумбы я сегодня пропустила плавание, мне еще достанется от тренера за прогул.

Погода замечательная. Жара схлынула, будет тихий, ласковый вечер, можно открыть окна.

В лаборатории идеальный порядок — Игорь постарался перед отъездом. Два года назад мне пришлось крепко повоевать за эти комнаты: на них претендовала лаборатория эвристики. Предполагалось, что здесь когда-нибудь соорудят шикарный лабиринт для белых мышей.

Два года Игорь работал в этих комнатах, смотрел в эти окна. Интересно, может ли вид из окна повлиять на направление поисков?

Какое-то воздействие должно быть — я это по себе знаю. В Таганроге я любила сидеть на высоком обрыве у маяка. Оттуда хорошо видны и берег, и порт, и море — до горизонта. Ох уж этот горизонт — сколько у меня было из-за него неприятностей! Однажды я сказала географичке, что без горизонта жилось бы лучше. Она сразу возмутилась. «Что за глупости! — вскипела она. — Наша планета имеет форму шара, это научно доказано: когда корабль приближается из-за горизонта, сначала видны только мачты...» И так далее. А я ответила, что не хочу сначала видеть только мачты. Мне больше нравится плоская планета, потому что можно будет в хорошую погоду встать у маяка и увидеть самые дальние страны. Мы поспорили, и географичка сказала, что упрямство меня погубит...

Что верно, то верно. Ну зачем я упрямлюсь?

Если бы я знала, что эта задача не решается, можно было бы отступить. Но никогда не знаешь заранее — решается задача или нет. А отступить просто так... Нет, это невозможно.

Придется действовать самой, ничего другого не остается. Надо включить Тумбу, — я видела, как это делал Арсен. У двери щит с рубильниками, кнопками и клавишами. Нужно подсоединить кабель, повернуть правый рубильник, затем нажать кнопку «Пуск». Рядом с ней кнопка «Стоп» и три клавиши неизвестного назначения. Арсен их нажимал, я видела. Они похожи на переключатели диапазонов в радиоприемнике. Длинные волны, средние, короткие... Тут, конечно, что-то другое. Икс, игрек, зет...

Сначала рубильник. Затем кнопка «Пуск».

Ну вот, Тумба заиграла, и теперь, когда я одна в комнате, шум кажется громче. Неприятный, зловещий шум.

Клавиша «Икс». Щелчок и... ничего. Минута, две... пять... Хоть бы что-нибудь изменилось... Клавиша «Игрек» — тоже ничего. «Зет» — ничего. «Стоп» — шум быстро стихает.

Тумба может включаться и выключаться — вот все, что я знаю. Не блестяще.

7

У меня не было ни малейшего желания идти в кино. Какое уж тут кино! Я спустилась вниз, к автобусной остановке, доехала до Павелецкого вокзала и пошла наугад.

Год назад в «Вопросах психологии» была статья Хелмера, называлась она «Эффективность умственных затрат» или что-то в этом роде. Хелмер подсчитал, что семьдесят процентов открытий и изобретений сделаны на ходу — на кораблях, в самолетах, поездах, автомобилях, омнибусах, каретах, наконец, во время обычных прогулок. Психологически это вполне вероятно. Когда мысль наталкивается на барьер и начинает топтаться на месте, нужен внешний толчок, чтобы выйти на новую линию мышления. Я и раньше любила думать на ходу. Идешь по незнакомой улице, сворачиваешь наугад, не задумываясь, и вдруг за поворотом открывается что-то неожиданное, и тогда можно остановиться и не спеша рассматривать какой-нибудь удивительный дом, читать пожелтевшие афиши, чудом сохранившиеся с прошлого лета, или заглядывать в старые, мощенные булыжником дворики с потемневшими дощатыми сараями и голубятнями. Мысли проплывают в глубине сознания, как отражения облаков в реке, — не остановишь, не поймаешь, — появляются невесть откуда и исчезают бесследно. Но проходит время, и какая-то мысль внезапно возвращается — теперь уже ясная и настойчивая.

Так получилось и на этот раз. Через час, покружив по улицам, я вышла к набережной возле Ново-Спасского моста. Я уже знала, в чем моя ошибка. Элементарно: дана неизвестная машина, необходимо в ней разобраться, и вот я, психолог, зачем-то пытаюсь действовать как физик или химик.

Предположим, я оказалась на месте Игоря. Мне надо *условно* выбрать новые ценности и в зависимости от этого выбора организовать исследование. Спрашивается: что выбрать?

Это уже был психологический подход, и я сразу почувствовала себя увереннее.

Три года назад, когда я отстаивала на ученом совете свою тему, меня спросили: «Что это значит — выбрать условную ценность? Приведите хотя бы один пример». Положение в этот момент было почти безнадежное. Ко мне все относились очень хорошо и именно поэтому спасали от сумасшедшей темы. Пришлось пойти на маленькую хитрость, ничего другого не оставалось. Я робко осмотрелась вокруг и, помявшись, сказала, что в качестве условной ценности можно взять... ну хотя бы разбитое оконное стекло. «Изучение битых стекол и самого процесса битья может привести к новым открытиям...» Мои оппоненты, конечно, развеселились и принялись наперебой обсуждать, как это будет выглядеть, какие стекла надо принести в жертву науке и как должна называться диссертация на эту тему... Рядом со мной сидел Павел Николаевич, наш декан, он мне сказал: «Видите, Кира, что Вы натворили... Нельзя же так несерьезно...» Я скромненько слушала веселые высказывания, а потом положила на стол последний выпуск УФН с сообщением об эффекте Плисова. У Плисова разбилось стекло термометра в исследовательской установке, и осколки стекла оказались намагниченными. Теоретически это невозможно было объяснить. В УФН было сообщение Плисова и комментарии двух известных физиков. Чувствовалось, что физики потрясены открытием... Смех мгновенно прекратился, кто-то сказал: «А ведь тут есть рациональное зерно», — и мою тему утвердили. Больше того, мне предоставили полную свободу действий: не нашлось желающего быть моим шефом. «Вы разыграли ученый совет, — сказал мне потом Павел Николаевич. — Как по нотам разыграли. Где уж Вами управлять!» И я стала кошкой, которая ходит сама по себе. Арсен прав: сейчас эпоха больших научных коллективов. Вот только в психологии эта эпоха еще не наступила...

Я хотела постоять у реки, но появились двое парней с транзистором и начали усиленно со мной знакомиться. Транзистор у них был с изумительно чистым и сочным звуком, в эту коробку кто-то вложил бездну ума и труда, и вот теперь она тянула серенький-пресеренький шлягер. У меня даже настроение начало портиться. Пройдет сколько-то лет, и какой-нибудь дурень будет прошвыри-

ваться по улицам, небрежно помахая портативной Тумбой, приспособленной к его вкусам... Обидно, когда вещи умнее людей. Я перешла по мосту на другой берег, там у причала стоял речной трамвайчик. Пассажиров было мало, я удобно устроилась на корме и стала думать дальше.

Предположим, мне встретился волшебник. «Здравствуйте, Кира,— сказал волшебник,— я, знаете ли, могу построить любую машину. Если, конечно, Вы объясните, *что* эта машина должна делать. И помните: другого такого случая не будет. Вы уж не огорчайте прогрессивное человечество, попросите самую нужную, самую важную машину...»

Волшебника я представила себе очень живо: он был похож на Деда-Мороза, но голос у него подозрительно напоминал голос Павла Николаевича. Да и очки были такие же. Сейчас я скажу что-нибудь не то, и волшебник огорченно вздохнет: «Видите, Кира, что Вы натворили... Нельзя же так несерьезно».

А если серьезно — какая машина нужна прогрессивному человечеству? Что можно считать самым важным и самым нужным?..

На соседней скамейке расположились двое пожилых речников. Один из них упомянул об АС-эффекте. Я насторожилась, но разговор уже шел о дизелях, о каком-то Степанове с Клязьминского водохранилища и о Варьке, которая хоть и мухлюет с пивом, однако по-божески, терпимо. Я не ожидала, что АС-эффект настолько известен,— это было приятно, и некоторое время я еще краем уха прислушивалась, однако речники больше не говорили об АС-эффекте, они дружно ругали Пал Палыча, работавшего в киоске до Варьки и совершенно неимевшего совести.

Ну и ну! Мир раздвоился: вот трамвайчик, река, люди на набережной, речники ругают Пал Палыча, все так реально, а в новом лабораторном корпусе МГУ, в одной из комнат на пятнадцатом этаже стоит фантастическая машина, и мне обязательно надо понять, что она собой представляет.

Трамвайчик, пыхтя, отошел от причала. В Москве мне не хватает моря, у нас в Таганроге даже в центре города воздух пахнет морем. Я могла за две минуты добежать от нашего дома до берега моря, настоящего моря, а не какого-нибудь водохранилища. Нелепое слово — «водохранилище», но я все-таки люблю и водохранилища, и озера, и пруды, и реки.

Мне часто снится морской прибой: из темноты возникают упругие бугры волн, поднимаются высоко-высоко и беззвучно разбиваются о желтые скалы. Вершины скал где-то в самом небе, туда не дотянуться, и разбитые волны стекают серыми от пены потоками, уползают в темно-синюю мглу и снова возвращаются. Я стараюсь разглядеть, откуда приходят волны, просыпаюсь и знаю, что в следующий раз упрямые волны опять пойдут на скалы...

На первой же остановке трамвайчик заполнили туристы. Их руководительница громко командовала: «Посмотрите налево... посмотрите направо...» — и они смотрели налево и направо, шумели, им все нравилось, но реку они, кажется, просто не замечали. Только один раз кто-то сказал: «Радуга на воде... от нефти...»

А вообще-то туристы мне нисколько не мешали. Я уже освоилась в раздвоенном мире: слушала, о чем говорят туристы и что рассказывает их руководительница, а мысли о машине шли своим чередом.

Однажды я наяву видела раздвоенный мир. Мне было тогда двенадцать лет, я приехала к тетке в Геленджик. У нас в Таганроге море мутное: когда ныряешь в маске, дальше вытянутой руки ничего не видно. В Геленджике я впервые встретилась с прозрачным морем. Я отплыла от каменной косы, надела маску, нырнула — и попала в сказку. Я испугалась — так это было неожиданно — и метнулась вверх. Светило солнце, у меня перед глазами была зеленоватая вода, плотная, непрозрачная, привычная. С берега доносились голоса ребят и слышался стук мяча. Теткин пес Пуша, повизгивая, прыгал на камнях, пытаясь поймать свой хвост. А внизу был необыкновенный мир. Ожившая сказка. Я взмахнула ластами, опустила голову — и сказочный мир возник снова.

