

# Алгоритмы открытий?..

И. Кондраков

Научно-техническая революция поставила вопрос о необходимости реорганизации существующей технологии изобретательства и открывательства. Наметились два пути. Первый путь - **активизация мышления** человека, решающего задачу (воздействие на интуицию, работа подсознания и т.д.) [4,5,6]. Один из основоположников теории творчества А. Пуанкаре прямо заявлял, что от решение проблемы интуиции зависит успех в раскрытии тайны научного творчества и в конечном счете – прогресс науки. Это мнение разделяют С.Е.Зак, А.Н. Леонтьев, С.Р. Микулинский, В.А. Энгельгард, М.Г. Ярошевский, Г. Саймонд и др. исследователи научного творчества. Отсюда следуют выводы, что наличие непредсказуемых (случайных) элементов в творческом процессе исключает возможность позитивного влияния на ход последнего, его алгоритмизации и, что творческий процесс равно как и интуиция, представляет собой в высшей степени индивидуализированное явление [6].

Технология и психология творчества

«Техника и наука», 1978, № 11 32

## АЛГОРИТМЫ ОТКРЫТИЙ?..

Можно ли преиспытывать теорию творчества? Можно ли создать алгоритмы поиска и решения научных задач? С таким вопросом обратился в институт, преподававший научные основы изобретательства, преподаватель, научный сотрудник ТРИЗ (с.Триб, 1979, посвященный ТРИЗ) профессор А. Мигдал. Он предложил рассмотреть на эту тему вопросы полета. А что скажут ученые, философы, астрономы?

Должен признаться, я не сделал ни одного открытия. Но данная статья посвящена научному творчеству, более того, речь в ней идет именно о том, как эффективнее делать открытия? Заинтересовал ТРИЗ (теория решения инженерных задач), и статья эта — попытка взглянуть на научное творчество «со стороны».

### «ПОДСОЗНАНИЕ ВЫДАЛО ИДЕЮ...»

Делать открытия очень непросто. Но теория открывательства проста. Пожалуй, наиболее кратко и четко она изложена в вышедшей более 30 лет назад книге проф. К. Воблого «Организация труда научного работника»: «Исследователь начинает с личного раздумья над интересующим его вопросом. Длительная мыслительная работа не дает результатов, тогда исследователь, измученный бесплодными усилиями свинутых с мертвой точки, бросает работу, переходит к другим занятиям, к легкому чтению, к экскурсиям, прогулкам и т. д. И вот, в один из таких моментов, далеких от занимающей его проблемы, неожиданно в поле зрения появляется идея, дающая ключ к разрешению всего вопроса...»

В принципе этим почти исчерпывается то, что мы знаем о технологии открывательства. Человек размышляет, перебирает различные варианты решения задачи, ничего не выходит, и вдруг, в самый неожиданный момент, что-то срывается (интуиция, какая-то подсказка, счастливый случай и т. д.) — появляется ответ. Вот пример, взятый из воспоминаний академика А. Мигдала: «Иногда решение задачи приходит во сне или еще чаще в том состоянии между сном и бодрствованием, которое возникает после напряженной работы. Вспомню, как решалась задача о вылете электронов из атома при ядерных столкновениях. Качественно все было ясно: в результате столкновения с нуклоном (нейтроном или протоном) ядро приобретает скорость за малое время, и электроны со скоростью, меньшей чем скорость ядра, не успевают улететь вместе

с ним, а остаются там, где произошло столкновение. Но как найти количественное решение? Как получить формулу, дающую вероятность вылета любого из электронов? Подсознание выдало идею решения инкозасательно, во сне: наездница скачет по цирковой арене, внезапно останавливается, и цыганы, которые она держит в руках, летят в публику. Эта картина как бы подсказала, что нужно перейти в систему координат, в которой ядро покоится после столкновения, — в этой системе проще описать состояние вылетающих электронов. Осталось только перевести эту мысль на язык квантовой механики.

