

Б.Л.Злотин, А.В.Зусман
«Решение исследовательских задач»
Кишнев 1991г.

Это первая книга, посвященная приложению теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) к решению научных задач и проблем. Она открывается основополагающими в этой области работами Г.С.Альтшуллера, В.В.Митрофанова, В.М.Цурикова и Г.Г.Головченко и продолжается разработками Б.Л.Злотина и А.В.Зусман по решению исследовательских задач, построению новых научных концепций, выявлению и прогнозированию нежелательных явлений (производственного брака, аварий и т.п.), а также по проблемам развития научных коллективов.

Книга предназначена для специалистов по ТРИЗ и может быть полезна исследователям в любой области науки, науковедам.

Злотин Б.Л., Зусман А.В.

3-68 Решение исследовательских задач. – Кишнев: МНТЦ «Прогресс, Картя Молдовеняскэ, 1991. – 204 с.

Редактор Л.Е.Кац

Ответственный за выпуск З.Е.Ройзен

Издание осуществлено за счет авторов

Составили Б.Л.Злотин, А.В.Зусман, 1991.

С МНТЦ «Прогресс», 1991.

ЧАСТЬ I. ТРИЗ и наука

*В 1960 г. я набросал тезисы о методике «открывательства». Это – наброски для себя, чтобы упорядочить исходные представления о технологии **научного творчества**. Наброски остались незаконченными, отвлекла работа над АРИЗ. Прошло почти 20 лет, но мысли, мне кажется, не устарели и могут быть использованы преподавателями ТРИЗ на занятиях по научному творчеству.*

*В работах и статьях Г.Фильковского и И.Кондракова рассматривается технология творчества при решении задач на «**открытие новых теорий**». Между тем, существуют и «открытия новых явлений» (открытие радиоактивности и т.д.). Поэтому полезно до изложения «теории открытий новых теорий» дать общий обзор – в этом помогут наброски.*

22.08.79 Г.Альтшуллер

* * *

С того момента, как были написаны эти слова, прошло более 10 лет, однако материал, изложенный ниже, по-прежнему весьма актуален (Прим. составителей).

Г.С.Альтшуллер

КАК ДЕЛАЮТСЯ ОТКРЫТИЯ

(мысли о методике научной работы)

А. В ЧЕМ ТРУДНОСТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

1. Трудности в создании методики научной работы – сравнительно с методикой изобретательства – состоят в том, что здесь большую роль играют обстоятельства, усложняющие основную схему. Такие обстоятельства есть и в изобретательском творчестве. Но в открывательстве они присутствуют в большой концентрации. Это уже не оговорки и не исключения из довольно универсальных правил, а постоянно действующие «искажающие факторы», которые приходится всегда учитывать.

2. Первый такой фактор – историческое развитие научных методов. В современном изобретательстве до сих пор мирно уживаются приемы, возникшие на разных этапах развития. В открывательстве – более жесткая смена приемов. Поэтому надо очень осторожно аргументировать примерами, взятыми из разных эпох.

3. Второй фактор – неравномерное развитие научных методов в разных областях науки. Такое явление наблюдается и в изобретательстве, но в науке оно выражено много сильнее.

4. Третий фактор – относительно большая роль случая.

Б. КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКРЫТИЙ

5. Все открытия делятся на две группы, настолько существенно отличающиеся по всем факторам, что только удивляешься, как они объединены одним словом.

Первая группа – **открытия, состоящие в установлении нового явления.**

Примеры: открытие икс-лучей Рентгеном, открытие сверх-проводимости Каммерлинг-Оннесом. Я бы назвал эту группу открытий **ОБНАРУЖЕНИЕМ**, ибо сущность нового явления отнюдь не открывается новое явление просто впервые обнаруживается.

К этой же группе примыкает подгруппа открытий, состоящих в установлении конкретного факта. Таковы географические открытия. Сюда же относится большинство открытий наблюдательной астрономии, открытия геологические (новых месторождений), обнаружение новых видов растений и животных. Для этой подгруппы характерно, что ее открытия (в отличие от открытия явлений) не требуют объяснений. Интересно отметить, что это нашло стихийное отражение в терминологии: открытия явлений (а также открытия второй группы, о которой говорится ниже) иногда называют **научными открытиями**, невольно подчеркивая их отличие от простого установления конкретного факта.

В дальнейшем мы будем рассматривать в первой группе только основное ядро – открытие новых явлений.

6. Вторая группа – **открытия, состоящие в установлении закономерностей**. В этом случае новые явления не открываются, открытие проявляется в объяснении уже известных явлений, сущность которых ранее была непонятна или не укладывалась в имеющиеся объяснения. *Примеры:* объяснение фотоэффекта Эйнштейном, объяснение эволюции растений и животных отбором в борьбе за существование.

7. Отнюдь не следует отождествлять первую группу с экспериментальными, а вторую – с теоретическими открытиями. Наоборот, в каждой группе есть открытия, сделанные экспериментально, и есть открытия, сделанные теоретически. Так, в первой группе: экспериментальное открытие радиоактивности и теоретическое открытие электромагнитных колебаний Максвеллом. Во второй группе: экспериментальное открытие закона Кулона и теоретическое открытие взаимосвязи между массой и инерцией.

8. Если уж давать упрощенную схему, то можно сказать так: открытие явления есть установление нового **КАЧЕСТВА** материи, открытие закономерности есть установление **КОЛИЧЕСТВЕННЫХ СООТНОШЕНИЙ**. Еще проще и грубее: в первом случае результат творчества – новая информация, во втором – новая формула.

9. Надо сразу оговорить, что между этими двумя группами нет глухой стены. При этом исторически «мощность стены» все время уменьшается. В настоящее время нередко в одной работе объединяются открытое явление и выдвигаемое тут же объяснение (иногда наоборот: гипотеза и следующие из нее гипотетические открытия (предсказания) новых явлений).

10. Однако весьма осязаемое различие сохранено и поныне. Раньше же оно, как указывалось, было еще более выраженным. Отсюда важнейшее следствие: существовали (и во многом еще сохранились) две группы ученых, два существенно отличающихся типа открывателей. Первый тип – ученые, открывшие новые явления. Второй – ученые, установившие новые закономерности.

11. Ученые второго типа намного выше (по уровню творчества) ученых первого типа. Открыть явление можно и случайно. Можно и не совсем случайно, но все-таки на дармовщину: стремясь открыть явление на пять копеек, открываешь нечто, стоящее сто рублей. Открытие же новых закономерностей требует – в подавляющем

большинстве случаев – целенаправленных усилий.

12. В этой связи интересно следующее наблюдение. Судьба ученых первого типа подобна молниеносной, но однократной вспышке новой звезды: звездочка двадцатой величины вдруг превращается в звезду первой величины... и вскоре вновь возвращается к прежнему виду. Оно и понятно: умение сделать открытие одного нового явления вовсе не означает умение сделать еще и другое открытие. Примеры: открытие Гальвани, открытие Майкельсона.

Напротив, ученые второго типа, как правило, одинаково плодотворно работают в разных (подчас весьма далеких) областях. Примеры: Эйнштейн (сначала фотоэффект, потом теория относительности), Фарадей (электромагнетизм и химия), Шмидт (высшая алгебра и космогония), Менделеев, Павлов (сначала физиология пищеварения, затем – изучение высшей нервной деятельности).

В. ИСХОДНОЕ ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИКИ

13. Наличие двух групп открытий означает, что при создании **СОВРЕМЕННОЙ** методики открывательства необходимо исходить из наличия **ДВУХ ГРУПП МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ**, весьма между собой отличающихся.

14. Цель первой группы методов состоит в том, чтобы привести к обнаружению нового явления. Отсюда объединение в эту группу специфических поисковых методов.

Цель второй группы – обнаружение новых закономерностей. Отсюда объединение различных комбинационных приемов, направленных на открытие новой комбинации (т.е. нового объяснения) уже известных явлений.

15. Задача элементарной методики открытий состоит в том, чтобы порознь изучить отдельные приемы в каждой группе методов. Иначе говоря; дать ряд конкретных и обоснованных рекомендаций для «делания» открытий.

Конечная задача методики – установить закономерности в историческом развитии методов открывательства и изучить механизм взаимопроникновения методов в разных областях науки. Здесь методика, в сущности, переходит в теорию развития науки. Точно так же элементарная методика изобретательства (если к ней добавить изучение исторического развития и взаимовлияния) переходит в теорию развития техники.

Г. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ОТКРЫТИЯ НОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

16. Простейший прием – исторически весьма важный – состоит (как не парадоксальна его простота) в том, чтобы обращать внимание на уже известные и отличающиеся странностью явления. Коротко – искать аномалии. На первый взгляд, никакой ученый не пройдет мимо странного явления. Но в течение XVI-XIX веков это случалось сплошь и рядом. В ряде отраслей науки такое положение в определенной степени сохранилось и в наши дни.