В синеватой дымке я летела над далеким-далеким дном. На дне лежали камни, покрытые мозаикой желтых, бурых и коричневых водорослей. Между камнями по песку бегали крабы. Я могла разглядеть каждую песчинку, каждый выступ на камнях. Вода была прозрачная и легкая, казалось, она не должна, не может держать меня, и сейчас я упаду на дно. Но я летела не падая — это было похоже на сон... А потом я увидела двух черных бычков: они лежали на плоском камне и внимательно смотрели на меня большими выпуклыми глазами. Наверху, в обычном мире, промчался ветерок, солнечные лучи преломились в морской зыби, и на дне возникли бесчисленные солнечные зайчики, побежали по камням, по водорослям. Я поплыла туда, где синеватая полумгла сгущалась, становилась темно-фиолетовой и черной. Там начиналась бездна. Я видела, как оттуда, из холодной глубины, покачиваясь, выплыла огромная медуза...

Все лето я ныряла с маской. Море меняется, оно никогда не бывает одним и тем же, но я запомнила море таким, каким увидела его в тот день.

Наука подобна морю: я больше всего ценю в ней возможность видеть другие миры. Я придумываю рискованные эксперименты и не отступаю, потому что в конце концов приходит минута, когда мир раздваивается, соприкасаясь со сказкой. Завтра эта сказка исчезнет, будут выведены точные формулы и найдены исчерпыва-

ющие объяснения. Но сегодня я вижу сказку, и сердце замирает от волнения.

У Большого Каменного моста туристы сошли. К этому времени я перебрала десятки вариантов, но нисколько не продвинулась к цели. Существует великое множество всяких машин — попробуй придумать еще одну, самую нужную!.. Звездолет? Машина, способная лечить рак? Синтезатор белка?..

Наступили сумерки, огни еще не зажглись, и в воде отражалось серебристо-серое небо. Трамвайчик скользил по светлой реке мимо темной набережной и темных домов. Сумерки глушили городской шум, постепенно стирали линии и краски, оставляя главное — небо, землю, воду. Я смотрела вокруг, ни о чем не думая, пока совсем не стемнело. Появились звезды, и я вспомнила Уитмена:

Сегодня перед рассветом я взошел на вершину холма
и увидел усыпанное звездами небо,
И сказал моей душе: когда мы овладеем всеми этими
шарами Вселенной, и всеми их уладами,
и всеми их знаниями, будет ли с нас довольно?

Будет ли с нас довольно...

8

Конечная остановка трамвайчика была возле Киевского вокзала. Я посмотрела на часы и ужаснулась: четверть девятого, а я еще ничего не придумала, плохи мои дела!

Тумба действительно может оказаться бессмысленным награждением частей. Ну зачем я затеяла этот нелепый эксперимент? Все бездарно: идея эксперимента, и то, что я выбрала Чуваева, и то, что сейчас пытаюсь отгадать назначение этой дурацкой Тумбы. И вечер бездарный: ни холодно, ни жарко... Нет, в самом деле очаровательная картина: идет по площади девчонка и запросто размышляет — чем бы осчастливить человечество...

Бунт на борту, подумала я, элементарный бунт — это не впервые. Разве Мария Кюри была намного старше меня, когда открыла радий? Вообще открытие радия отлично вписывается в мою теорию: ценностью считался уран, отходы урановой руды никого не интересовали, и вот Мария и Пьер Кюри взялись исследовать эти отходы, то есть выбрали их в качестве условной ценности.

Главное — не отступать. Мне просто некуда отступать. Вот я, вот надо мною ночное небо с неисчислимыми звездами — мир настолько огромный в пространстве и времени, что в его масштабах моя жизнь какая-то бесконечно малая величина, но если я не отступила, если я не сломлена, нет для меня ничего невозможного в этом мире.

Не представляю, как можно жить иначе.

Не отступать... Я привыкла к обычным представлениям о ценностях, мне мешает инерция мышления. Ладно, я умею гасить инерцию — в теории направленного мышления есть специальные приемы. Хотя бы так: надо представить, что я прибыла с чужой планеты, и посмотреть на все со стороны.

Когда-то я мечтала сыграть Аэлиту, раз десять бегала смотреть фильм, меня злило, что Солнцева играет женщину-вамп, — разве это Аэлита?..

Что ж, окинем мир свежим марсианским взглядом.

Я останавливаюсь и смотрю на привокзальную площадь. Я смотрю так, словно только что прилетела с Марса. Это совсем нетрудно — стать марсианкой. Отработанный прием — я тренировалась со школьных времен.

Постепенно возникает ощущение отдаленности: все отлично видно и слышно, но что-то — может быть, стекло скафандра или силовое поле — отделяет меня от окружающего мира. С нарастающим волнением я разглядываю странные здания, странные машины и людей в странной одежде. Передо мной огромная светящаяся надпись, справа тоже надпись, она зажигается и гаснет. Я впервые замечаю, как много огней на площади. Воздух пропитан светом, волны света заслоняют небо. Непонятно: разве светящиеся шарики и трубки красивее бесконечного звездного неба?..

— Вам куда ехать, девушка?

Это таксист. Надо же мне было тут остановиться!

— Далеко.

Куда-нибудь очень далеко, подальше от каменных домов и назойливых огней.

— Это куда же?

— К океану.

Конечно, к океану. Невероятному для марсианской физики, сказочному, могучему и прекрасному океану.

— Можно, подброшу к Казанскому вокзалу, оттуда поездом. А если хотите самолетом, тогда в аэропорт.

Как близко океан! Почему я не подумала об этом раньше? Я могу завтра же взять билет. Денег на билет у меня хватит, а там будет видно. Сутки — и я окажусь на берегу океана, самого настоящего океана...

— Ну как, поедем?

— Нет. У меня своя машина.

Знал бы он, какая у меня машина. Бессмысленное нагромождение частей. Теперь я, кажется, догадываюсь, какой смысл в этом нагромождении.

— Значит, коллеги. Ну тогда счастливого вам пути. К океану.

— Спасибо.

Подумать только, как я напутала с самого начала! Искать надо не условные, а наоборот, безусловные ценности. В принципе, нет разницы между ценностью золота и битого стекла: просто мы условились считать золото ценным. А вот океан, дающий жизнь всей планете,— ценность безусловная. Океан, превращенный в мусорную свалку, отравляемый сточными водами и нефтью. Океан, в котором взрывают бомбы, топят контейнеры с радиоактивными отходами и нервным газом.

Тут я увидела Таганрогский залив, берег неподалеку от нашего дома и мутную воду, становящуюся грязнее с каждым годом. Я увидела наш портовый мол, его шершавые бетонные бока, в которых я с детства знала каждый выступ, каждую трещину, и тяжелую зеленоватую воду с ржавыми полосами маслянистой грязи... Я вспомнила прочитанную недавно книгу Уолферса «Черное небо», вспомнила снимки в «Литгазете»: гигантская, на десятки миль, мусорная свалка под Нью-Йорком, птицы, погибшие в зали- том нефтью море, толпа в противогазах на центральной улице Лондона...

И еще я вспомнила одного чудака на прошлогоднем симпозиуме. Он приехал из какого-то небольшого городка, высокий, тощий, похожий на Паганеля. Выступать этот Паганель совсем не умел. Сначала он долго и нудно пересказывал столетней давности опыт Луи Пастера. Пастер поместил птицу в закрытый ящик, через несколько часов ее жизнедеятельность заметно снизилась, но птица оставалась живой — организм постепенно приспособился к грязному воздуху клетки. Тогда Пастер посадил в ящик другую птицу, и она сразу погибла. Чудака слушали плохо, потому что опыт Пастера всем был известен. «Вот что такое приспособляемость организма,— назидательно сказал чужак.— Наша клетка, — он сделал широкий жест рукой, — тоже заражается, и беда в том, что мы привыкаем жить в грязи. Человек выживет в зараженной клетке технической цивилизации, но потеряет человеческий образ жизни. Воздух пахнет бензином, — грустно произнес чужак, — воздух пахнет бензином...»

Никто не принял это всерьез. Чужаку объяснили: загрязнение атмосферы, конечно, неприятная вещь, но скоро появятся электро-мобили, городской воздух сразу станет чище...

Я иду по привокзальной площади. Воздух пахнет бензином. Электромобили... Ничего они не изменят. Придется построить множество гигантских электростанций, топливо будет сгорать не в автомобильных двигателях, а на станциях, только и всего.

Наша цивилизация немыслима без отходов. Все, что она добывает и производит, превращается в отходы — сжигается, ломается, изнашивается... Когда-то была возможность пойти по пути создания безотходной техники, человечество отвергло этот путь, пото-

му что техника, дающая отходы, развивается намного быстрее и стоит намного дешевле. Что ж, тысячи лет природа исправно убирала отходы цивилизации. А теперь природа не справляется: она просто гибнет в нарастающей лавине отходов. Пришло время платить за скорость...

Я подумала, что смогу, пожалуй, вывести формулу существования любой технической цивилизации. Это было, конечно, изрядное нахальство, но я не удержалась от соблазна. Психологу не часто представляется возможность изложить что-то языком математики. Смысл формулы был такой: общая мощность производительной техники не должна превышать общей мощности техники отходоуничтожения.

Формула получалась красивая, с сигмами, а вот следствия из этой формулы не очень-то мне нравились. Где-то в глубине души я с самого начала надеялась, что Тумба окажется чем-то фантастическим. Ну хотя бы машиной времени. Ведь как хорошо звучит: машина времени, генератор темпорального поля, хроновариатор... Или машина для нуль-транспортировки, подпространственный трансфузор, телекинезатор...

Красивая формула с сигмами вела совсем в иное направление. Человечеству нужен Большой Мусорный Ящик — вот что из нее следовало.

Я пыталась спорить с формулой, искала какие-то возражения — и не находила. Мне вспомнился фантастический роман Стругацких: двадцать второй век, по улицам ходят симпатичные и неназойливые роботы, подбирают листочки, обрывки бумаги, всякий мусор. Кибердворники вместо живых дворников. Очень мило. В газетах писали, что японцы делают из мусора строительные блоки. Тоже не фонтан — для переработки отходов нужна энергия, а производство энергии дает новые отходы.