Человек, знакомый с ТРИЗ, читая о подобных случаях, испытывает сложное чувство: восхищение наполювину с недоумением. Наверное, такое чувство охватывало когда-то людей, знающих паровые машины, при виде великодушных парусников. Изумительные сооружения — хорошие парусники! И какое высокое искусство требуется от капитана, чтобы управлять этими безумными по своим кораблям-красавцам... Но почему бы, черт побери, не убрать всю эту романтику, все эти матчи, гармоничные, как музыка, почему бы не заменить белоснежные паруса обмановенной паровой машиной?

Не только в науке, но и в технике творческие задачи решают все тем же методом проб и ошибок. И, случается, находят идеи во сне. Вот что пишет генеральный авиационный конструктор О. К. Антонов: «Когда конструировали «Антея», особенно сложным был вопрос о схеме оперения. Простой высокий киль с горизонтальным оперением навверху при всей ясности и заманчивости этой схемы, рассмотренной аэродинамически, сделать было невозможно — высокое вертикальное оперение скрутило бы, как бумажный пакет, фюзеляж самолета, имевший огромный вылет для грузового самолета шириной 4,4 и длиной 17 м. Разделить вертикальное оперение и повесить «шайбы» по концам стабилизатора тоже нельзя, так как это резко снижало критическую скорость флаттера оперения. Время шло, схема оперения не была найдена... Как-то раз, проснувшись ночью, я стал по привычке думать о главном, о том, что больше всего заботило и беспокоило. Если половинки «шайбы» оперения, размещенные на горизонтальном оперении, выкажут своей массой флаттер, то надо расположить шайбы так, чтобы их масса из отрицательного фактора стала положительным... Значит, надо сильно выдвинуть их и разместить вперед оси жесткого горизонтального оперения... Как просто! Я тут же протянул руку к ночному столику, нащупал карандаш и записную книжку и в полной темноте набросал найденную схему. Почувствовал сильное облегчение, я тут же крепко заснул...»

Абсолютно та же технология решения творческой задачи, что и в истории, рассказанной академиком А. Мигдалом. Но для решения технических задач есть ТРИЗ, есть таблицы устранения технических про-

тиворечий. Сформулированное О. Антоновым противоречие можно было без всяких поисков «взять» по таблице и получить четкий ответ. Задачи такого типа (и подобные!) решают теперь в школах ТРИЗ, решают по формулам и таблицам. Так почему бы не присмотреться к задачам, относящимся к научному творчеству? Что они собой представляют? Нельзя ли их решать более рациональными способами, чем ожидание озарения во сне?

### МЕХАНИЗМ ТВОРЧЕСТВА: ПЕРЕСТРОЙКА СИСТЕМ

Мир техники — это мир технических систем. Электрическая лампа, станок, паровоз, ЭВМ — все это технические системы. Развиваются они благодаря техническому творчеству. Типичный творческий акт включает две фазы. Сначала возникает новое представление о системе. «В подвешеннике — трение скольжения. А что если перейти к трению качения? Вольфрама два стальных колеса, а между ними поместим маленькие колесики... Нет, не колесики, а шарики, так лучше. Или ролики. Начертим-ка схему...» Вторая фаза состоит в воплощении нового представления в материальный объект. Разумеется, в реальных условиях творческий процесс может включать многократное возвращение от второй фазы к первой. («Вот беда, рассыпались ролики... А что если их как-то соединить, связать? Начертим-ка новую схему...») Суть дела от этого не меняется: единичный творческий акт включает создание нового представления о системе и воплощение этого представления в новый материальный объект.

Посмотрим теперь, как обстоит дело с научным творчеством. Существует мир природных систем: атом, клетка, организм, планета, галактика и т. д. Природные системы развиваются сами, их не надо изобретать. Научное творчество состоит в том, чтобы понять и объяснить, как устроены природные системы и как они развиваются. В единичном акте научного творчества тоже можно выделить две фазы: сначала открыватель\* мысленно создает новое представление, а затем это представление проверяется путем наблюдений, экспериментов, расчетов и т. д. Примером может служить переход от гелиоцентрической системы мира к геоцентрической. Другой пример: переход от «сплошной» модели атома к планетарной.