Пример. В конце XVIII века Кавендиш, исследуя воздух, обнаружил некую, ни с чем не соединяющуюся, часть. Этот факт был достаточно известен среди ученых, считался аномалией, но не привлекал внимания. Только столетие спустя Рамсэй,

продолжив это исследование, открыл аргон (и явление химической инертности вообще). Можно утверждать, что при концентрации внимания на найденной Кавендишем аномалии, удалось бы открыть инертные газы (и явление химической инертности) лет на 60-80 раньше.

17. Несколько более сложный прием – обращение внимания на белые пятна в пределах уже известных явлений. В этом случае тоже ищутся аномалии – в пределах уже исследованного диапазона температур, давлений, расстояний, скоростей и т.д. *Пример.* В 1772 году в Бонне вышла книга Тициуса «Созерцание природы», в которой обращалось внимание на правильное возрастание расстояний между планетами и Солнцем и на пробел между Марсом и Юпитером. Тогда другой ученый – Боде – заявил, что на месте пробела должна быть неизвестная планета. Она и была найдена одним из астрономов, откликнувшимся на призыв «поискать».

18. Следующий по сложности прием – обращение внимания на белые пятна за пределами известных явлений. *Пример.* Исследования Бриджмена в области ранее недоступных высоких давлений привели к открытию новых модификаций льда.

19. Далее по сложности – оценка известных явлений с новой точки зрения. *Пример.* Цитата-из статьи в «Литгазете» от 6 февраля 1960 года: «18 лет назад к профессору втуза М.Волскому (сопроматчику) обратился врач, работающий над диссертацией, с просьбой вычислить периметр трахеи, эллипсоидной в сечении». Сделав вычисления, Волский порекомендовал произвести и ряд других расчетов и вычислить потерю напора воздуха при его движении. Врач, достаточно поработавший в области физиологии дыхания, искренне признался, что с такой – постановкой вопроса ему никогда не приходилось встречаться. Тогда профессор Волский сделал расчеты сам и пришел к совершенно неожиданным выводам. Он доказал теоретически, что старая концепция дыхания противоречит законам физики. Тысячелетиями считалось, что в плевральной полости нет воздуха. На этом была построена вся теория. А выводы Волского свидетельствовали: в плевральной полости воздух есть. Вскоре это было подтверждено экспериментально.

20. Открытие новых явлений путем комбинирования старых. Иначе говоря: явление А само по себе известно, явление Б тоже известно, открытие же состоит в том, что обнаруживается явление В, состоящее во взаимосвязи А и Б. *Пример.* Периодичность солнечных пятен была давно известна, периодичность явлений в ионосфере – тоже; открытие состояло в том, что было найдено явление взаимосвязи между активностью солнечных пятен и функциями ионосферы.

Могут быть и более сложные варианты таких открытий: формула $A+B$ дает новое явление В, затем $B + \text{известное } \Gamma$ дает новое явление Д. *Пример.* Периодичность в солнечной активности известна, периодичность в слипании коллоидов – тоже. Сначала установили взаимосвязь между этими явлениями. Затем полученное новое явление связали с известным явлением, состоящим в том, что тело человека – коллоидальная система. В итоге было открыто явление взаимосвязи некоторых процессов в организме с периодичностью солнечных пятен.

21. Обратный прием: исследование явления А с целью установления, что оно есть совокупность двух ранее неизвестных явлений Б и В. *Пример.* Сначала было известно вообще радиоактивное излучение, затем – применяя магнитное поле – установили, что лучи радия – совокупность трех разных лучей. Так открыли явления альфа-, бета – и гамма-радиоактивности.

22. Другие схемы:

а) По аналогии. Есть группа явлений и, допустим, есть другая более или менее похожая на нее вторая группа явлений; тогда можно рассчитывать, что явлению А в первой группе соответствует еще не известное явление А¹ во второй группе;

б) Подвергать сомнению самоочевидные и общепризнанные явления. На каждом новом этапе развития техники эксперимента полезно проверять казалось бы достоверные явления;

в) Исключение неуниверсального явления. Допустим, явление А хорошо объясняет ряд факторов, но не объясняет какого-то одного факта. Тогда есть смысла попытаться отказаться от явления А или заменить его рядом частных явлений. При этом существование границ между частными явлениями – само по себе новое явление;

г) Отыскание среди явлений взаимопротиворечивых. Такая противоречивость далеко не всегда очевидна.

23. Вероятно, этот список можно пополнить. Задача состоит в том, чтобы дать четкую схему приемов. Возможно, некоторые из них являются частными случаями других, более общих приемов.

Д. ПРИЕМЫ ОТКРЫТИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

24. Тут могут быть два случая: либо закономерность устанавливается впервые (например, установление Кеплером законов движения планет), либо задача состоит в том, чтобы преодолеть трудности (объяснить противоречия, исключения), на которые натолкнулась предыдущая теория.

25. В первом случае (исторически с него начинается развитие всякой точной науки) простейший прием состоит в следующем: надо увеличить количество известных факторов до тех пор, пока закономерность не проявится сама собой. Это, кстати сказать, элементарный прием научного исследования и в наши дни.

26. Во втором случае характерный прием заключается в том, что вводятся гипотетические явления, снимающие затруднение. *Пример.* И до Менделеева существовали различные системы периодизации элементов. Однако все эти системы наталкивались на трудности, главная из которых состояла в том, что периодичность, очевидная в начале ряда элементов, затем нарушалась. Менделеев устранил эту трудность введением гипотетических элементов. Это была «натяжка», снявшая затруднения и позволившая впервые провести принцип периодичности на протяжении всего ряда элементов.

Грубо говоря, в данном случае для открытия необходимо поставить вопрос: «Какие неизвестные явления или факты надо принять за достоверные, чтобы снять затруднения теории?» – и ответить на этот вопрос.

Тут важно учесть психологический момент. Когда какая-то теория, долгое время служившая верой и правдой, вдруг начинает буксовать, подавляющее большинство ученых стремится объяснить еретические факты, не меняя теории. Великие ученые тем и велики, что выходят из-под гипнотизирующего действия теории и смело ее меняют, дополняют, не беспокоясь о том, что эти заплатки, на первый взгляд, кажутся произвольными, крайне маловероятными или необъяснимыми (например, конечная скорость света).

Нередко самое трудное – признать «дырявость» старой теории и необходимость

новых допущений. Если это осознано, сами допущения подчас найти весьма нетрудно.

27. Всякая теория смертна. Поэтому в период зрелости теории надо концентрировать усилия не только (а в период старости теории – и не столько) на приложении ее к объяснению новых групп явлений, но и на изучении слабых мест. Проще говоря: надо развивать теорию не там, где она сильна, а там, где ощущается ее слабость. Все преподавание в вузах, вся учеба в аспирантуре, подавляющее большинство кандидатских работ, вообще значительная часть научных работ строятся на приложении существующих теорий к отдельным проблемам (например, приложение квантово-механических принципов к проблемам химии). Итог таких работ – в лучшем случае – упрочнение фундамента теории. Надо же искать те случаи, когда теория как раз неприменима. Надо не расширять и укреплять фундаменты естественно-научных, гуманитарных и общественных теорий, а отыскивать трещины.

28. Темпы развития науки во многом определяются совокупностью различных факторов, на которые далеко не всегда можно воздействовать с целью форсажа. Однако можно обоснованно утверждать, что средние темпы развития науки могли бы быть заметно выше, если бы постоянно и планомерно велась работа по отысканию трещин в «благополучных» еще сегодня теориях.

Надо отметить, что в тех отраслях науки, которые развиваются сейчас особенно бурно, именно так и делают. Например, в ядерной физике вся история последних трех десятилетий – это история выискивания «но» и стремления ввести новые теоретические посылки, объясняющие эти «но». Разумеется, при этом одновременно идет и использование «устоявшихся» принципов для решения различных проблем, например, для объяснения механизма химических реакций. С другой стороны, в отраслях науки, развивающихся сравнительно медленно, налицо иное распределение сил: основные усилия направляются на приложение существующих теорий к объяснению новых групп явлений. Так обстоит дело в физиологии. После Павлова подавляющее большинство работ состояло в том, что сильные стороны павловской теории распространялись на объяснение новых явлений. А следовало бы энергично искать слабые места учения Павлова.

Несколько утрируя, можно сказать: изучайте не законы, а исключения из них – именно там и прячутся новые открытия.

29. Возвращаясь к методам поисков новых закономерностей, следует отметить такой характерный прием: перенесение методов и аппарата одной области в другую область. Пример – создание кибернетики. (Любопытно было бы перенести, например, «методы и аппарат» музыки в геологию или ядерную физику.)