Можно уменьшить количество отходов: какая-то их часть вызвана глупостью, бесхозяйственностью, стремлением урвать сверхприбыль. Что ж, это задержит, но не предотвратит грязевый взрыв. Нельзя остановить производство, нельзя вернуть его назад, нельзя перестроить на ходу. Есть только одна возможность — создать Большой Мусорный Ящик.

Ну вот, окинула мир свежим марсианским взглядом... Сильный прием, ничего не скажешь.

Ладно, прощайте, машины времени и подпространственные трансфузоры. Человечеству прежде всего нужен Большой Мусорный Ящик. Машина, способная поглощать вещество. Любое вещество в любом количестве. Даже не поглощать, а уничтожать, превращать в ничто.

Именно в этом все дело. Никакая переработка отходов не решит проблему. Нужно, чтобы отходы исчезали.

Это был неожиданный поворот, тут пахло нарушением закона сохранения материи, и настроение у меня сразу улучшилось, сумасшедшие идеи — моя специальность.

Итак, я беру *Вещество*, и Тумба спокойно превращает его в ничто. Пожалуй, это нисколько не хуже подпространственного трансфузора.

Я представила себе *Вещество* — ну нечто вроде рисунка кристаллической решетки в учебнике химии — и стала сжимать эту решетку. Я старалась довести объем *Вещества* до нуля — это и было бы полным исчезновением. Но ничего у меня не получалось, потому что *Вещество* уважало закон сохранения материи и не желало исчезать. А превращение в энергию меня никак не устраивало: жарко бы стало на Земле от такого превращения.

Тут опять чувствовался какой-то психологический барьер. Но теперь инерция мышления работала на меня: сжимать так сжимать, я не отступлю, пока не сожму *Вещество*.

Я зашла в гастроном: не хотелось ужинать в кафе, да и поздно. В привокзальных магазинах всегда давка, я взяла кефир и пряники, это заняло минут десять. В метро тоже оказалось много народа, у эскалаторов толпились приезжие. Чей-то чемодан больно ударил меня по колену, кто-то дотошно расспрашивал, как проехать в Кузьминки, а потом я помогала растерявшейся старушке нести по переходу сумку с чем-то сверхтяжелым и колючим. И все время я сжимала *Вещество*, а оно пружинило и упрямо не поддавалось. Но я не унывала, настроение у меня было отличное, и мысли возникали легко и свободно, как движения в быстром танце.

Я стояла у двери с мудрой надписью «Не прислоняться» и думала, что в *Веществе* полным-полно пустоты, но электроны не хотят прислоняться к ядрам, в этом вся загвоздка. Выбросить бы эти электроны. Или заменить чем-нибудь. Хотя бы отрицательными мю-мезонами. Тяжелый мезон сам приблизится к ядру. Диаметр мезонной оболочки будет в сотни раз меньше: это уже похоже на исчезновение...

О мезоатомах я кое-что слышала. Они возникали при *обычной* температуре, это имело для меня огромное значение, потому что Тумба явно не была рассчитана на термоядерные реакции. Потрясающая логика, подумала я, вагон тоже не рассчитан на такие реакции, но из этого вовсе не следует, что он предназначен для получения мезоатомов.

И все-таки я ухватилась за эту идею.

Мезоатомы... Образуются они при *обычной* температуре, но распадаются через какую-то долю секунды. Может быть, они окажутся устойчивее, если их будет много? Не отдельные мезоатомы, а мезовещество.

Устойчивое мезовещество.

Завтра я принесу бухгалтеру смету на второй экспериментальный образец Большого Мусорного Ящика. «Что Вы еще выдумали, — возмутится бухгалтер, — что за мусорный ящик?» А я отвечу: «Очень просто. Возьмите, например, Ваш шикарный компьютер, поставьте на стеклянную плиту Тумбы — и вещество превратится в мезовещество, компьютер практически исчезнет, его объем уменьшится в миллион раз». «Это Вас слава испортила, — скажет бухгалтер, — все приличные психологи спокойно работают в своих кабинетах, а Вы затеваете эксперименты, в результате которых создаются машины для исчезновения материальных ценностей...»

А ведь в самом деле! Блоки ЭДУ укреплены слишком высоко, щитки на металлической гробнице расположены слишком низко. Остается стеклянная плита. Она как поднос. Мы ничего не поставили на нее, поэтому Тумба и не сработала...

9

Мне стало страшно.

Сейчас я вернусь в лабораторию, включу Тумбу — и ничего не получится. Потому что идея о мезовеществе всего лишь цепочка произвольных предположений, не больше. Снежный мост над пропастью.

И так будет всегда. Так будет сегодня, завтра и всю жизнь. Сумасшедшие идеи — моя специальность...

10

Я здраво рассудила, что сначала надо поужинать. Я пила кефир, грызла пряники и без всякого воодушевления рассматривала металлическую гробницу. Уж если меня тянуло ко всяким хроновариаторам и подпространственным трансфузорам, что говорить об Игоре... Он наверняка выбрал что-нибудь романтичнее Большого Мусорного Ящика.

В сущности, все мои рассуждения ничего не стоили. Вот только стеклянная плита... Она и в самом деле напоминала поднос. Это был единственный шанс.

Допив кефир, я вымыла бутылку и поставила ее на стеклянную плиту.

Рубильник, затем кнопка «Пуск». Тумба стучит, жужжит, пошвистывает... До чего же неприятный концерт!

Я надавила на клавишу «Икс». Сердце у меня замерло, потому что мне все-таки хотелось, чтобы бутылка исчезла. Вопреки логике была какая-то капелька надежды...

Бутылка медленно качнулась. Я подумала, что она упадет,

и тут произошло нечто совершенно неожиданное. Бутылка приподнялась над плитой, замерла на мгновение... и рванулась вверх. Она ударилась о потолок в нескольких сантиметрах от плафона. Я услышала звук бьющегося стекла и инстинктивно закрыла глаза, ожидая, что сейчас посыплются осколки. Но осколки не сыпались. Они держались на потолке и не упали даже после того, как я выключила Тумбу.

— Эй, вы! — громко сказала я, и голос прозвучал как будто со стороны.

Я насчитала одиннадцать крупных осколков, они, покачиваясь, плавали у потолка. Поток теплого воздуха постепенно относил их к стене. Зрелище было потрясающее! Я долго смотрела на эти осколки, ошеломленная происшедшим. Сидела на подоконнике, смотрела и страшно боялась, как бы осколки не исчезли...

Думать я начала потом. Почему Игорь не сказал мне, что Тумба работает? Не мог он меня обманывать — это исключалось.

Стараясь не упустить из виду осколки (я боялась, что они исчезнут), я вышла в другую комнату, к телефону, и позвонила Арсену.

— С ума сошла! — сказал он сердито. — Второй час ночи, ты это понимаешь?

— Арсен, ты ничего не менял в машине?

Он рассвирепел:

— Какая машина? Бессмысленное нагромождение частей, а не машина!

— Хорошо. Пусть нагромождение. Ты менял что-нибудь в этом нагромождении?

— Менял. Исправил волноотвод в генераторе СВЧ. Я же тебе говорил, что он безграмотно сделан.

— Ага. Ну спасибо. Это все, все. Спи.

— Подожди! Что случилось? Ты можешь толком объяснить?

— Нет, Арсен, не могу. Второй час ночи...

Безграмотно сделан волноотвод. Игорь застрял на чистой технике. Не хватило знаний, опыта. Моя вина: с какого-то момента надо было подключить к работе опытного физика.

...А осколки плавали у потолка, и голова у меня кружилась от восторженного нахальства. В общем-то, я славно поработала, я была на шаг от разгадки. Заменять надо не электроны, а *ядра* атомов. Если в атоме водорода заменить протон позитроном, вес уменьшится в тысячи раз, а другие свойства останутся прежними, они зависят от электронной оболочки. Устойчивое позитрониевое вещество — вот что может делать Тумба. Игорь, конечно, не думал о Большом Мусорном Ящике. Он шел каким-то иным путем, и этот путь привел его к созданию позитрониевого вещества. Завтра я притащу мышей и посмотрю, как это выглядит с живыми

организмами. Главное, научиться возвращать вес. Две клавиши у меня в резерве. Кто знает, может быть, удастся получить и мезоатомное вещество, ведь не случайно эти идеи пересеклись.

Позитрониевое вещество, мезоатомное вещество... Предположения, не больше. Может быть, тут действует совсем иной механизм. Осколки бутылки на потолке — это факт, а остальное — на уровне догадок. Просто меня гипнотизирует идея управления веществом.

Нет, завтра я не пойду к бухгалтеру. Идти надо с Игорем.

Теперь я составлю смету миллиона на два. А когда бухгалтер спросит: «Что это такое?» — я слегка полетаю по комнате. Надо будет надеть брюки и курточку...

Я потушила свет и устроилась на подоконнике. Мне вдруг отчаянно захотелось спать. Я смотрела на звезды — их было много в эту ночь — и думала, что завтра полечу над домами и улицами. С утра надо взяться за мышей, а вечером, когда стемнеет, можно немного полетать. Никто не заметит.

И снова, уже сквозь сон, я вспомнила Уитмена:

Сегодня перед рассветом я взошел на вершину холма
и увидел усыпанное звездами небо,

И сказал моей душе: когда мы овладеем всеми этими
шарами Вселенной, и всеми их усадями,
и всеми их знаниями, будет ли с нас довольно?

А ведь это путь к звездам! Корабль и экипаж из почти невесомого позитрониевого вещества. Там, на чужой планете, совершится обратное превращение, протоны есть везде, незачем возить протонный балласт. Мы полетим к звездам... будет ли с нас довольно?

И моя душа сказала: нет, этого мало для нас,
мы пойдем мимо — и дальше.

ЗВЕЗДА ПСИХОЛОГИИ

Даешь хрононавтику!