Обратите внимание, первые фазы творческого процесса в технике и в науке совпадают. В обоих случаях необходимо от старого представления перейти к новому — придумать новую систему. Различие заключается в том: новую техническую систему надо воплотить в металл, новую научную систему надо доказать, применить для объяснения явлений природы. Впрочем, воплотить в металл новое представ-

\* Обозначен этим словом (по аналогии со словом «изобретатель») человек, создавший новую научную систему.

Второй путь — **выявление объективных законов** — выявление объективных законов, по которым одно научное представление заменяется другим или одна техническая система заменяется другой [7, 8, 9]. По этому пути пошло развитие отечественной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [7, 8]. Иначе говоря, методология исследования природы

научного творчества может включать аналогичные этапы: сбор необходимого массива информации, разделение по уровням сложности, определение фактора особенности, выявление и формализация структуры творческого процесса и т.д.

ление о технической системе в принципе может уже не изобретатель, а каждый инженер, так же как и «взглядеть» новое представление о природной системе может в принципе не открыватель, а его коллега-ученый, его помощники, ученики.

Для нас важно, что решение творческих задач в науке и технике совпадает в основном. В обоих случаях речь идет о перестройке систем, точнее, о перестройке представлений о системах, перестройке мысленных образов систем. Творческие задачи — и на открытие и на изобретение — ставятся одинаково: «Дана система, имеющая такие-то недостатки. Необходимо придумать новую систему, лишенную этих недостатков».

Дерзкое вторжение в таинственную область научного творчества получает некоторое оправдание: если суть научного творчества состоит в переходе от одной системы к другой, то можно попробовать управлять творчеством, используя взятые из ТРИЗ принципы преобразования технических систем.

### ПРОТИВОРЕЧИЯ — ВОТ В ЧЕМ ТРУДНОСТЬ

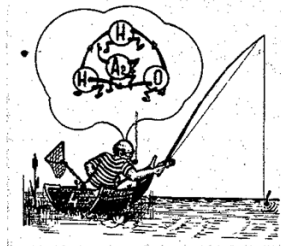
Один из главных постулатов ТРИЗ гласит: переход от системы А к системе Б совершается через преодоление противоречия. Типичная изобретательская задача выглядит так: «Для защиты экипажа самолета-штурмовика нужно установить броню. Но бронезащита повысит вес самолета, уменьшит его скорость. Что делать?» Это противоречие, возникшее при создании знаменитого штурмовика Ил-2, было преодолено путем использования брони в качестве силовых элементов конструкции самолета. Броня была и ее как бы и не было, потому что ее функции исполняли части фюзеляжа самолета.

А как обстоит дело с открытиями? Можно ли сказать, что открытие, подобно изобретению, состоит в преодолении противоречия? Вот типичная открывательская задача: «Аргон — инертный газ. Однако установлено, что при соединении с водой образуется гидрат аргона. Как это объяснить?» Связь есть и связи нет, ее не должно быть. Перед нами «чистокровное» противоречие. Атом аргона можно представить в виде шарика. Молекула воды — три шарика, связанные между собой нитями (химической связью). Спрашивается: как соединить одиночный шарик с тремя связанными шариками, если нельзя использовать новые нити? Ответ очевиден: «тройка» должна окружить шарик аргона так, чтобы он и без привязи не мог бы уйти. Пусть сидит как в клетке: несвязанный, но и несвободный. Связи нет и она как бы есть...