30. Этот прием является частным случаем такого приема: распространение методов и аппарата (а также явлений и фактов) на более широкую область.

Сюда же примыкает и такой частный случай: провозглашение известного, но считающегося ограниченным явления в качестве универсального закона. Пример: притяжение – как более или менее частное явление – было широко известно до Ньютона. Но Ньютон провозгласил всемирность притяжения (это привело к выводу о том, что планеты притягиваются Солнцем). А тогда из ранее установленного третьего закона Кеплера прямо следует формула притяжения.

31. Реже применяется обратный прием: новая закономерность устанавливается путем ограничения считавшегося ранее универсальным принципа.

32. Еще один прием: возвращение к старым теориям на новой основе («алхимические» превращения элементов методами ядерной физики).

Е. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

33. Развитие техники дает науке все более точные методы и приборы для измерений. Многие открытия есть непосредственное и очевидное следствие из простого применения новых – более точных – методов измерения.

34. Все описанные выше приемы есть элементы научной работы. Нельзя отождествлять поиск открытия с исследованием. Исследование – совокупность поисков открытия, механического накопления фактов, уточнения измерений, учета новых – сделанных другими – открытий, установление взаимосвязи между всем перечисленным и философскими установками. Таким образом, исследование – понятие много более широкое, чем открытие.

1960г.

ПО СЛЕДАМ ВОЗБУЖДЕННОЙ МОЛЕКУЛЫ¹

Все началось с обычного транзистора, точнее контакта между алюминиевым выводом и полупроводником – кремнием. Было обнаружено, что нередко, даже при строгом соблюдении всех правил технологии, контакт или не возникал совсем, или имел большое сопротивление. А это значит брак. Вот и решено было исследовать влияние пленки окисла кремния на качество контакта алюминий – кремний.

Загадки на фотопластинке

Возникла идея воспользоваться эффектом, открытым еще в 1987 г. английским физиком Расселом. Суть его заключается в том, что если взять кусочек металла, особенно такого, который находится в ряду напряжений левее водорода, зачистить его, т.е. удалить с поверхности окисный слой, и положить на него в полной темноте, естественно, фотопластинку, то она через некоторое время зафиксирует какое-то излучение. При проявлении на ней обнаруживается потемневшее пятно, соответствующее контуру зачищенной поверхности. Аналогичный эксперимент с тем же кусочком металла, но покрытым естественной окисной пленкой, не дает результата. Фотопластинка не темнеет.

Заметим, между прочим, что благодаря этим исследованиям удалось подобрать такие режимы обработки поверхности кремния, которые исключили появление брака. Но заинтересовало другое. Что вызывает потемнение эмульсии фотопластинки, что эмитируется (испускается) с поверхности металла? Ведь до сих пор физические причины эффекта Рассела так и не познаны. Десятки исследователей изучали это явление. И каждый выдвигал собственную гипотезу. Одни считали, что на фотоэмульсию воздействуют пары металла, другие – ультрафиолетовое излучение, третьи – молекулы водорода, четвертые – перекись водорода и т.п.

При проверке этих гипотез было установлено однозначно: с поверхности предварительно очищенного от окисных пленок, но окисляющегося на воздухе металла, в частности и кремния, происходит эмиссия каких-то материальных частиц. Поток воздуха, пропущенный через зазор между металлом и фотопластинкой, изменял их траекторию, контур засветки менялся. Выяснилось также, что частицы не являются, как трактовали некоторые гипотезы, парами металла, молекулярным кислородом и, тем более, молекулами перекиси водорода. Все это доказывалось сравнительно легко.

Оставалось согласиться с гипотезой, утверждающей, что с Поверхности кремния эмитируется атомарный водород. Особо сложных доказательств для этого не требовалось – нужен был лишь индикатор. И его нашли. Это была желтая соль молибдена, которая под воздействием атомарного водорода должна синеть. Она-то и подтвердила: на фотоэмульсию воздействует атомарный водород.

¹ См.: Техника и наука. 1982. №2

Но вот что смущало. Он воздействовал на фотопластинку не только при плотном контакте, но и на сравнительно больших расстояниях, достигающих 10 мм. А ведь известно, что атомарный водород не может пройти в воздухе такие расстояния. Длина его свободного пробега ничтожна. Получалось так: **с точки зрения действия на эмульсию фотопластинки это атомарный водород, с точки зрения возможности прохождения большого расстояния в воздухе – не атомарный водород.**

Тогда предположили, что два атома водорода могут образовать не только обычную молекулу H_2 , но и, так сказать, возбужденную молекулу водорода – обозначим ее H_2^* . Она-то и могла пройти в воздухе большие расстояния, измеряемые миллиметрами. На своем пути часть возбужденных молекул будет постепенно превращаться в молекулы нейтральные, отдавая излишек энергии сталкивающимся с ними частицами, а другая часть, сохраняя возбужденное состояние, достигнет фотопластинки, где, распадаясь на атомарный водород, вызовет потемнение эмульсии, связанное с реакцией восстановления бромистого серебра. В свою очередь, частицы, «прихватившие» порцию энергии от возбужденных молекул, вскоре возвращаются в нормальное состояние, испускал квант света. Возникающее свечение, правда очень слабое, можно зарегистрировать.

Оказалось, что такое предположение не фантастический вымысел. Возбужденные молекулы в природе существуют. Их упоминает в своих трудах, в частности, известный химик Дж. Кэмпбелл (США). Но почему-то никогда о них не вспоминают, объясняя разнообразные процессы в электрохимии, химии, биологии.

Игры экзоэлектронов

Изобретенный в начале XX в. Гейгером прибор для регистрации ядерных излучений многие экспериментаторы начали изготавливать самостоятельно. И вот с чем они столкнулись. Новый, только что изготовленный счетчик Гейгера при включении, т.е. после подачи на него напряжения, начинал считать какие-то импульсы, хотя никакого внешнего излучения не было. По прошествии двух-трех суток он переставал «барахлить» и срабатывал как положено только при попадании в него ядерных частиц.

Немецкий физик Крамер решил выяснить причину «ложного счета». И вскоре высказал мысль, что в каждом вновь созданном приборе в процессе окисления поверхности его деталей происходит экзотермическая реакция, сопровождающаяся эмиссией электронов, названных им **экзоэлектронами**. Они-то и создают разряд в рабочем объеме счетчика – «ложный счет».

Эффект экзоэмиссии стал предметом исследований. Ведь гипотеза Крамера сулила возможность с помощью экзоэлектронов сравнительно легко изучать структуру поверхности металлов. Но оказалось, что все не так просто. Одна за другой появились гипотезы, по-разному объясняющие причину эмиссии этих экзоэлектронов.

- Хемосорбция, – утверждали одни.
- Ничего подобного, все дело в хемоэмиссии...
- Пустяки, здесь действует оже-механизм...

Однако какую бы гипотезу ни рассматривали, ни одна не могла объяснить, каким образом экзоэлектроны с энергией, не превышающей 8 эВ, прежде чем

попасть в счетчик и образовать в нем лавину, преодолевают такие барьеры, как слой окисла толщиной в несколько ангстрем, слой воздуха, достигающий толщины 2 мм. Словом, здесь опять обнаружилось противоречие: с одной стороны, экзоэлектроны, обладая малой энергией выхода, не могут вылетать из металла, с другой – они существуют, обнаруживаются. Короче, экзоэлектронов быть не должно, а они есть.

Пришлось допустить, что экзоэлектроны каким-то образом рождаются не в металле, не в окисной его пленке, а за его пределами – либо в воздушном промежутке, либо в объеме счетчика. Кто же их может породить? Очевидно, обыкновенные или возбужденные молекулы водорода (или же атомарный водород), эмитируемые с поверхности окисляющегося металла.

Но эти рассуждения снова «заклинило». Если источник экзоэлектронов – молекулярный или атомарный водород, часть этих частиц должна быть заряженной, то есть нести избыток отрицательных зарядов – электронов. Новое противоречие: частицы, эмитирующие с поверхности окисляемого металла, должны быть нейтральными (не заряженными), чтобы преодолеть барьер – работу выхода. И одновременно они должны быть заряженными, нести отрицательный заряд, чтобы образовались экзоэлектроны.

Чтобы разобраться в этом, нужно вернуться к исходной гипотезе об эмиссии водорода. Что он выделяется в процессе окисления металла, вроде бы не вызывает сомнения. Представим теперь, что существует молекула с «лишним» электроном – H_2^- . При диссоциации на атомы H^- и H один из них под воздействием квантов света, поступающего извне, может отдать этот «лишний» электрон, превращаясь в обычный атомарный водород, как и его собрат. А «лишний» и является экзоэлектроном.