Посмотрите-ка на меня. Рост двести два. Двадцать три года, считайте, еще пару лет я буду расти. Одежда, обувь — исключительно из магазина «Богатырь». Девяносто три кэ-гэ — и ни капли жира. Кресло Ваше редакторское, извините, вместе с Вами одной рукой выжму... Родители? Нет, родители не такие. Родители типичные очкарики. Папаша членкор, прикладная математика. Ну, интегралы, комплексы, симплексы, функции Хевисайда-Шорина... А мамочка кандидат искусствоведения по балету: па-де-де, па-де-труа, великий Жан Новер, образ умирающего лебедя... Я в прадеда пошел. Он в гражданскую командовал бронепоездом.

Моей комплекции человек. Мне восемь лет исполнилось, приезжал он из Севастополя, подарил на день рождения ленту от своей бескозырки — надпись там «Керчь», подбросил меня к потолку. Держи, говорит, братишка, революционный шаг... А папаша тут как тут: преподносит мне курс лекций Фейнмана. Сейчас, мол, эн-тэ-эр, научно-техническая революция, она, мол, движет вперед прогрессивное человечество, учиться надо и тэ-дэ и тэ-пэ. Ладно, надо учиться, куда денешься — я восемь классов одолел. Работенка нетрудная, почитывал приключения и фантастику. Дома у нас в четные числа только по-английски говорят. В нечетные — по-французски. Для моего воспитания. Ладно, терплю, что поде-лаешь...

Кончил восемь классов — и в пэ-тэ-у. Мамочка — в обморок. Папаша из угла в угол бегает, на русском языке выражается, про кибернетику толкует, про квантовую электронику. Надо, говорит, десять классов кончить, потом идти в вуз и тэ-дэ и тэ-пэ. Они всю мою жизнь заранее запрограммировали. А мне в такой жизни тесно. Я на очкариков посмотрелся, знаю. Вуз, аспирантура, кандидатская, статейки «Еще раз к вопросу о...». В тридцать — лысина, в тридцать пять — геморрой. И вот ты уже доктор и учишь других очкариков. В сорок — первый инфаркт. Еще через пяток лет ты членкор, все уже позади и ты сидишь в президиумах до безвременной своей кончины... Что? Спорт? Ха, видал я этот спорт для очкариков. Рядом с нашим домом шестнадцатизэтажка, одна стена гладкая, там скалолазы тренируются. Как-то подошел, дайте, говорю, попробоваться. А мне их шеф, очкарик такой с бородкой, вежливо отвечает: нельзя, мол, вы не подготовлены, сначала надо год-другой в секцию походить, то да се... Я на следующее воскресенье пришел пораньше, закрепил на крыше бельевую капроновую веревку, поднялся до середины стены, сижу, жду. Пришли скалолазы, шумят, возмущаются, что я без всяких хитростей поднялся... Потом в милиции объяснительную писал... Нет, на стенку подниматься неинтересно. Мне, как говорится в «Тиле Уленшпигеле», в сердце стучала лента от прадедовой бескозырки. Вихрь революции — вот что мне требовалось... Есть революция, есть, но — научно-техническая... Хорошо, думаю, раз такое дело, надо двинуть в науку и заварить в ней что-нибудь отчаянно революционное. Вопрос — как?

Я ведь понимал: очкарики науку знают, какие у меня против них шансы? Один-единственный шанс — такую дорожку найти, по которой очкарики не ходят. В общем, думал я, думал — и решил: займусь-ка проблемой путешествий во времени. Хрононавтикой то есть. Очкарики на это дело отрицательно смотрят. Ну, как на вечный двигатель. А меня путешествия во времени очень даже привлекают. Мне бы по разным эпохам промчаться с ветерком...

Эх!.. Ну, ладно, слесарю я в своем пэ-тэ-у, при моей силе дело это нехитрое, и над первоисточниками работаю: Уэллс «Машина времени», Азимов «Конец вечности», Уиндем «Хроноклазм» и тэ-дэ и тэ-пэ. Не думайте, я не чокнулся, я хорошо понимал, что проблема трудная, а знаний у меня маловато. Так ведь очкарики от этой проблемы шарахаются — значит, знания тут только мешают делу. Нужен какой-то особый подход, а вот какой именно — большой вопрос...

Между тем, кончаю пэ-тэ-у и поступаю на завод «Фрезер». Три месяца — и у меня пятый разряд, это надо понимать. Мастер говорит: «Золотые руки у тебя, Стас...»

Вот тут и заваривается каша.

Воскресным утром приходит сосед-биолог и просит починить часы. Я, надо сказать, соседям многое чинил, народ у нас в доме ученый, если где труба протекает или кран не работает — трагедия! Я чиню и от всяких там гонораров категорически отказываюсь. Слесаря жэквские как-то прижали меня в подъезде, стали права качать, зачем, говорят, ты нам экономическую конъюнктуру подрываешь? Смешно! Я их легонько приподнял, повибрировал в воздухе и опустил без телесных повреждений... Словом, приходит сосед: ах, ах, взгляните, глубокоуважаемый Ростислав Иннокентьевич, на эти часики. Так у Вас, говорю, гарантия еще не пропала, идите в мастерскую, пусть отсылают на завод, если отремонтировать не могут. Сосед вздыхает: не решаюсь, говорит, поскольку часы подарены коллегами, вот и надпись имеется, а завод может заменить часы, какая же тут радость... Ну, починил я часики, полдня просидел, но починил, заводской брак там был. Вышел потом на улицу, иду, размышляю. Ломкие стали вещи, думаю, а что же будет лет через двести или пятьсот?.. И возникает у меня потрясающая мысль. Вот, слушайте. Будущая техника представляется нам сверхнадежной, а ведь все наоборот, снижается надежность! Римские дороги до сих пор стоят, а шоссею около нашего дома каждый год латают... Значит, логично рассуждая, машины времени, если они появятся, допустим, в двадцать втором веке, запросто будут ломаться. Конечно, двадцать второй век, тут тебе все удобства: гарантийный срок, профилактика, ремонтные мастерские, аварийная помощь... А если машина сломается в пути? Не на месте приземления, а где-нибудь в стороне. И если нет связи и нельзя вызвать аварийную из родного двадцать второго века — как тогда? Как сообщить: застрял в таком-то месте, в таком-то году?..

Я две недели сам не свой ходил, вертел разные варианты, литературу просматривал. Загвоздка в том, что сигнал может вызвать разные недопустимые изменения в истории. Хроноклазмы. Вы, извините, читали «И грянул гром» Бредбери? В доисторические

времена случайно раздавили бабочку, а когда вернулись — ужас, все изменилось... Что? Диктофон? Пожалуйста, записывайте, мне все равно. Работает? Ну, поехали дальше.

В общем, решил я эту задачку. Прежде всего, сигнал должен прийти до эпохи, откуда стартовал потерпевший хронокрушение. Нужно что-то такое, что уверенно пройдет сквозь века. Мамочка всегда мне говорила, что искусство — вечно. Следовательно, вся надежда на произведение искусства. Скульптура или, что более вероятно, живопись. Висит, скажем, «Богатырская застава» в Третьяковке, и вдруг у Добрыни Никитича появляется современный автомат. Ну, все сразу видят: не мог Васнецов допустить такой анахронизм. Значит, кто-то потерпел аварию в девятнадцатом веке и подает сигнал бедствия. Конечно, автомат — слишком заметно. Ну, какая-то другая деталь, понятная только в двадцать втором веке. Во все времена она никому ничего не говорит, просто деталь интерьера или там одежды. А в двадцать втором веке люди сразу подмечают: так это же лямбда-тестер, придуманный десять лет назад!

Словом, заявляю я мамочке, что намерен приобщиться к искусству и потому нуждаюсь в квалифицированной помощи. Мамочка — в восторге! Действует по своим каналам, появляются классные знатоки живописи разных времен. Начинаем с Москвы: музеи, запасники, частные коллекции... Отработаю я смену, переоденусь, а на проходной меня уже ждет очередной специалист. Ребята смеются: каждый день другая дамочка... Пошли, говорю, со мной, посмотрите. Ну, со мной и ходят — когда пять человек, когда двадцать. В многотиражке статья: «Слесарь Шеремет штурмует вершины культуры». Что поделаешь, штурмую... Итальянский одолел — читаю со словарем. В Италии много альбомов выпускают. Книжки почитываю по истории, чтобы правильно понимать, где реальность, а где хроноклазмы. Москвы и Московской области мне на год хватило. В отпуск еду в Ленинград — так, для разведки. По ходу дела уточняю: вряд ли у кого-нибудь поднимется рука подправлять всемирно известные шедевры. Значит, основное внимание — на картины неизвестных и малоизвестных художников. Временами возникают сомнения: а если на интересующую меня картину нанесен второй слой и расчистка будет осуществлена только лет через сто? Знакомлюсь с реставраторами, вникаю в их работу. Тут вызывают в комитет комсомола, секретарь жмет мне руку и говорит: «Учитывая твою ударную работу и пламенную страсть к искусству, мы тебе организовали путевку, поедешь с группой художников по музеям мира». Да... Только не пришлось мне в тот раз поехать по музеям мира — наступило время идти в армию. Хотели меня в десантники взять, но прадедова лента стучала мне в сердце, и я сказал: «На флот — и точка!» Тихоокеан-

ский флот, ракетные катера... Дело серьезное. Служу как положено. Мамочка шлет мне альбомы. Если увольнение — посещаю местные музеи. Со мной морячки когда пять, когда двадцать человек. Во флотской газете статья: «Гвардии старший матрос Шеремет и культура». Командир приказывает: «В свободное время, Шеремет, готовьтесь в вуз». Ну, командир — не мамочка. Есть, говорю, готовиться. Хотел командир, чтобы я после службы пошел в высшее военно-морское, но вернулся я на свой «Фрезер». В комитете секретарь мне говорит: «Мы твой портрет не снимали с доски. Красуешься ты у проходной и письма там из части, благодарности. Выдвигаем тебя бригадиром — монтировать новую линию, первую в стране, фирменную. А насчет музеев мира не сомневайся — поедешь...»

Ну, сдаем линию на месяц раньше срока. О качестве не говорю, у меня тяп-ляп не бывает, я как вспомню про потерпевших хронокрушение, меня злость берет на любую халтуру... Премию дали — я слетал на Урал, походил по музеям. Выбирают депутатом в горсовет, потом — на съезд комсомола, поскольку бригада моя становится известной. Вынужден поступить в физтех, на вечернее отделение — ребята на меня смотрят, что тут сделаешь. В секцию бокса хожу, на флоте привык разминаться. Фейнмана прочитал — есть у него интересные мысли. Кое с кем пытался говорить о хрононавтике — с физиками, философами... Не слушают! Ничего, думаю, пробьемся. Линия у меня правильная: надо показать, что был прилет из будущего — был и никаких гвоздей! Тогда уж наука двинет на это направление со всей своей мощью... Побывал в Киеве, потом в Астрахани, отличный там музей...