Еще одна задача на открытие: «Чтобы был возможен макроскопический квантовый эффект — незатухающий, сверхпроводящий ток, — все электроны должны быть в одном и том же квантовом состоянии. А электроны подчиняются запрету Паули, согласно которому в одном

и том же квантовом состоянии больше одной частицы находиться не может. Как же объяснить существование сверхпроводящего тока?» Пусть читателя не смущает, что задача относится к квантовой физике. Задачу можно пояснить очень простой моделью. Есть два сорта шариков — желтые и синие. В трубе не может быть одновременно больше одного желтого и одного синего шарика. Между тем из трубы идет поток шариков. Шариков нет, их не должно быть... Противоречие!

Задача похожа на предыдущую. Попробуем решить ее в том же духе: будем искать разгадку не в свойствах самого шарика, а в свойствах группы, объединения шариков. Допустим, попадая в трубу, каждый желтый шарик как-то объединяется с синим. Получается зеленая пара. А на зеленые пары запреты не распространяются: такие пары могут быть в трубе в любом количестве. На выходе из трубы пары распадаются. Вот и все... В 1967 г. физики Бардин, Шриффер и Купер выдвинули теорию сверхпроводимости (ее называют теорией БШК), за эту теорию они получили Нобелевскую премию. Суть теории вы, наверное, уже поняли из примера с шариками. Электроны с противоположными спинами, согласно теории БШК, объединяются в

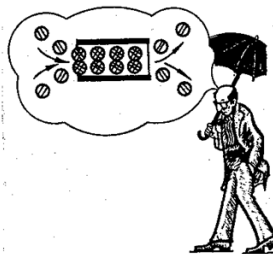


пары, имеющие нулевой спин. Такие пары не обязаны подчиняться запрету Паули, противоречие легко снимается...

### ЧЕТЫРЕ ПРИЕМА СОВМЕЩЕНИЯ НЕСОВМЕСТИМОГО

Развитие систем, возникновение и преодоление противоречий... Вряд ли это вызовет особые возражения даже у тех, кто твердо уверен: суть творчества — в неспостижимом «озарении», в неуправляемой «вспышке гения». В конце концов, речь идет о том, что природа, как и техника, подчинена законам диалектики. Кто же в этом сомневается? Но, продолжая переносить принципы ТРИЗ в научное творчество, мы подходим к утверждению, которое может показаться еретическим. Существуют стандартные приемы преодоления противоречий в открывательских задачах: эти приемы можно выявить и использовать.

Противоречие, как мы видели, заключается в том, что система должна обладать



свойством «С» и противоположным свойством «не С». Как сделать, чтобы система была, к примеру, горячей и холодной, подвижной и неподвижной, большой и малой и т. д.? Есть четыре типа простых приемов:

1. Разделим противоречивые свойства в пространстве. Пусть часть системы будет обладать свойством «С», а другая часть — свойством «не С».

В конце прошлого века было установлено, что удаление поджелудочной железы вызывает диабет. Но тут же обнаружился странный факт: при перевязке поджелудочной железы диабета не возникает, хотя пищеварительный сок не поступает в кишечник, а вырабатывающие его клетки гибнут. Получается, что поджелудочная железа связана с диабетом... и не связана. Противоречие разрешил русский врач Л. С. Соболев. Он предположил, что за возникновение (или невозникновение) диабета несет ответственность одна часть поджелудочной железы (так называемые островки Лангерганса), а за выделение пищеварительного сока — другая. Предположение подтвердили последующие эксперименты.

2. Разделим противоречивые свойства во времени. Пусть система обладает то свойством «С», то свойством «не С».

В 1865 г. Кекуле предложил структурную формулу бензола. Из этой формулы следовало, что должны существовать два изомера, но бензол упорно вел себя как одно вещество. Чтобы разрешить противоречие, пришлось предположить, что связи в молекуле бензола осциллируют: каждая молекула бывает то в одном, то в другом состоянии.

3. Разделим противоречивые свойства, допустив разное взаимодействие системы с разной внешней средой. Пусть в одних взаимодействиях (в одних условиях) проявляется свойство «С», а в других — свойство «не С».

Это весьма «популярный» способ преодоления противоречий. Читателю нетрудно вспомнить примеры. Скажем, объяснение природы света: в одних условиях проявляются волновые свойства света, в других — корпускулярные.