Казалось, цепочка рассуждений и преодоление ряда противоречий вывели к цели – происхождение экзоэлектронов объяснено. Но уже на финише – новое препятствие. При рассмотрении эффекта Рассела, да и во время экспериментов с фотопластинкой, удаленной от металла, было предположено, что в процессе окисления эмитируются наряду с обыкновенными и возбужденные молекулы водорода. Теперь, отталкиваясь от эксперимента со счетчиком Гейгера, можно предположить существование не просто возбужденной молекулы, **а возбужденной отрицательно заряженной молекулы H_2^{*-}** . Именно такая молекула может быть «виновницей» и потемнения фотопластинки, и появления экзоэлектронов.

Итак, взяв за основу тот факт, что при окислении металла на воздухе с его поверхности эмитирует водород, мы пришли к выводу о существовании нескольких видов его молекул: **обыкновенных (H_2), возбужденных (H_2^*), отрицательно заряженных (H_2^-) и возбужденных отрицательно заряженных (H_2^{*-})**. Их концентрация и количественное, соотношение, по-видимому, непостоянны и могут меняться в зависимости от интенсивности процесса окисления и других факторов. Если согласиться с наличием таких «модификаций» молекул водорода, причина потемнения фотопластинки, удаленной от поверхности окисляющегося металла, явление «ложного счета» в счетчике Гейгера объясняются достаточно просто.

Противоречия истины

Гипотеза о существовании различных «модификаций» молекул водорода позволяет представить себе механизмы некоторых явлений, которым пока еще не даны логичные объяснения.

Например, только наличием возбужденных отрицательно заряженных молекул водорода можно попытаться объяснить причину явления, именуемого «перенапряжение водорода на катоде». Суть его заключается в том, что водород выделяется на катоде при напряжениях, гораздо больших, чем это должно быть на основании теоретических расчетов. Если согласиться с существованием H_2^{*-} , то для ее эмиссии с катода требуется дополнительная энергия, т.е. перенапряжение.

Кстати, журнал не раз упоминал о так называемых митогенетических лучах, лучах Гурвича («ТиН», 1978, № 3; 1979, № 2; 1981, № 3. – *Ред.*), – слабом ультрафиолетовом излучении, исходящем от живых клеток и стимулирующем жизненные процессы. Природа лучей Гурвича до сих пор не изучена. А ведь происхождение такого излучения хорошо объясняется наличием возбужденных молекул водорода, которые, как мы уже говорили, возбуждают и другие частицы, а те, освобождаясь от избытка энергии, излучают свет.

Вероятно, все теперь знакомы с эффектом Кирлиан – фиксированием на фотопластинке свечения биологических объектов в поле токов высокой частоты. Красочные «картинки», как полагают, получаются в результате эмиссии электронов. Но это не доказано. И не исключено, что и здесь действует эффект Рассела, во много раз усиленный разрядом.

Существование возбужденных молекул водорода может дать объяснение и некоторым явлениям в биологии, процессам, протекающим при фотосинтезе, цитопатическому эффекту, обнаруженному В.Казначеевым и зафиксированному как открытие.

Если проанализировать ход наших рассуждений, приведших к гипотезе об эмиссии с поверхности окисляющегося металла (или полупроводника) наряду с атомарным и молекулярным водородом также возбужденных нейтральных, возбужденных и невозбужденных отрицательно заряженных молекул, можно увидеть определенную закономерность. Это рассуждение базируется на трех этапах исследования.

Первый. Сначала формулируется противоречие, возникающее между результатами эксперимента и нашими представлениями о сути процесса. На основе противоречия выдвигается гипотеза, объясняющая экспериментальные данные.

Второй. Проводится эксперимент для подтверждения выдвинутой гипотезы. **Если его результаты, как это часто бывает, не подтверждают гипотезу, формулируется новое противоречие на основе первого и второго экспериментов.** Разрешать его нужно так, чтобы теперь уже новая гипотеза подтвердила результаты обоих экспериментов.

Третий. Окончательный эксперимент, подтверждающий новую гипотезу.

Назовем этот метод «методом трех экспериментов». С его помощью были найдены решения еще нескольких задач. Полагаем, что такой метод может быть полезен инженерам и исследователям при рассмотрении многих процессов и явлений.

ДАЕШЬ РАДИОКОНТАКТ!²

Во все времена своего существования человечество было равнодушно к открытию новых островов, материков, к контактам с другими народами, цивилизациями. Наш век поставил на повестку дня контакт особого рода – контакт с внеземными цивилизациями, которые, возможно, существуют в беспредельных просторах космоса.

Двадцать пять лет назад впервые в истории земные радиотелескопы были повернуты в сторону звезд тау Кита и эпсилон Эридана с целью поиска сигналов от братьев по разуму... Тогда сигналы обнаружить не удалось, но, может, именно эти эксперименты подтолкнули В. Высоцкого к созданию песни: «В далеком созвездии тау Кита все стало для нас непонятно...» Действительно, после первых же неудачных экспериментов по проблеме поиска внеземных цивилизаций многое стало «для нас непонятно». Но начнем по порядку.

В клубе проблем, связанных с поиском цивилизации космоса, выделяется проблема критериев искусственности космических сигналов. Как оказалось, отличить природные космические шумы от возможных искусственных сигналов не так-то просто, как думалось ранее.

Г.Гаусс предлагал вырубить в Сибири участок тайги в виде треугольника и засеять его пшеницей. Квадраты возле каждой из сторон должны были демонстрировать знание землянами теоремы Пифагора, что, по мнению ученого, достаточно для признания нашей разумности.

Австрийский астроном И.Литтров советовал демонстрировать разумность, выкопав в Сахаре канаву по окружности, которую предполагалось залить керосином и поджигать по ночам.

Проблема космического контакта волновала и великого К.Циолковского. В статье «Может ли когда-нибудь Земля заявить жителям других планет о существовании на ней разумных существ», опубликованной в ноябре 1896 года, он предлагал воспользоваться азбукой Морзе, а передачу осуществлять маневрированием ярко-белыми щитами, хорошо отражающими солнечный свет.

Многие авторы предлагали использовать числовые критерии искусственности: передавать серии целых чисел, числовые комбинации и т.п. Но все эти проекты были чисто умозрительными, без надежды на реальный эксперимент.

Ситуация резко изменилась в XX веке. В сентябре 1959 года американские физики Д.Коккени и Ф.Моррисон опубликовали статью, в которой показали, что чувствительность земных телескопов уже достаточна для приема 'разумных сигналов, а принимать их надо на волне межзвездного водорода (облака межзвездного водорода излучают на волне длиной 21 сантиметр). Водорода в космосе много, поэтому волна в 21 сантиметр будет известна астрономам всех цивилизаций, к тому же вблизи этой волны помехи слабы – к этому сводилась основная аргументация авторов.

Статья оказалась последней каплей. Тут же хлынула лавина идей, публикаций,

² Петрович Н.П., Цуриков В.М. Путь к изобретению. - М.: Молодая гвардия. 1986.

теорий, проектов. Оказалось, что молодой астроном из США Ф.Дрейк еще до статьи Д.Коккони и Ф.Моррисона подготовил проект поиска сигналов внеземных цивилизаций, который он назвал «проектом Озма» – в честь принцессы воображаемой страны Оз, «страны весьма далекой, трудно достижимой и населенной экзотическими существами».

8 апреля 1960 года 25-метровая антенна радиотелескопа обсерватории Грин Бэнк была направлена на звезду тау Кита. Поиск иных космических цивилизаций начался! Чуть позже в подобные исследования включилась группа советских ученых под руководством членов-корреспондентов АН СССР В.Троицкого и Н.Кардашева.

Перед началом экспериментов всегда вставал вопрос: какие сигналы можно будет считать искусственными? К первой Всесоюзной конференции по поиску сигналов из космоса, проведенной в 1964 году в Бюракане (Армения), выделились следующие критерии. Узкополосность спектра сигнала, даже монохроматичность, что должно говорить в пользу гипотезы об искусственном происхождении – ведь в природе не было обнаружено узкополосных сигналов (критерий В.Троицкого). Второй критерий: строго периодическая последовательность импульсов – таких сигналов тоже не было замечено в космосе. Кроме этого, по мнению Н.Кардашева, критериями искусственности могли служить переменность излучения во времени, точечность источника сигнала, характер спектра излучения, обратного спектру космических шумов.

Итак, три основных критерия искусственности: узкополосность, периодичность импульсов, характер спектра излучения. К сожалению, не проходит и пяти лет, как в космосе обнаруживаются вполне природные объекты, обладающие всеми перечисленными признаками.