И тут мне вручают путевку: поезжай, дорогой товарищ, по музеям мира. Ну! Дрезден, Париж, Мадрид и три недели в Италии. В группе художники, есть и мамочкины знакомые — профессора, наперебой мне все объясняют, а я им за переводчика. Конечно, на фоне ученой публики я смотрюсь странно — двести два эс-эм, кулачищи как арбузы... В одной из итальянских газет статья: «Кто Вы, господин Шеремет?» Старший группы собирает пресс-конференцию: задавайте, мол, вопросы господину Шеремету... Ну, спрашивали и по работе, и по живописи, и вообще... Отвечал, как надо. Но речь не об этом, поскольку в Венеции нашел я то, что искал. Нашел!

Художник Андрэ Гио. Картина называется «Часовой мастер». Середина XVII века. Часовщик стоит у стола, вокруг восемь пар часов — и все они показывают одно и то же время: без четверти пять, то есть шестнадцать сорок пять. Понимаете: 1645... А за окном канал и видна фигура гондольера. Адрес и дата! Проверьте сами: в любой часовой мастерской часы показывают разное

время, ведь некоторые часы просто стоят. А тут с точностью до секунд одно и то же время!

Спрашиваю, что известно о Гио, какие у него картины? Вызывают они своего главного специалиста и тот объясняет, что Андрэ Гио — человек в Венеции пришлый, вроде бы француз, а может и не француз, никто толком не знает, где Гио родился, у кого учился... Написал человек одну картину и вскоре навсегда исчез. Чувствуется влияние больших мастеров — Рубенса, Ван Дейка, Снейдерса, Йорданса... Может, этот Гио — фламандец? Никто не знает...

Небольшое, в общем, полотно, примерно полтора метра на метр, грубоватые мазки, странное сочетание основного красно-золотистого тона и серых, как бы стальных, механизмов. Там у стола, на полу три механизма без циферблатов. Большие — от стальных или башенных часов. Понимаете, не делали тогда часов из стали! И лицо у часовщика... Ну, словно человек к чему-то прислушивается. Застыл в ожидании... Я думал — будет деталь в картине, а тут вся картина — призыв о помощи.

Вернулся в Москву с пачкой репродукций и цветных фотографий. Вот, можете полюбоваться. Обратите внимание на эти часы — у них секундная стрелка. А откуда в 1645 году такая стрелка, если она, согласно всем историческим данным, впервые появилась восемьдесят лет спустя?! Теперь посмотрите на положение стрелки — чуть больше тридцати секунд — шесть месяцев. Значит, начало июля. Ну, скажем, первая декада июля 1645 года... Пойдем дальше. На стене — маятниковые часы. Вот увеличенный фрагмент. Заметьте, маятник собран из чередующихся полос — желтая полоса, потом серая, снова желтая... Медь и сталь. Или медь и цинк. Температурный компенсатор. А он, этот компенсатор, придуман через сто лет после Гио...

Пойдем дальше. Ну, механизмы, что на полу стоят, как ни крути, обычные часовые механизмы. Но у часовщика в руках еще одна машинка — и это уж не часы! Вот репродукция, вот увеличенный фрагмент. Тут ничего и понимать не надо. Сравните эту штуку с теми механизмами, что стоят на полу, — ничего похожего. Посмотрите: провода, в семнадцатом веке провода! Вот транзистор. Здесь стеклянная трубочка с контактами, геркон то есть... Я все обмерил, тут ведь четко — как на чертеже. Сделал приборчик в натуре. Вот он, держите. Снимаем корпус — и все как на фрагменте.

Теперь новая проблема: что же это такое? Для чего предназначено? Как работает?.. Нет, нет, не машина времени. Во всяком случае, не действующая машина времени. Картина ведь сообщает об аварии. Скорее, это часть машины. Ну, как карбюратор у авто-

мобильного двигателя. Или вообще что-то постороннее: некий лямбда-тестер и тэ-дэ и тэ-пэ.

Я, конечно, по-разному вертел эту штуку. Ни черта не выходит! Я вот что думаю: нет там источника энергии. Ну, представьте, что в пушкинские времена Вам дают карманный электрический фонарик, но без батареек. Можете вертеть сколько угодно, нажимать на кнопки, передвигать рычажки... Ничего не получится, потому что из предосторожности вынута батарейка. Гио что-то вынул — во избежание хроноклазма. Обратите внимание: везде плотная компоновка, а тут выемка и свободное место. Такое впечатление, словно здесь что-то лежало, вот и пружинка для закрепления. Пробовал я батарейки... И нагревать пробовал, и освещать... Здесь какая-то другая энергия.

Ну, ладно, подходим к делу. Нужно, я так думаю, опубликовать. Все, что я рассказал, и репродукцию. Как это — зачем? Во-первых, пусть ученые подумают, может, кто и догадается. А во-вторых, пусть искусствоведы посмотрят на другие картины. Одному человеку и ста лет не хватит на все музеи. Считаю, мне еще повезло, можно и всю жизнь крутиться, если в одиночку. Картины-то ведь по всему свету разбросаны... А что я? Я буду продолжать. Мою бригаду на три месяца в Ленинград перебрасывают, монтировать нашу фирменную линию на «Электросиле». Так что я в строю. И потому у меня есть еще одна потрясающая идея. Нет, пока рано... Мне тут адресок дали, есть, говорят, лаборатория доктора психологии Сафрай Киры Владимировны, там поддерживают смелые идеи. Схожу, посмотрю...

Два слова о хроноклазмах. Можно, конечно, считать, что преждевременные открытия вредны. Но вдруг эта штука, в коробочке, не преждевременная? Может, именно нам суждено разобраться в этом. Те, в будущем, надеются на нас: не подкачайте, ребята... Лента с бескозырки прадеда стучит мне в сердце: не отступай, братишка, даешь хрононавтику!

В какой форме печатать? А мне все равно. Вы же записывали на диктофон — пусть так и идет в масштабе один к одному. Может, те, в своем двадцать втором веке, тоже прочитают. Так что добавьте в конце горячий пролетарский привет — и точка!

Вся правда о перламутровых молниях

Памяти А. С. Грина

Лена Гурова:

— Вам надо обратиться к физикам, — сказала Кира Владимировна Сафрай. — Перламутровые молнии не по моей специальности.

Она нетерпеливо посмотрела на часы. Но я не думала сдаваться. Два месяца я ждала этой встречи. Получить интервью у К. В. Сафрай оказалось адски трудно: то она куда-то уезжала, то была занята, то еще что-то... За эти месяцы я выслушала массу легенд на тему «К. В. Сафрай — суперзвезда психологии». Как она поступала в МГУ, как еще студенткой получила лабораторию, как академик К. предлагал ей должность главного психолога в Институте физических проблем и т. д. и т. п. Не знаю, что было достоверно в этих легендах. Сейчас передо мной сидела молодая женщина, старше меня на пять-шесть лет, никак не больше. Уверенная в себе, это сразу чувствовалось, очень уверенная и красивая. Завидное сочетание: черные волосы и светлые глаза. Свежий загар, подумать только, настоящий бронзовый загар в феврале! Все на уровне лучших теледикторских стандартов, даже кожаный костюмчик. Однако я представляла К. В. иначе. Есть ведь что-то таинственное в слове «психолог»... Эта телекартинка совсем не походила на психолога К. В. Сафрай, о которой рассказывали (или сочиняли?) легенды.

— С физикой более или менее ясно, — сказала я. — Тут мне проще разобраться, по образованию я — физик. Год назад кончила МГУ.

К. В. перевела взгляд с часов на меня.

— Физик? Почему же Вы пошли работать в редакцию?

— Поступала в одно место, не взяли... В другие сама не захотела. Пока работаю в журнале, так уж получилось.

Я не сказала главного: поступала я как раз в лабораторию д. п. н. Сафрай. Разговаривал со мной ее зам., бородатый дядечка, быстренько объяснивший, что им нужен не начинающий физик-теоретик, а, напротив, опытный физик-экспериментатор. Смотрел он на меня так, словно я пришла из детского сада. Я туманно намекнула насчет молний, он этого просто не заметил.

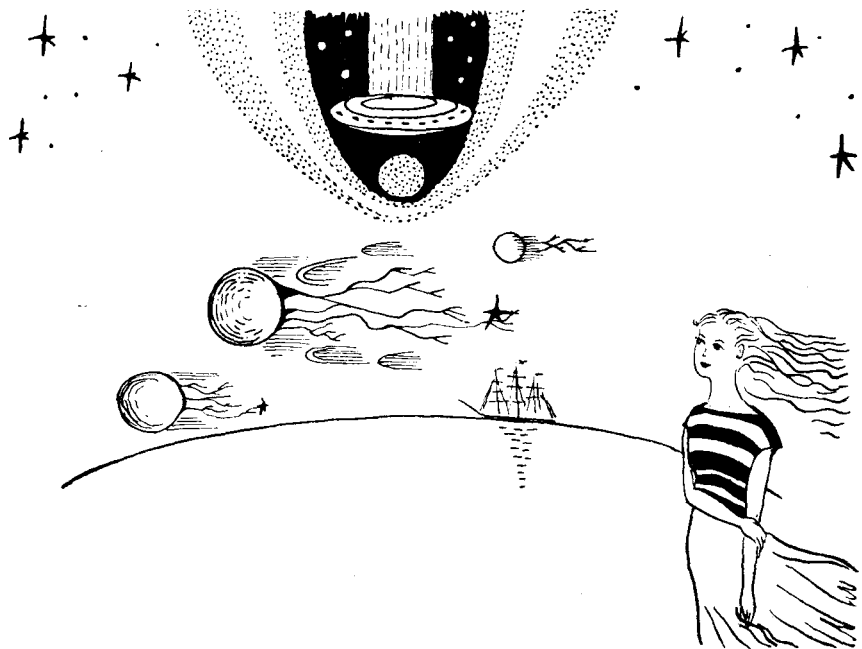
— Понимаете, Кира Владимировна, — продолжала я, — мне надо сделать материал о психологическом аспекте этой проблемы. И других подобных проблем. Я имею в виду неопознанные летающие объекты, телепатию, Бермудский треугольник, снежного человека...