4. Разделим противоречивые свойства системным переходом. Пусть система обладает свойством «С», а надсистема, включающая данную систему, свойством «не

В зависимости от характера решаемых задач в литературе различают три типа задач: открывательские, научные и исследовательские. **Открывательские задачи** — задачи связанные с получением нового открытия. Методика решения этого типа задач должна отражать технику поиска новых открытий на базе существующих представлений. **Научные задачи** — задачи связанные с изобретением и развитием научных систем на базе существующих открытий. **Исследовательские задачи** — задачи связанные с поиском методики деления открытия, накопления, уточнения и анализа фактов, установлении взаимосвязи между всем перечисленным и философскими установками.

С». Или же пусть у системы в целом будет свойство «С», а у подсистем — свойство «не С».

Взять хотя бы такую задачу: «Растяжение кристалла происходит за счет увеличения расстояний между ионами кристаллической решетки. Но как растягивается резина? Связи между атомами в молекуле каучука ковалентные, расстояния между атомами увеличиваться не могут». Отбросим три первых приема, поскольку резиновая нить растягивается по всей длине, в любое время и при любых способах растяжения. Остается четвертый прием: молекулы каучука (подсистемы) нерастяжимы, но цепь таких молекул (систем) может удлиняться за счет разорывания жестких звеньев.

Четвертым приемом решены и приведенные ранее задачи о гидриде аргона и токе сверхпроводимости.

Возможно, у читателя появилось желание поработать самостоятельно? Пожалуй, вот первая задача. В XVIII веке было обнаружено, что азот, полученный из атмосферы, несколько тяжелее азота, полученного разложением химических веществ, например селитры. Противоречие: атмосферный азот — по всем химическим критериям — самый настоящий азот. Но плотность его выше, чем должна быть. Какой прием и как надо использовать, чтобы преодолеть это противоречие?

#### ПРИЕМЫ РАБОТАЮТ

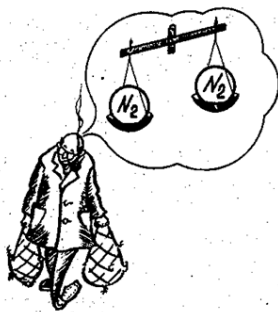
Обратите внимание: мы разделяем противоположные свойства «С» и «не С». Они сохраняются, но порознь, не сталкиваясь друг с другом. А если вообще **избавиться** от проблемы «С» и «не С»? Тут существуют два правила:

5. Чтобы избавиться от противоречия, надо **отказаться от системы**, несущей противоречие.

В ТРИЗ есть понятие об идеальной машине: машина идеальна, если ее нет, а функция выполняется. Реальные машины стремятся стать идеальнее (легче, компактнее и т. д.) — таков закон развития технических систем. Вместе с тем, это и закон развития научных систем (т. е. наших представлений о природных системах). Первая теория, объясняющая природу солнечной энергии, исходила из того, что существуют внешние источники энергии: на Солнце падают метеориты — отсюда и энергия. Противоречие: метеоритов должно быть много (иначе Солнце потухнет) и мало (иначе мы бы обнаружили их падение). Пришлось отказаться от этого представления, допустив, что Солнце само себя греет. (Вспомните задачу о самолете-штурмовике. Аналогичное противоречие и аналогичный прием: фюзеляж самолета «сам себе броня».)

6. Чтобы избавиться от противоречия, надо от системы **перейти к антисистеме**, обратной системе.

Классический пример: переход от геоцентрической системы к гелиоцентрической. Увеличение точности астрономиче-



ских расчетов требовало непомерного усложнения геоцентрической системы. Пришлось заменить систему антисистемой: сделать подвижное неподвижным... и все резко упростилось!

А теперь еще одна задача. Нужно вести расчеты, связанные с перестройкой сложной планетарной системы. Формулы получаются слишком громоздкими. Что делать?