Квazarы – загадочные объекты с гигантской мощностью излучения, расположенные на самой окраине Вселенной, имеют спектр, похожий по форме на спектр предполагавшихся искусственных объектов. Теперь квазары считают ядрами рождающихся галактик.

В космосе открыли мазеры, которыми являются, в частности, облака воды, излучающие в узкой полосе спектра. Открытие мазеров поколебало критерий узкополосности.

...В последнюю ночь дежурства на радиотелескопе Кембриджского университета перед уходом на каникулы аспирантка Жаклин Белл обнаружила серию непонятных импульсов, повторяющихся строго через определенное время. Ж.Белл срочно сообщила данные наблюдений своему научному руководителю профессору Э.Хьюишу. Таких сигналов не обнаруживал никто! После изучения полученных результатов было решено никому об этом не сообщать, ибо самой правдоподобной гипотезой была идея искусственного происхождения сигналов. Источник излучения назвали LGM, что кодирует три английских слова, означающих «маленькие зеленые человечки». Но через некоторое время было открыто еще несколько подобных объектов, и стало ясно, что зеленые человечки здесь ни при чем. Более того, оказывается, что такие объекты уже предсказывались теоретиками: это нейтронные

звезды диаметром примерно несколько километров, которые, быстро вращаясь, в отдельных случаях могут генерировать импульсы в радиодиапазоне. Так были открыты пульсары, за что Э.Хьюиш позже получил Нобелевскую премию.

Таким образом, оказалось, что все предложенные астрономами критерии искусственности не выдержали испытания временем. Природа оказалась богаче явлениями, чем думалось.

В 1977 году у одного из авторов книги «Путь к изобретению», возникла идея проанализировать проблему космических позывных с позиций АРИЗа.

В чем состоит главная функция сигналов, которые, возможно, космические цивилизации посылают в надежде, что они будут приняты кем-то другим?

Ясно, что в том, чтобы привлечь внимание к сигналу. Только в нашей Галактике – Млечном Пути – 200 миллиардов звезд, а всего в видимой части Вселенной примерно 100 миллиардов таких галактик! Как писал М.Ломоносов: «Открылась бездна, звезд полна. Звездам числа нет, бездне – дна». Значит, первая проблема состоит в том, чтобы из этого невообразимого количества объектов выделиться.

Анализ по АРИЗу сразу же вывел на недостатки прежних идей. Их авторы ориентировались на сигналы, которых не было в природе, но через короткое время такие сигналы были обнаружены. Да, человек умеет с помощью радиопередатчиков генерировать импульсные, строго периодические сигналы, однако это никак не означает, что этого не умеет делать неживая природа. Тому доказательство – открытие пульсаров. Нужен какой-то другой подход.

Идея появилась при поиске формулы ИКР³. Идеальным для привлечения внимания других разумных цивилизаций будет не просто не существующий в природе сигнал, а такой, который не может в ней существовать в принципе!

Представляете, какое внимание привлекло бы явление, свидетельствующее, скажем, о нарушении закона сохранения энергии.

Итак, идеальный способ выделиться среди природных космических объектов состоит в создании такого искусственного явления, которое в природе при данных физических условиях принципиально существовать не может.

Но как создать такое явление? Любая цивилизация в своей астро-инженерной деятельности опирается на законы физики и создает технику, в которой эти законы выполняются, то есть любое искусственное сооружение и явление основано на законах природы и противоречить ей никак не может. Поэтому даже самое странное явление может быть физиками объяснено с естественных позиций. Так мы вышли на физическое противоречие: чтобы нести сильный критерий искусственности, сигнал космической цивилизаций должен противоречить законам природы, а чтобы такой сигнал создать, он должен подчиняться законам природы. Антиприродный сигнал, выходящий за рамки законов природы, в космосе просто не может существовать... Но для того АРИЗ и создан, чтобы разрешать противоречия.

Противоречие типа «природный – антиприродный» разрешается, если взять не один сигнал, а пару. Каждый из пары сигналов в природе вполне возможен, а вместе они существовать не могут в принципе.

Первый вариант реализации такой пары появился в январе 1978 года. Представьте себе, что от точечного космического объекта наблюдается излучение со спектром, характерным для водорода, но сдвинутым в красную сторону по частоте. Любой студент физфака скажет вам, что сдвиг такого типа – проявление эффекта

³ ИКР - идеальный конечный результат.

Доплера, а сам излучающий объект движется в сторону от наблюдателя. Да и во многих фантастических романах красочно описывается, как меняется цвет звезд при ускорении звездолета. Но что подумает физик, если от того же объекта будет замечено излучение с таким же спектром, но сдвинутым по частоте в фиолетовую сторону? Имея такой факт, надо принимать гипотезу, что объект движется к наблюдателю, но мы уже приняли решение, что он движется от наблюдателя!

Конечно же, такой объект сразу привлечет к себе внимание астрономов и теоретиков-астрофизиков, чем и будет выполнена первая функция позывных – привлечь внимание. А сделать это нетрудно, достаточно возле объекта (звезды, облака) разместить передатчик, который копирует излучение объекта, но смещает его в противоположную сторону спектра – и готово: можно привлекать внимание других цивилизаций и озадачивать ученых.

Эта идея была опубликована в начале 1978 года, а через несколько месяцев начались ее приключения.

Американский ученый Б.Маргон обнаруживает, что объект SS-433 созвездия Орла имеет именно такой спектр с красно-фиолетовым смещением! Результаты Б.Маргона оказались сенсацией. По всем специальным и научно-популярным журналам пошли гулять модели, объясняющие странности спектра SS-433. Проводились специальные семинары, посвященные проблеме объекта.

Странный объект SS-433 расположен на расстоянии 10 тысяч световых лет от Солнца. Скажем прямо, далековато, чтобы думать хотя бы в XXI веке о посылке к нему зонда для детального изучения. А пока физики придумывают модели, объясняющие, каким образом может генерироваться такое излучение.

Популярна модель двойной звезды, одна из которых нейтронная. Взаимодействие двух звезд и вызывает появление двух струй плазмы, которые вытекают со скоростью 80 тысяч километров в секунду и дают смещение линий излучения как в красную, так и фиолетовую части спектра. Источник имеет и еще несколько странностей, но для нас важно то, что всеобщее внимание к нему привлек именно факт наличия одновременно красного и фиолетового смещений.

Мы считали такое явление признаком искусственности, астрофизики пытаются объяснить объект, исходя из естественных причин. Кто окажется прав – покажет время. Но заметим, что искусственные сооружения внеземных цивилизаций могут ничем не отличаться от естественных, как, скажем, не отличается выкопанное экскаваторами озеро от озера естественного. Поэтому не будем спешить с выводами. Лучшее, что можно извлечь из этой истории, – это доказательство того, что методами ТРИЗ можно не только решать инженерные задачи, но и выдвигать научные гипотезы, и даже предсказывать существование самых невероятных объектов.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА РАСТЕНИЙ⁴

Истории этой, может, и не было бы, не займись я изучением интеллектуально-информационной деятельности людей в науке и технике и построением модели этой деятельности. Из модели непосредственно вытекал один из выводов – возможность использования методик технического творчества для научного поиска в биологии. С этими методиками я был знаком, увлекался ботаникой. Поэтому возникла мысль рискнуть проверить этот вывод.

С чего начать? После многочисленных бесплодных попыток удалось обнаружить «соломинку», за которую можно было зацепиться. Конечно, с позиций строгой логики она была весьма уязвима и тем не менее оказалась удачной. Ею стала некая «асимметричность» наших знаний о поступлении различных видов энергии в растение.

В самом деле, световая и тепловая энергии используются растением для нужд роста и развития, а энергия ветра – для распространения семян и пыльцы при размножении. Но не известно, чтобы энергия ветра использовалась для роста и развития растений. А может, где-нибудь в растительном мире энергия ветра используется для этих нужд? За неимением лучшей версии решил искать эту гипотетическую «ветроэнергетику растений».

Среди каких растений ее искать? Ведь их сотни тысяч. Ясно, что сперва надо было сузить область поиска. Это удалось только после анализа растительных форм и введения допущения о «дополнительности» ветроэнергетики растений. Из трав, кустарников и деревьев у последних больше вероятности встретить ветроэнергетику – на большей высоте ветер сильнее.