— Хорошо, — вздохнула К. В. — Но я только ничего не знаю о перламутровых молниях. Изложите суть дела, объясните, что именно Вас интересует. Пятнадцать минут Вам хватит?

Ну вот, подумала я, пешка выиграна! К. В. меня слушает, это уже кое-что. Мне хватит четырех минут, я репетировала эту часть, тут у меня выверено каждое слово.

Итак, основные факты. Восемь лет назад в английском журнале «Природа» появилась статья Антонио Сенни. Статья была о шаровых молниях вообще, но в самом конце говорилось о не-

обычном поведении шаровых молний с перламутровой окраской: их словно притягивал человек, они как привязанные крутились вокруг человека, впрочем, никогда не причиняя вреда. Три года спустя был опубликован отчет Международного научного центра в Вене. Удалось собрать и проанализировать на ЭВМ свыше сем-



надцати тысяч показаний очевидцев, встречавшихся с шаровыми молниями. 420 человек видели перламутровые молнии. Почти все очевидцы указывали на странное поведение этих молний. Однако, на отчет, как и на статью Сенни, широкая публика не реагировала. Еще через три года вышла книга венгерского журналиста Имре Алмаши «Перламутровый шар бессмертия». Пользуясь венским отчетом, Алмаши нанес на карту места встречи с перламутровыми молниями. Оказалось, что встречи происходили только в четырех регионах (горные местности в умеренном поясе, в частности Кавказ). Далее Алмаши, опираясь на официальную статистику ЮНЕСКО, показал, что выделенные регионы точно совпадают с четырьмя достоверно установленными регионами долгожительства. Оставался один шаг до идеи о биологическом действии перламутровых молний — и Алмаши сделал этот шаг. Статистика у Алмаши такая: из 420 человек, когда-то встречавшихся

с перламутровыми молниями, 196 теперь старше восьмидесяти лет, 102 — старше девяноста и 74 — старше ста лет. В девятнадцати показаниях упоминалось, что встреча привела к излечению от тяжелых болезней. Алмаши не ограничился венским отчетом и, побывав в трех регионах, выяснил, что биологическое действие типично почти для всех встреч, причем в большинстве случаев это удалось подтвердить документально... Тут-то и начался бум! Дискуссии, поток новых сведений, повторные опросы, эксперименты по получению шаровых молний, экспедиции — официальные и самодеятельные...

Ровно четыре минуты! Еще одна выигранная пешка, теперь можно чуть-чуть расслабиться и оглядеться. Две стены заставлены книгами, на третьей — огромные цветные снимки: море, берег и море, снова море... Часы над дверью, часы на книжной полке, часы на столе — тут не засидишься. Тот же стиль, что и во всей лаборатории. Здесь жили в азартном, ускоренном ритме, это я успела заметить. А, может быть, просто не было потерь времени, не было пустоты — и от этого ритм казался ускоренным. В общем, жаль, что меня не взяли в эту лабораторию.

— Что ж, понятно, — кивнула *К. В.* — Требуется психологический комментарий? Пожалуйста. Каждой эпохе нужны свои мифы, легенды, сказки. Кто в наше время всерьез поверит в «Летучего Голландца»? И вот на смену старым мифам приходят новые — с научной окраской. Я бы разделила их на две группы. Первая: ширпотреб. Эти мифы доступны всем, но не имеют научного потенциала, в них просто верят или не верят. Летающие тарелки, телепатия. Бермудский треугольник. Вторая группа... Скажем так: мифы для младших научных сотрудников. Возникает, например, гипотеза о том, что Тунгусский взрыв — катастрофа инопланетного космического корабля. И в тайгу устремляются самодеятельные экспедиции — студенты, молодые ученые... Чудовище озера Лох-Несс... И, конечно же, перламутровые молнии.

Меня подмывало тихонько сбежать. Такое чувство должен испытывать начинающий шахматист, севший играть против гроссмейстера: что толку, если даже возьмешь пару пешек... Ну, смелее! Пора открыто идти в атаку.

— Мифы-приманки, — я подчеркнула слово «приманки».

И тут телекартинка исчезла. *К. В.* рассмеялась, и я увидела девочку, честное слово, обыкновенную девочку, ну пусть и не совсем обыкновенную, озорную и хитрющую (есть такой тип), но все-таки девочку, мою ровесницу.

— Приманки? — переспросила *К. В.* — Отлично сказано, мне нравится. Но можно и по-другому: мифы-громоотводы. В эпоху НТР у общества образуется огромный избыток творческой энергии. Рассеянной творческой энергии, которая накапливается, как

электричество в атмосфере. Современный исследователь занят узкой проблемой, работает с деталями, даже с деталями деталей. Отсюда тоска по чему-то большому, неожиданному, романтическому.

— Итак, есть избыточная творческая энергия. Она бесполезно рассеивается или притягивается случайными «громоотводами», то есть опять-таки пропадает. Логично использовать эту энергию, направив ее на проблему, имеющую реальное решение. Может быть, Кира Владимировна, некоторые мифы возникли не случайно? Может быть, их кто-то создал? Какая прекрасная приманка — перламутровый шар бессмертия...

— Вы замужем? — спросила *К. В.*

— Нет, — ответила я машинально, не понимая к чему она клонит.

— Вам придется нелегко. Излишняя проницательность не всегда полезна... Стоит ли докапываться до происхождения мифов? Ведь они украшают жизнь. Вот марсианские каналы — прелестная была выдумка! А теперь этого мифа нет.

Я растерялась. Почему она не возражает?! Что-то получилось не так. Но я уже не могла остановиться, разобраться.

— Не знаю, как с марсианскими каналами, — сказала я, нахально глядя в ее светлые глаза. — Но миф о перламутровых молниях — это Ваша работа, Кира Владимировна. Ваша или Вашей лаборатории.

Кира Владимировна Сафрай:

Она мне сразу понравилась, Леночка Гурова. Трусила она отчаянно, но держалась молодцом. Год назад у нее были весьма зыбкие догадки, и только. Надо признать, за год она до многого докопалась, и теперь вела продуманную атаку. Я чуть-чуть подыграла, и все прошло как надо. А потом она растерялась, потому что я без всяких споров признала: да, перламутровые молнии — наша выдумка.

Представьте себе, что у Вас появляется дикая догадка: никакой Византии не существовало. И вот Вы терпеливо собираете материалы и приходите к историкам, чтобы их разоблачить, а историки, ничуть не краснея, говорят: «Действительно, не было никакой Византии, чего уж тут скрывать! Вся ее история сочинена в нашем институте, а архитектурные и иные памятники сделаны в мастерской по специальному заказу...»

Наша лаборатория занимается многими странными проблемами, но операция «Молния», пожалуй, одна из самых странных. Впрочем, как посмотреть: лично меня в этой операции ничто не удивляет. Идея возникла давно, я успела сотни раз перевероршить все варианты. Отсчет, наверное, надо вести с далеких школьных времен. Однажды, перечитывая «Алые паруса», я подумала, что,

в сущности, это сказка о сказке: человек осуществил сказку — и она ожила, стала во сто крат великолепнее. Наверное, такое же стремление движет и многими из тех, кто высматривает летающие тарелки, ныряет в озеро Лох-Несс или ставит опыты по телепатии... Я начала собирать материалы по научным мифам, меня удивляла их способность индуцировать и поглощать огромное количество интеллектуальной энергии. Я подсчитала, во что обошлось увлечение летающими тарелками. Даже при самых заниженных цифрах получалось нечто ошеломляющее. Я перевела человеко-часы в человеко-жизни: так вот, в самом минимальном варианте выходило что-то около двух тысяч человеко-жизней, безвозвратно и без отдачи поглощенных мифом. Две тысячи жизней!..

Леночка Гурова сказала: «Мифы-приманки». Что ж, удачное определение. Поставим эти приманки там, где надо — мысль, казалось бы, простейшая. Но я долго колебалась: помнила о цене, которой будет оплачена погоня за мифом. Миф-приманка? И да, и нет. Нужно реальное направление, имеющее перспективу и требующее притока свежих сил. Нужна комплексная проблема — для физиков, химиков, биологов, словом, для любых специалистов. А внешне — только внешне! — пусть это будет таинственный и романтический миф-приманка...

Лена Гурова:

— Никаких перламутровых молний не было и нет, — упрямо повторила я. — Вы их придумали, Кира Владимировна.

— Двенадцать минут, — сказала *К. В.* — Почему Вы сразу не выложили свою догадку?

Разоблачение никак на нее не подействовало, честное слово! И я растерялась. Нет, *К. В.* отнюдь не была озорной девчонкой. Я вдруг почувствовала, что нахожусь в силовом поле очень умного и волевого человека, и разговор движется по неведомым мне сложным линиям, а вовсе не так, как я планировала.

— Значит, я права?

— У Грина, — сказала *К. В.* — есть рассказ «Сердце пустыни». Не помните? Трое бездельников разыграли доверчивого парня: рассказали ему сказку о чудесном поселке в глубине африканского леса. Парень поверил и отправился на поиски. Через несколько лет он вернулся, и шутники подумали, что настал час расплаты. Но парень и не думал мстить. Он рассказал, как с величайшими трудностями, сто раз рискуя жизнью, добрался до места и, разумеется, не нашел там ни домов, ни поселка. Он понял, что его разыграли, но шутка — так он сказал — была красивой. Поэтому он сам построил дома, построил поселок, пригласил людей, словом, сделал все как в сказке. Понимаете?

Я пробормотала что-то о перламутровых молниях: их нет, миф остался мифом...

— Ну и прекрасно! — ответила *К. В.* — Хороший миф должен оставаться мифом. Иначе он потеряет притягательную силу. Перламутровых молний нет и, надеюсь, не будет. Но в погоне за этим призраком уже сделаны реальные открытия по химии тяжелых ионов, образующих вещество обычной шаровой молнии. Кстати, некоторые соединения тяжелых ионов с нейтральными молекулами действительно обладают целебными свойствами... Подано два десятка заявок на новые способы получения шаровых молний. И это только начало. Эксперимент продолжается.

А я радовалась выигранным пешкам — вот наивность!

— Значит, писать об этом нельзя?