Удивительно простая задача, не правда ли? Но ведь это — задача академика А. Мигдала! Та самая, которая была решена во сне с помощью подсознания... Примем подвижное «светило» (ядро атома) за неподвижное — перейдем от системы к антисистеме.

Читатель вправе сказать: когда открытие сделано, легко говорить о приемах, а вот попробуйте заранее сказать, как решить нерешенную еще задачу. Что ж, есть и открытия, сделанные сознательным применением приемов. Пока их очень мало, потому что приложение принципов ТРИЗ к решению изобретательских задач — дело самых последних лет. Но они есть!

Вот одно из них — объяснение парадокса, связанного с эффектом Рассела. Очищенная от окислов поверхность некоторых металлов засвечивает в темноте фотопластинку, приложенную к металлу. Металл взаимодействует с парами воды, образуется атомарный водород, он и действует на фотоэмульсию. Но вот парадокс: если пластинку отдалить на несколько сантиметров, она все равно засветится, хотя атомарный водород — при обычных условиях — никак не может пробежать такое расстояние. 70 лет не могли преодолеть это противоречие: атомарный водород должен быть у пластинки (она засвечивается) и не должен быть (он не мог туда прийти). Задача очень похожа на задачу о токе сверхпроводимости. И решается тем же приемом № 4. У поверхности металла атомы водорода образуют пары — возбужденные, еле-еле держащиеся, но все же молекулы. А на молекулы не распространяется запрет на преодоление расстояния от металла до пластинки. Достигнув пластинки, возбужденные молекулы распадаются... и возле фотоэмульсии опять оказывается атомарный водород!

Конечно, существуют и различия между

задачами изобретательскими и открывательскими. Изобретательская задача должна быть решена на основе имеющихся знаний. Если машина получается слишком тяжелой, изобретатель не имеет права сказать: «Изменим формулы сопромата!» Ученый, решая открывательскую задачу, иногда может «отменить» законы, которые ему мешают. Вспомним, постулаты Бора. Электроны при движении по орбитам должны — согласно классической электродинамике — излучать энергию и падать на ядро. А они не падают... Бор расправился с этим противоречием очень решительно: допустил, что формулы электродинамики не распространяются на движение электронов по определенным орбитам.

Да, в решении открывательских задач могут оказаться свои особенности. Но в главном суть творчества в науке и технике совпадает — нужно развить системы, а для этого необходимо преодолевать противоречия, используя — сознательно или неосознанно — определенные приемы.

Мы рассмотрели возможность переноса в научное творчество очень малой группы простых приемов. В арсенале ТРИЗ много разных приемов. Есть и правила, как из простых приемов строить приемы сложные и более сильные. Вот почему так заманчива перспектива использовать всю мощь этого арсенала для построения алгоритма решения открывательских задач.

И. КОНДРАКОВ,  
инженер  
г. Минеральные Воды

#### Советуем прочитать

Буш Г. Методические основы научного управления изобретательством. Рига, Лиесма, 1974

Дерягин Р. И. Алгоритм решения исследовательских проблем. — В кн. Информатика и ее проблемы, вып. 5. Новосибирск, Наука, 1972

Мигрофанов В. В., Соколов В. И. О природе эффекта Рассела. — Физика твердого тела. 1974, т. 16, № 8, с. 24—35

Поля Д. Математическое открытие. 2-е изд. — М, Наука, 1976

Шувалов В. Н., Наседкин А. И., Куликов А. Ю. «Золотой ключик» для ищущих. — В кн. Экономика и организация промышленного производства. 1977, № 3, с. 193—197

**Вывод:** Развитие теории научного и технического творчества показывает, что на данном этапе существуют два подхода (две идеологии) к проблеме творчества: **диалектический** — путь, основанный на представлении о закономерном развитии систем представлений о природных системах и **возможности познания и сознательного управления ими**; и **метафизический** — путь абсолютизации и развития метода проб и ошибок, **непознаваемости природы творчества и невозможности его формализации**.