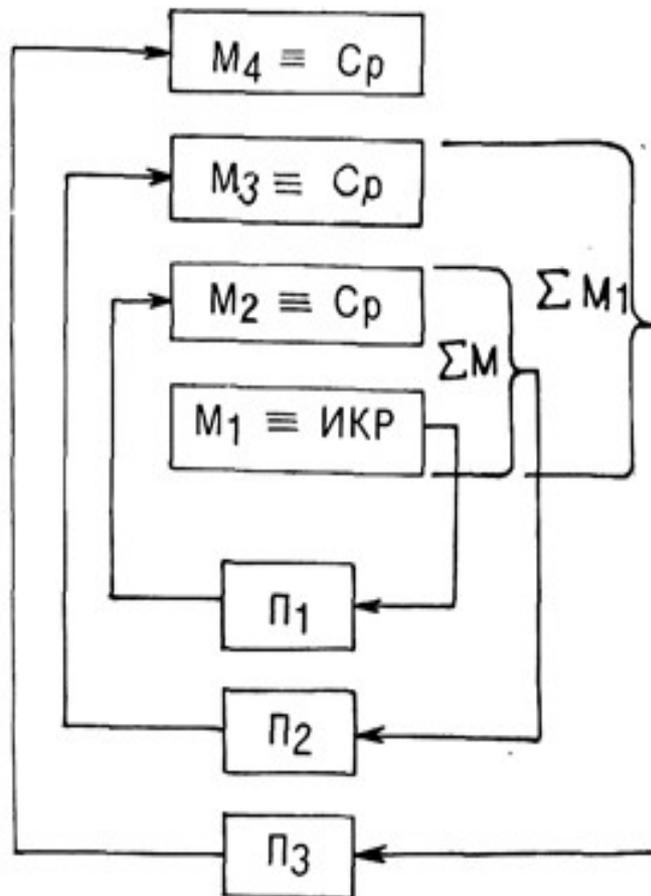
С другой стороны, если ветроэнергетика существует, то она является дополнительной к световой. Во всяком случае, ботаники изучают и объясняют все процессы биоэнергетики без учета ветроэнергетики растений. Но если последняя все-таки существует, то растения, умеющие улавливать и использовать энергию ветра, должны обладать какими-то преимуществами и в силу этого иметь большее распространение.

Для Среднего Урала наиболее распространенными являются: сосна, береза, ель, осина, тополь. Действительно, они имеют преимущество – быстрый рост. А ель отличается теневыносливостью.

Для решения задачи было решено использовать отечественную методику – алгоритм изобретательских задач (АРИЗ). Тогда АРИЗ (так же, как и сейчас) представлял собой программу с четкими шагами. Однако в чистом виде эту пошаговую программу использовать не представлялось возможным – слишком разные решались при этом задачи.

В самом общем виде суть методики заключается в постановку задачи, получении идеального конечного результата (ИКР), определении мешающих его достижению противоречий, которые устраняют теми или иными приемами.

⁴ Грани творчества. - Свердловск. Средне-Уральское книжное издательство.



В первом случае, изображенном на рисунке, существующие морфологические признаки растения (М) принимаются в качестве идеального конечного результата на данном этапе эволюционного развития и ведется поиск проблем и противоречий, которые пришлось преодолеть на этом пути (П). При этом ведется выявление структурно функциональных признаков, необходимых растению в качестве средств (Ср) для преодоления указанных проблем и противоречий. При обнаружении таких или эквивалентных признаков у растений они в совокупности с уже известными опять берутся в качестве ИКР на данном этапе эволюционного развития, вновь ведется поиск проблем противоречий и т.д.

Новыми знаниями у этого метода последовательных приближения являются морфологические признаки как средства для преодолены тех или иных проблем и противоречий.

Второй метод близок к АРИЗу. Используется он после выдвижения гипотезы и включает в себя соответствующие операции (рис.23). Ставится задача: представляется ИКР, затем строится структурная модель и выявляются ее функциональные особенности. Далее сравнивается эта структурная модель с присущими ей функциональными особенностями с объектом, на основе чего формулируются ограничения или соответствия.

Это как раз и будут новые знания, естественно, гипотетические, Они становятся достоверными после опытной проверки.

Что же удалось узнать нового, используя эти две методические формы среди рассматриваемых групп деревьев?

Первая разновидность ветроэнергетики растений включает ель. Каждая хвоинка ели представляет собой генератор механических колебаний. Для

выполнения этой функции хвоинка имеет жесткую структуру, гладкую поверхность и ромбовидное поперечное сечение, имеющее у ребра, прилегающего к меньшей диагонали ромба, один или два уступа. При обтекании ветром хвоинки на уступах поочередно срываются вихрем, образуя вихревую дорожку Кармана. Импульсы деления вихрей, воздействуя на хвоинку, раскачивают ее. Уловленная таким образом энергия ветра передается жесткой хвоинкой в основание – прилистную подушечку для преобразования и использования.



Надо сказать, что человек еще не придумал механический генератор колебаний, работающий от потока газа или жидкости, столь свершенный, как хвоинка ели. Единственный подобный генератор колебаний – свисток – при работе разбивает острием – гибкой пластинки поток на вихри, направленные от пластинки. Поэтому, в отличие от хвоинки ели, он рассеивает энергию; свисток более сложен и работает в узком диапазоне скоростей потока жидкости или газа.

Любопытно, что каждый побег ели представляет собой элементарную колебательную систему. У ели в связи с этим существует противоречие между настроенностью колебательной системы и «ненастроенными» молодыми хвоинками. Ель ведь все-таки растущий организм. Оказывается, что у нее имеется по крайней мере два приспособления для снятия этого противоречия.

У одних видов ели молодые хвоинки собраны в пучки, являющиеся продолжением побега и не нарушающие его настроенность. Лишь по достижении молодой хвоинкой определенного размера она изгибается и становится в общий строй.

У других видов елей, у которых под одним и тем же углом к побегу растут как старые, так и молодые хвоинки, последние имеют плоскую, обтекаемую без образования вихрей форму поперечного сечения. И только у хвоинок, достигших определенного возраста, появляются ребра, создающие уступы, на которых могут образовываться вихри.

Вторую разновидность ветроэнергетики растений представлю сосна. Она улавливает энергию ветра также с помощью хвои, выступающей в виде своеобразного ветряного силового камертона. Хвоя сосны обыкновенной представляет собой спаренные в пучки иглы плоско-выпуклого сечения. Оно характерно для профилей, обладающих подъемной силой. Кроме того, этим профилям присуща неустойчивость подъемной силы. Первые самолеты, имевшие

крылья такого профиля, часто падали, пока Н.Е.Жуковский не предложил устойчивый асимметричный профиль крыла. Но эта неустойчивость подъемной силы создает устойчивость колебания хвоинок, чему способствует их изогнутость и винтообразная закрученность. И действительно, хвоя сосны колеблется даже при слабом ветре.

Третью разновидность ветроэнергетики растений представляют близкие родственники – осина и тополь, у которых лист с черешком играют роль одновременно ветродвигателя и водяного насоса. Пластина листа под воздействием ветра совершает крутильное колебательное движение, которое скручивает черешок, представляющий собой изменяемый объем водяного насоса, работающего на скручивание. Гипотеза проверена и подтверждена на опытной установке, включающей транспиrometer и вентилятор.

Всякий насос помимо изменяемого объема включает также два однонаправленных клапана. В этих же опытах на листьях тополя бальзамического было установлено, что однонаправленные клапаны с стороны побега располагаются за разделительным слоем в тканях побега. По этой причине опавшие осенние листья не могут перекачивать жидкость.

К четвертой разновидности отнесена береза. У нее лист с черешком представляет собой одновременно ветродвигатель и насос. Существенно отличается форма поперечного сечения черешка: она в виде желоба, в котором сосуды собраны в пучок, имеющий форму полумесяца; в пучке они расположены веером и имеют эллипсообразную форму. Все это способствует при скручивании черешка пережатии сосудов, работающих как насос. (Интересно отметить аналогию с устройством нашего второго «распределенного» сердца в виде расположенной в конечностях сети вен, имеющих такую же эллипсообразную форму поперечного сечения и однонаправленные клапаны.)

Наличие ветродвигателя и насоса у березы подтверждено в опытах на той же установке годом позже.

Результаты научного поиска и опытов позволили сформулировать ряд признаков ветроэнергетики растений. К ним относятся различные аэродинамические формы частей растений, их относительная жесткость, оптимальные соотношения размеров, виды движений и т.п. С помощью этих признаков можно определить, у каких еще растений есть ветроэнергетика. Так, к примеру, ветроэнергетика наверняка есть у деревьев – дуба, пихты, различных видов ив; у трав – представителей семейств осоковых, ситниковых, злаковых, лилейных.

Любопытно, что среди растений тропиков и субтропиков, представленных в Московском и Ленинградском ботанических садах, не нашлось ни одного с признаками ветроэнергетики. Может быть, ветроэнергетика – это привилегия растений умеренного пояса?

По мере выявления признаков ветроэнергетики растений на первый план выступали вопросы: для чего она растениям и как последними используется. В первую очередь это относилось к хвойным. В частности, нет ли связи колебаний хвоинок ели от ветра с ее теневыносливостью. Это может быть лишь в случае образования в результате какого-либо ветросинтеза органических веществ –

энергетического капитала растений.