— Сколько угодно. Вы можете слово в слово изложить весь наш разговор.

В первый момент мне показалось, что она шутит.

— Написать о том, что все это выдумка? И что Вы сами признаете...

— Ну конечно!

Я почувствовала себя бестолковой ученицей.

— Но ваш эксперимент...

— У таких мифов огромный запас прочности, — терпеливо пояснила *К. В.* — Больше того, время от времени нужны разоблачения, резкие выступления скептиков и все такое прочее. Это только подливает масло в огонь...

Припомнив обстоятельства, при которых мне поручили заняться статьей, я начала кое-что соображать.

— Моя статья предусмотрена планом эксперимента?

Ответ я уже знала. Теперь у меня не было ни малейших сомнений в том, что все легенды о *К. В. Сафрай* были чистой правдой.

— Вы замужем? — спросила я, мобилизовав последние остатки нахальства.

Она кивнула.

— И Вам не мешает такая... проничательность?

К. В. улыбнулась.

— Сложный вопрос... Пишите статью, Елена Юрьевна, берите расчет и приходите к нам. Собственно, мы Вас приняли год назад. Читайте, что это был испытательный срок. Мой зам. утверждал, что Вы упрямы и обязательно раскопаете эту историю. Мы еще поговорим об этом, меня интересуют все подробности — как именно Вы докопались.

— Вам нужен журналист? — спросила я. Вопрос был лишним. Я бы пошла работать к *К. В.* кем угодно.

— Нам нужен физик-теоретик с богатой фантазией. Это ведь пробный эксперимент. Всего лишь начало.

Статью я написала. Разумеется, она оказала только то действие, на которое рассчитывала *К. В.* Миф-приманка и в самом деле неуязвим! Сегодня перламутровые молнии — самое модное увлечение. Как когда-то миф о летающих тарелках. Разница лишь в пользе. Но в этом все дело.

Четыре мраморных слоника

— У нас ЧП, Кира Владимировна,— сказал Морев.— Вот, полюбуйтесь.

Он открыл ящик письменного стола и вытащил — одного за другим — четырех мраморных слоников. На полированной поверхности стола, рядом с элегантным телефоном в стиле «ретро», слоники смотрелись странно: все-таки «ретро» — игра в старину, а слоники и в самом деле были старыми. Ну, а Морев выглядел отлично. Здесь, в своем современном кабинете, он был вполне на месте. Замшевая куртка, модные очки... Современный молодой директор современного процветающего НИИ. Впрочем, теперь он назывался генеральным директором научно-производственного объединения.

— Сюжет для Агаты Кристи,— продолжал Морев.— Смесь детектива и мистики... Этажом ниже кабинет Зарайского, моего зама по кадрам. Четыре дня назад Зарайский открыл утром свой сейф... Все было в сохранности, но на папках стоял вот этот слоник,— Морев показал на самую маленькую фигурку.— Кто и зачем поставил его туда? И главное — как? На следующее утро в сейфе появился второй слоник, побольше. Надо было что-то предпринять... Вечером Зарайский закрыл сейф при мне, мы тщательно опечатали сейф и дверь в кабинет. Утром в сейфе был третий слоник... Ну, вот, этой ночью я остался работать в кабинете Зарайского. Часов до двух писал. Потом читал английский детектив,— он рассмеялся.— Преступники под видом привидений орудуют в старом замке... Из кабинета я не выходил. И все-таки в сейфе оказался вот этот четвертый слоник... Надо обратиться в компетентные органы... Но я решил сначала поговорить с Вами. Очень благодарен, что Вы нашли время...

Слоники были знакомые, я их где-то видела, вот только где... Чтобы выиграть время, я сказала: тут нужен сыщик, а я психолог. Но Морев, видимо, хорошо продумал разговор.

— Мне важно знать Ваше мнение, Кира Владимировна. Пять лет назад намечался хоздоговор между нашими НИИ. Мы просили, чтобы Ваша лаборатория дала рекомендации. Вы начали знакомиться с институтом, а потом, к сожалению, отказались заклю-

чить договор. Была, если помните, неприятная беседа. Лет через пять, сказали Вы, в НИИ сделают потрясающие открытия, но не благодаря Вам, товарищ Морев, а вопреки... С тех пор прошло пять лет. Извините за скверный каламбур: открытие сейфа — не научное открытие, но все-таки... Нет ли тут связи?

Похоже, старая история волновала его не меньше, чем таинственные слоники. Молодые генералы НТР чрезвычайно чувствительны к тому, как их оценивают...

— Тогда, Игорь Петрович, Вы спокойно отнеслись к моим словам, — напомнила я. — Ответили, что подлинные открытия всегда неожиданны и непредсказуемы.

— Разве не так? Но, признаюсь, я был обижен. Я ведь только пришел в институт, только приступил к работе, а Вы твердо гарантировали, что за пять лет не удастся сделать ничего принципиально нового.

Забыв о слониках, Морев стал объяснять, какие результаты получены в институте за пять лет. Я слушала не очень внимательно — вспоминала наш прошлый разговор. В ту пору Морев перестраивал институт, не ожидая наших рекомендаций. Из-за этого я и отказалась от договора: деньги нам были нужны, но к чему корпеть над рекомендациями, если их заведомо не будут использовать? Мореву требовалась галочка — преобразования, мол, согласованы с психологами...

— Вы сосредоточили все силы на самых надежных направлениях, — сказала я. — Там, где успех почти гарантирован. И получили... этот успех. Но неожиданных открытий у вас нет. Их просто не могло быть при такой стратегии.

— У нас сохранились поисковые темы — в отделе Канарчука, например. А лаборатория Панкратьева вела общетеоретические исследования.

Я фыркнула, никак не могу избавиться от этой дурацкой привычки... Морев действительно не тронул нескольких «китов». Они не годились для получения тактических результатов, а драться с ними он тогда не хотел.

— Вас не обманешь, — усмехнулся Морев. — Да, с Панкратьевым я просто не хотел связываться. Канарчук собирался на пенсию... Поймите, при моем предшественнике институт годами не давал ничего существенного. Мы тогда крупно отстали от японцев и итальянцев. Почти две тысячи человек — НИИ, КБ, опытный завод, — а отдачи никакой. От меня ждали результатов, для этого и назначили. И вдруг появляется девочка... Простите, Кира Владимировна, на вид Вам было не больше двадцати. Кандидат не то педагогических, не то психологических наук, ничего не понимающий в химии, но готовый учить меня, как руководить химическим НИИ...

Если бы тогда перед Моревым появился седобородый академик, результат был бы тот же.

— Чему вы смеетесь? Что-то не так?

Я объяснила: все в порядке, просто представила, как он выглядел сегодня утром, когда открыл сейф и увидел четвертого слоника.

Морев пожал плечами.

— Если Вас интересует точное определение, я обалдел... Но вернемся к прошлому. От меня ждали быстрых и весомых результатов. Пришлось выбрать наиболее перспективные направления и сосредоточить на них всех толковых людей. Я установил жесткие сроки, заставил работать в энергичном темпе...

И вот тут я вспомнила, где видела слоников. У меня даже сердце екнуло. Ну и дела, подумала я, с ума можно сойти...

— Вы упомянули о неожиданных открытиях,— продолжал Морев. — Но ведь они непредсказуемы — именно из-за своей неожиданности. Как же я мог их планировать?!

Определенно, это были те слоники! У самого маленького чуть-чуть отбит хобот...

— Неожиданные открытия предсказуемы,— возразила я. — Если, конечно, предсказуемо поведение человека, который ведет исследование.

— Не понял,— Морев упрямо мотнул головой. — Поясните, пожалуйста, свою мысль.

Пять лет назад в лексиконе Морева не было этих слов — «не понял». Прогресс!

— Допустим, дело происходит в начале века. В НИИ парового отопления сидит чудак, который измеряет проводимость меди при низких температурах. Запихивает медный провод в корыто со снегом, что-то измеряет... Вокруг все заняты важными делами, совершенствуют паровое отопление. На чудака смотрят косо — какой толк от его работы? Лет через десять чудак радостно сообщает: результатов нет, потому что снег и лед практически не меняют сопротивление проводников... Нормальный человек тут бы и остановился, но у чудака готов план дальнейшей работы на десять лет: продолжать опыты, постепенно подбираясь к температуре жидкого азота. Есть и задумки на третье десятилетие: посмотреть, что произойдет, если провод охладить еще сильнее, например, до абсолютного нуля... Начальство рвет и мечет. Снег и лед ничего не стоили, а тут придется покупать жидкий азот. Да и вообще в плане-то паровое отопление!.. Вот такая ситуация. Причем вы знаете, что чудак этот — человек упорный. Начихал он на паровое отопление и гнев начальства — при всех обстоятельствах не бросит работу...

Картинка эта обидела Морева (особенно «НИИ парового отопления»), но суть он схватил мгновенно.

— Вы хотите сказать, что тут можно спрогнозировать открытие сверхпроводимости?

Я пояснила: нет, спрогнозировать открытие сверхпроводимости нельзя, но можно предвидеть, что будет *что-то* открыто. Удивительно, если бы свойства веществ не менялись при приближении к абсолютному нулю.

Морев молча смотрел на меня. Ах, как он смотрел! Честное слово, впечатление было такое, что он готов и сейчас попросит телефончик...

— Знаете, Кира Владимировна, с некоторых пор я стал собирать о Вас... информацию. Дела в НИИ шли хорошо, но без взлетов. Я часто вспоминал наш разговор. Информация накапливалась странная — вроде бы выдумки, мифы, научный фольклор. Но теперь я готов верить всему... Значит, НИИ парового отопления, а в нем чудак, изучающий низкие температуры. И как в данном случае зовут этого... чудака?

— Иван Кузьмич,— сказала я и подумала, что все-таки это свинство, Иван Кузьмич мог бы поставить меня в известность.— Демешкин Иван Кузьмич. Лаборатория фотохимии.

Морев виновато развел руками. Ивана Кузьмича он, конечно, не помнил.

— Лет десять назад у вас была тема, связанная с быстропротекающими процессами. По заказу ваших химиков Демешкин конструировал аппаратуру. Нужны были вспышки в одну миллиардную секунды, нет, меньше, что-то около 10^{-10} или даже 10^{-11} . Демешкин разработал совершенно новые способы, институт их запатентовал...

— Помню,— кивнул Морев.— Мы даже продали две лицензии японцам.