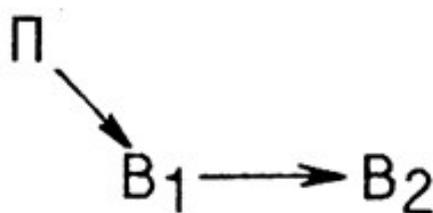
Но может быть, что-либо подобное известно? Да, известно! Только объяснения при этом не всегда убедительны. Так, у ели интенсивность фотосинтеза на единицу веса хвои в пять раз меньше, чем у березы, а прирост на единицу площади леса одинаков. Или опушечный эффект, при котором три ряда деревьев начиная от опушки растут быстрее, чем внутри массива леса. Этот эффект хорошо объясняется наличием ветросинтеза, но неубедителен с точки зрения водоснабжения деревьев – на больших полянах водоснабжение как на опушке, а эффекта нет.

Изучение побегов ели под микроскопом показало, что отходящий от хвоинки в ее основании сосуд сильно расширен и буквально нашпигован хлорофиллом. В химической технологии расширение трубопроводов обычно связано с наличием реакционного аппарата. А хлорофилл мог быть каким-то образом связан с газообменом. Нужна была опытная проверка.

Такой опыт удалось провести в июне 1976 года в Институте экологии растений и животных, в лаборатории доктора биологических наук Л.Н.Добринского. Был проверен газообмен у побегов ели, сосны, а заодно и тополя в потоке воздуха. Опыт показал, что непосредственно с газообменом ветросинтез не связан.

Нужно было провести поиск ветросинтеза на какой-либо методической основе. К этому времени появились первые разработки вепольного анализа – одного из разделов теории решения изобретательских задач. Уже в то время он показал себя действенным инструментом анализа структур технических систем. Этим инструментом и решено было воспользоваться.

Основное положение вепанализа гласило, что минимальной работоспособной системой является та, которая состоит из двух объектов (веществ) и поля, носителя энергии:



В нашем случае известно только Π – энергия ветра.

Синтез органических веществ связан с перестройкой электронной оболочки. Так, фотосинтез в молекуле хлорофилла связан с движением электронов. Известен опыт по пропусканию через экстракт хлорофилла с углекислым газом электрического тока, во время хлорофилл, то должна быть и электростанция. Электростанция в растении? Да это же все равно что кафтан на блохе! Однако вскоре мне попала на глаза книга о пьезоэлектрических свойствах древесины. Древесина, а точнее, молекулы целлюлозы – вот та самая «электростанция».

Но в каком месте все это происходит? Естественно, там, где больше сжатие, то есть на поверхности стебля растения. Впрочем, к стволам деревьев это не относится – там на поверхности мертвая кора и хлорофилла нет. У деревьев этот процесс происходит на ветвях в слое камбия – там есть и хлорофилл, и целлюлоза, и кора эластичная, не мешающая сжатию внутренних слоев. (Вместо абстрактного

«ветросинтеза» обозначим этот процесс «пресинтезом растений», от латинского *presso* – жму, давлю.)

Вот тебе и целлюлоза! Выходит, она была не только опорой при выходе древних растений из водной среды на сушу, но и двигателем при завоевании ими последней. Да и хлорофилл хорош – спрятался под кору ветвей от света, и никому в голову не приходит, для чего он это сделал. Впрочем, на стеблях трав он весь на свету.

В последнее время начали появляться косвенные подтверждения пресинтеза растений.

Грузинские изобретатели заметили, что вибрация ветки дерева способствует обеззараживанию растения и стимулирует рост⁵.

Только пресинтезом можно развеять недоумение специалистов перед загадочным механизмом усвоения энергии растением, минуя фотосинтез⁶.

Наконец, интенсификацию роста растения под влиянием ветра обнаружили и в Армении⁷.

Ну что ж, осталась самая малость для того, чтобы поставить точку над детективной историей – провести целенаправленный эксперимент по подтверждению пресинтеза растений.

Впрочем, точку ли?

Скорей всего, это будет ключ, открывающий новые направления: селекция новых сортов зерновых культур, новые формы лесопосадок и т.п. Создание, используя новые патенты природы, технической ветроэнергетики на качественно новом микроуровне. Наконец, обогащение биологии новыми диалектическими методами научного поиска – идеями, заложенными в ТРИЗе.

⁵ Изобретатель и рационализатор. 1978, № 1. С. 29.

⁶ См.: Чирков Ю. Тайна зеленого листа. - Известия. 1982. 25 марта.

⁷ Изобретатель и рационализатор 1982, № 3. С. 25.

Б.Л.Злотин.А.В.Зусман
ЧАСТЬ II. Поиск новых идей в науке

Введение

«...Эти идеи выжили, и теперь можно считать, что они находятся в соответствии с разумом. Они выжили за счет предрассудков, страстей, самонадеянностей, ошибок, тупого упрямства – короче, за счет тех элементов, которые характеризуют контекст открытия и **противостоят диктату разума, а также благодаря тому, что эти иррациональные элементы получили свободу действия. Иначе говоря, коперниканство и другие «рациональные» концепции сегодня существуют только потому, что в их прошлом развитии разум на некоторое время был отстранен...** Целесообразно дать возможность склонностям идти против разума при **любых обстоятельствах**, ибо для науки это может казаться полезным».

Эта странная цитата из книги «Избранные труды по методологии науки» крупного западного науковеда Пола Фейерабенда⁸, опубликованной в нашей стране в 1986 году с очень доброжелательной вступительной статьей заслуженного деятеля наук, доктора философских наук, профессора И.С.Нарского. Концепция, которую создал и с блеском отстаивает Фейерабенд, называется «эпистемологический анархизм» (эпистемология – наука о познании). Он восстает против любых попыток создания методологии научного поиска и утверждает, что любое методологическое принуждение ученого – всегда зло. Вот еще несколько цитат (все выделения сделаны Фейерабендом).

«Мой же тезис состоит в том, что анархизм помогает достигнуть прогресса в любом смысле. Даже та наука, которая опирается на закон и порядок, будет успешно развиваться только в том случае, если в ней будут хотя бы иногда происходить анархистские движения»⁹.

«...Наука является гораздо более «расплывчатой» и «иррациональной», чем ее методологические изображения... Различие между наукой и методологией, являющееся очевидным фактом истории, указывает на слабость последней, а также, быть может, на слабость «законов разума». То, что в сравнении с такими законами представляется как «расплывчатость», «хаотичность» или «оппортунизм», игра но очень важную роль в разработке тех самых теорий, которые сегодня считаются существенными частями нашего познания природы. **Эти «отклонения» и «ошибки» являются предпосылками прогресса...** Без «хаоса» нет познания. Без частого отказа разума нет прогресса. Идеи, образующие ныне подлинный базис науки, существуют только потому, что живут еще предрассудки, самонадеянность, страсть – именно они **противостоят разуму и по мере возможности проявляются.** Отсюда мы должны заключить, что **даже в науке разум не может и не должен быть всевластным и должен подчас оттесняться или устраниваться в пользу других побуждений»¹⁰.**

⁸ Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. - М.: Прогресс. 1986. С. 297, 298.

⁹ Там же. с. 158.

¹⁰ Там же. С. 321,322.

«Истина, наука и прочие стеснительные узколобые установления играют важную роль в нашей культуре и находятся в центре внимания многих философов (большинство философов является оппортунистами)»¹¹.

«Изобретение теорий зависит от наших способностей и других счастливых обстоятельств, таких, например, как удовлетворительная сексуальная жизнь»¹².

«В конце концов именно Разум включает в себя такие абстрактные чудовища как Обязанность, Долг, Мораль, Истина и их более конкретных предшественников, богов, которые использовались для запугивания человека и ограничения его свободного и счастливого развития. Так будь же он проклят!»¹³

Если отвлечься от острых высказываний автора, сознательно шокирующего научную общественность, то со многими из его утверждений можно согласиться: он борется с ограничениями в мышлении, доказывает необыкновенную продуктивность «диких» идей, призывает исключать критику в определенные моменты научного поиска и т.п. Есть в этих призывах нечто знакомое для методологов изобретательства – элементы мозгового штурма, на который некогда возлагались огромные надежды, оправдавшиеся лишь в небольшой степени. Но правила мозгового штурма много четче, обоснованнее и инструментальнее, хотя методика мозгового штурма была создана в начале сороковых годов, а основной науковедческий труд Фейерабенда «Против методологического принуждения» опубликован в 1975 году.