Человека он не помнил, а про лицензии знал, хотя продали их до его появления в институте. У меня вертелась на языке пара теплых слов, но я сдержалась.

— Так вот, Демешкин Иван Кузьмич,— продолжала я.— До войны кончил девять классов. С сорок третьего — на фронте. Сапер. Два ранения, орден Красной Звезды, орден Славы III степени, медали. Демобилизовался, работал, по вечерам учился... Упорный человек. Кончил автодорожный институт... У него талант экспериментатора, тяга к тонкой механике, оптике. К вам в НИИ он попал, когда ему было сорок шесть. И впервые осознал свое призвание. Это как поздняя любовь — счастье, которое страшно потерять, потому что знаешь, что потом ничего уже не будет. Ну, пять лет он делал то, что соответствовало его призванию и нужно было институту. А потом тема кончилась. Он собирал

хитрейшую аппаратуру, у него были потрясающие идеи насчет измерения сверхмалых промежутков времени, но это никому не требовалось. Впрочем, в институте помнили проданные лицензии, и некоторое время Демешкина не трогали. А потом пришли Вы. Толковых людей Вы мобилизовали, бестолковых выгнали, а чудак-оватый Демешкин повис в воздухе. Я его сразу приметил: вот человек, умеющий измерять 10^{-15} секунды, в планах у него рывок к 10^{-25} , но он никому не нужен в этом химическом НИИ — со своим автоторожным дипломом и со своей сумасшедшей любовью к этим «минус в такой степени»... Зарайский предложил ему уйти по собственному желанию: лаборатории потребовался химик-аналитик.

— Вспоминаю,— кивнул Морев.— Тут есть деталь, ускользнувшая от Вас. Допустим, чудак в НИИ парового отопления планирует испытания не при абсолютном нуле, а ниже, понимаете, ниже, ну, при минус 500° . Что бы вы тогда сказали? Вспышка — материальный процесс. А самые быстрые процессы — сильные взаимодействия в атомных ядрах — протекают за 10^{-23} секунды. Нельзя планировать получение вспышки в 10^{-30} или 10^{-40} секунды. Это физически безграмотно. Зарайский рассказал мне о планах Демешкина. Что ж, в конце концов, в интересах Демешкина было перейти в другой институт.

— Как же!.. В его интересах было остаться с аппаратурой, которую он собирал годами,— я с трудом сдерживалась.— Вы говорите, самые быстрые процессы продолжаются 10^{-23} секунды, так? Теперь представьте на мгновение, что каким-то чудом удалось выйти в область процессов, длящихся на несколько порядков меньше. Тогда слоник свободно пройдет сквозь любые стены. Ведь стены состоят из атомов, и эти атомы не успеют прореагировать с атомами слоника.

Морев понял идею, но я не могла отказать себе в удовольствии разъяснить популярно:

— Если очень быстро, например, за одну миллионную долю секунды опустить палец в кастрюлю с кипящей водой и так же быстро вынуть палец — ожога не будет, не правда ли?

От примера с кастрюлей он расшаренился: «Вы допускаете три фундаментальные ошибки...» — но я не дала себя перебить.

— Одна ошибка, Игорь Петрович! Одна ошибка — вера в неизблемость барьеров. Мы абсолютизируем сегодняшние пределы знания. Ну кто сказал, что в глубинах элементарных частиц не могут идти сверхбыстрые процессы? Ведь сто лет назад не знали о ядрах атомов и, следовательно, не знали про сильные взаимодействия, тогда 10^{-23} секунды тоже можно было объявить принципиально недостижимыми... И вот что, глубокоуважаемый Игорь

Петрович, если Вы намерены и дальше твердить о невозможности, ждите следующих слоников. У Демешкина их семь.

Морев сразу погас.

— Значит, Вы с самого начала в курсе этой... шуточки?

— Ничуть! Просто год назад я была у Демешкина дома. Он болел. Лежал на диване. Знаете, старый диван с высокой спинкой, а на спинке зеркало и полочки. На одной полочке стояли слоники. Я их увидела у Вас — и вспомнила.

— Где он работает, Ваш Демешкин?

— У меня в лаборатории, где же еще. Четыре года. Я его оформила... психологом. Достаю оборудование, выбиваю премии, у него большая семья.

— Представляю, сколько неприятностей было за четыре года...

Нет, вряд ли Морев представлял, сколько их было, этих неприятностей! В каких только инстанциях меня не прорабатывали... Дважды я ставила вопрос так: выгоните Демешкина — я тоже уйду... К бездельникам привыкли, их может собратиться целая толпа — никто не возмутится. А когда один человек делает что-то, считающееся невозможным, вот тут все бросаются экономить государственные деньги...

— Вы только не обижайтесь, Кира Владимировна, — сказал Морев, и я почувствовала, что он действительно не хочет меня обидеть. — То, что делает Демешкин, просто не укладывается в рамки науки. Вы что — в самом деле верили в успех?

Что я могла ответить? Рамки науки... Я верила, нет, твердо знала, что *кто-то* должен набивать себе синяки и шишки, раздвигая эти рамки.

— На такой успех не рассчитывала, — сказала я. — Но *что-то*, понимаете, *что-то* должно было найтись в этой невозможной области сверх-сверхбыстрых процессов...

Мы помолчали. Потом Морев сказал:

— Если меня уволят, я попрошусь к вам младшим научным сотрудником. С темой «Исследование свойств вещества при температурах ниже абсолютного нуля». Возьмете?..

* * *

На улице я долго рассматривала свой «Запорожец». Коралловая эмаль сверкала на солнце: у меня прекрасная шведская паста. Я смотрела на «Запорожец» и думала, что скоро такие машины останутся в музеях. Пусть даже не очень скоро. Важно, что найден новый принцип.

Потом я села за руль и заставила себя не думать о делах. Впрочем, одна мысль все-таки промелькнула. Сейчас к Меркурию летит первая экспедиция, забавно, если на месте посадки экипаж встретят семь мраморных слоников...

СОДЕРЖАНИЕ

А. Б. Селоцкий. ТРИЗ в Карелии	3
Г. С. Альтшуллер. Дерзкие формулы творчества	13
<i>Изобретательские задачи.</i>	15
Метод проб и ошибок	29
Методы активизации перебора вариантов	41
Основные идеи ТРИЗ	57
Заключение	80
Магический кристалл физики	83
В. А. Ефимов. С чем идти на штурм задачи?	86
Г. С. Альтшуллер. Тепловое поле — в механическое	95
Г. С. Альтшуллер. Феполи могут все	103
М. С. Померани. Магия магнитных жидкостей	109
Ю. В. Горин. Корона — инструмент рабочий	115
М. С. Померанц. Почти идеальное вещество	121
Ю. В. Горин. Тонуть или не тонуть	128
Г. С. Альтшуллер, Ю. В. Горин. Отталкиваться-притягиваться	133
Е. Н. Козаченко. Пьезофейерверк	140
И. М. Кондраков. Крутится-вертится шар голубой	146
И. М. Верткин. Сила ритма	153
И. П. Рябкин. КПМ — вещество умелое	159
Ю. В. Горин. Пирог Робинзона	165
В. Н. Журавлева. Звезда психологии	173
Снежный мост над пропастью	176
Приключение	203
Мы пойдем мимо — и дальше	225
Звезда психологии	250
Даешь Фронтонавтику <i>Уроки творчества</i>	250
Вся правда о перламутровых молниях	256
Четыре мраморных слоника	263
<i>Четыре мраморных слоника</i>	256
<i>Четыре мраморных слоника</i>	263

ДЕРЗКИЕ ФОРМУЛЫ ТВОРЧЕСТВА

Составитель
А. Б. СЕЛЮЦКИЙ

Редактор
И. И. Куроптева

Художники
В. П. Лобанов
Ю. Н. Шендяков
Е. А. Алатало

Оформление
В. П. Лобанова

Художественный редактор
Л. Н. Дегтярев

Технический редактор
Э. С. Иванова

Корректоры
Т. Н. Казакова
В. Н. Григорьева

ИБ № 1787

Сдано в набор 13.04.87. Подписано в печать 24.06.87.
Е-00671. Формат 60x84^{1/8}. Бумага типографская № 1.
Гарнитура литератур. Печать высокая, Усл. печ. л.
15,81. Усл. кр.-отт. 16,28. Уч.-изд. л. 17,08. Тираж
20000 экз. Заказ 1441. Изд № 61. Цена 85 к.
Издательство «Карелия». 185610, Петрозаводск,
пл. В. И. Ленина, 1. Республиканская ордена
«Знак Почета» типография им. П. Ф. Анохина
Государственного комитета Карельской АССР по
делам издательств, полиграфии и книжной тор-
говли. 185630, Петрозаводск, ул. «Правды», 4.

Д36 Дерзкие формулы творчества/(Сост. А. Б. Селюцкий).—
Петрозаводск: Карелия, 1987.— 269 с: ил.— (Техника — мо-
лодежь — творчество).

Это — первая книга цикла «Техника — молодежь — творчество». Адресована она тем, кто хочет испытать себя в увлекательнейшем виде человеческой деятельности — техническом творчестве. Весь цикл основан на отечественной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), использующей законы развития техники, а не слепой перебор вариантов. Материал первого сборника включает знакомство с ТРИЗ, изобретательскую физику и фантастику психологии творчества. Сборник рассчитан на широкий круг читателей — от учащихся ПТУ до инженеров и научных работников.

2101000000—057

Д М127(03)-87 ^{без} объявл-

30у

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

В 1988 году в издательстве «Карелия» выйдет вторая книга из цикла «Техника — молодежь — творчество» — «Нить в лабиринте» (составитель А. Б. Селюцкий).

Книга состоит из четырех разделов:

Первый — «Подвиги на молекулярном уровне» (автор Ю. П. Саламатов) — рассказывает о применении химических эффектов и явлений при решении изобретательских задач.

Вторая — «Бороться и искать» (автор И. М. Верткин) — о том, что такое «творческая личность», какие качества необходимо воспитывать в себе изобретателю.

Третий раздел познакомит вас с одним из инструментов ТРИЗ — стандартами на решение изобретательских задач (автор Г. С. Альтшуллер).

Заключительный раздел, как и в первой книге цикла, представляет научную фантастику: о проблемах воспитания человека будущего размышляет советский фантаст Г. Альтов.