Чем вызвано более чем 30-летнее отставание науки при худшем методологическом обосновании и инструментальности? Как это ни кажется парадоксальным, сегодня методологическая оснащенность науки (несмотря на обилие философов и науковедов) ниже, чем техники. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что техника как основная производительная сила давно вступила в стадию «массового производства», на которой появление новых идей и решений тоже должно быть достаточно массовым и планомерным, минимально зависящим от отдельных индивидов. Потребность в быстром и эффективном создании нового породила конкуренцию в этой области, включила экономические и социальные рычаги, направленные на ускорение развития. А наука, несмотря на сложное и дорогое оборудование, на создание целой «научной индустрии» и наличие соревнования между отдельными учеными за приоритет, до сих пор находится на стадии «индивидуального», «ремесленного» производства, полностью ориентированного на индивидуальность ученого, как будто бы вовсе не нуждающегося в методах активизации научного поиска.

В технике сегодня, истратив время и средства на разработку неудачной конструкции, нельзя оправдать потери, заявив, что «отрицательный результат – тоже результат». А в науке это вполне нормально.

Выводы о слабости методологии науки по сравнению с техникой сделаны не только на базе работ П.Фейерабенда, но и многих других советских и зарубежных науковедов, ученых. Из них очевидно, что практически никто не видит конкретных путей к созданию эффективной методологии поиска нового в науке, рассчитывают только на талант, гениальность, да еще новые сложные приборы, установки,

¹¹ Фейерабенд П. Указ, произведение. С. 316.

¹² Там же, с. 315.

¹³ Там же, с. 322.

которые тоже создаются благодаря озарениям талантливых инженеров. Фактически до сих пор в науке безраздельно властвует метод проб и ошибок (перебор вариантов) и кроме работ Фейерабенда не предпринимаются попытки как-то его усовершенствовать, не говоря уже о создании более эффективного метода поиска новых идей.

В технике иное положение. С сороковых годов появились десятки методов, повышающих эффективность перебора вариантов: мозговой штурм, метод фокальных объектов, синектика, морфологический анализ, метод Мэтчета и многие другие¹⁴.

С конца сороковых годов началась разработка теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), основной которой является признание того, что объективно существуют познаваемые законы развития технических систем, на базе которых возможно строить методики целенаправленного поиска нового, устраняющие необходимость множества бесплодных проб [1-14].

ТРИЗ сегодня достаточно эффективно работает в технике. Постепенно, по мере совершенствования ее аппарата, возникла идея распространения идеологии и аппарата ТРИЗ и на другие области человеческой деятельности, в том числе и на науку.

В шестидесятые годы выявление приемов решения «открывательских» задач начал Г.С.Альтшуллер (его статья открывает 1-ю часть книги). Под его руководством были начаты первые исследования законов развития в науке А.Фильковским, И.М.Кондраковым, В.А.Ефимовым и другими.

В начале семидесятых годов после проведения первых общесоюзных семинаров по ТРИЗ и создания общественной лаборатории методики изобретательства (ОЛМИ) при ЦС ВОИР началось распространение ТРИЗ в стране. Большое количество специалистов стали применять ТРИЗ для решения своих практических задач, среди которых случайно попадались не только технические, но и научные, направленные на поиск новых явлений или объяснение причин явлений. Наиболее характерными примерами такого рода являются работы по решению научных задач и проблем В.В.Митрофанова, Г.Г.Головченко, В.М.Цурикова, которые приводятся в книге. Опыт этих и других специалистов по ТРИЗ по решению исследовательских задач был обобщен Б.Л.Злотиним и А.В.Зусман, в результате был сформулирован подход к решению исследовательских задач, получивший название «обращение исследовательской задачи» [17].

В книге собраны работы по использованию методологии и аппарата ТРИЗ для решения исследовательских задач, прогноза аварий и других нежелательных явлений, построения новых научных концепций, изучения и совершенствования научных коллективов.

Некоторые материалы частично были изложены в книгах [9-11; 15].

В ходе проведения исследований, результаты которых отражены в этой книге, авторам очень помогли плодотворные обсуждения, советы, критика, предоставленные задачи и примеры многих специалистов по ТРИЗ, в первую очередь Г.С.Альтшуллера и В.В.Митрофанова. Авторы чрезвычайно благодарны им, а также специалистам кишиневской школы Л.А.Каплану, З.Е.Ройзену,

¹⁴ Джонс Дж. К. Методы проектирования. 2-е изд., доп./ Пер. с англ. - М.: Мир. 1986.

В.Н.Просьянику, В.М.Шапиро, А.М.Иойшеру, а также Л.Х.Певзнеру (г.Свердловск), В.С.Ладошкину, В.Г.Сибирякову, Г.А.Зайниеву (г.Новосибирск), С.С.Литвину, В.М.Герасимову, Э.С.Злотиной, В.М.Петрову, И.Л.Викентьеву (г. Ленинград), и многим другим, в том числе слушателям семинаров, помогавшим проверять на практике методические приемы и выводы.

Авторы надеются, что эти материалы будут полезны преподавателям ТРИЗ, включающим в свои курсы разделы по решению исследовательских задач, тем, кто использует ТРИЗ на практике, а также ученым, исследователям, желающим с помощью ТРИЗ повысить свою научную продуктивность.

Авторы обращают внимание читателей на то, что эта книга рассчитана на специалистов, прошедших первичную подготовку по ТРИЗ объемом не менее 90 учебных часов, либо изучивших ТРИЗ самостоятельно по книгам и учебным пособиям, изданным в 1985-1990 гг., поэтому в тексте не разъясняются общепринятые в ТРИЗ термины. Тем не менее, при необходимости за разъяснениями можно обратиться к литературе, ссылки на которую приведены в тексте.

Авторы будут благодарны коллегам, использующим этот материал в преподавательской или практической работе, ведущим аналогичные исследования, а также всем читателям за замечания или предложения, которые можно прислать по адресу: 277060, Кишинев-60, а.я. 3468, Злотину Б.Л.

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ СИСТЕМ

Приведем ряд понятий, необходимых для введения термина «**научная система**»¹⁵:

Идея (греч. idea), форма отражения в мысли явлений объективной реальности... Идеи обобщают опыты предшествующего развития знания и служат в качестве принципов объяснения явлений.

Гипотеза (греч. hypothesis – основание, предположение), предположительное суждение о закономерной (причинной) связи явлений; форма развития науки.

Теория (от греч. theoria – рассмотрение, исследование), система основных идей в той или иной отрасли знания; форма научного знания, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях действительности. Критерий истинности и основа развития теории – практика.

Концепция (от лат. conceptio – понимание, система), определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений, основная точка зрения, руководящая идея для их освещения; ведущий замысел, конструктивный принцип различных видов деятельности.

Доктрина (лат. doctrina), учение, научная или философская теория, система, руководящий теоретический или политический принцип.

Учение – ... совокупность теоретических положений о какой-либо области явлений действительности. Система воззрений какого-либо ученого или мыслителя.

Парадигма – (от греч. paradeigma – пример, образец), 1) строго научная теория, воплощенная в системе понятий, выражающих существенные черты действительности. 2) Исходная концептуальная схема, модель постановки проблем и их решения, методов исследования господствующих, в течение определенного исторического периода в научном сообществе.

В дальнейшем будем называть перечисленные выше понятия, связанные с формами существования и развития науки, научными системами.

С позиций ТРИЗ построение эффективных методик поиска новых решений и идей в любой области возможно только при условии существования в данной области объективных законов развития. Идея их существования в отдельных науках, таких, как биология, геология, палеонтология, космология, укрепилась еще в конце прошлого – начале нынешнего веков. Она пробивала себе путь в нелегкой борьбе с религиозным мировоззрением того времени, но ее победе способствовали многочисленные факты, предоставляемые палеонтологией и другими естественными науками. Идея закономерности развития технических систем и сегодня еще вынуждена бороться за признание, так как участие человека в развитии техники создает ложное впечатление, что все зависит от индивидуальных

¹⁵ Для разъяснения значения понятий использован „Советский энциклопедический словарь" - М.: Советская энциклопедия. 1989.

способностей, воли, догадок, озарений. Тем не менее, благодаря созданию ТРИЗ, идея закономерного развития в технике получила достаточное обоснование.

Основной постулат ТРИЗ гласит: технические системы развиваются по объективно существующим законам, эти законы познаваемы, они могут быть выявлены и целенаправленно использоваться для развития техники, решения изобретательских задач. Одним из примеров, подтверждающих закономерность развития техники, является независимое (иногда и одновременное) появление аналогичных изобретений, сделанных разными изобретателями в разных странах (радио, телефон и т.п.). Подобные примеры можно привести и в науке: закон Бойля-Мариотта, закон Ломоносова-Лавуазье, законы наследственности Г. Менделя, забытые и впоследствии переоткрытые независимо друг от друга и практически одновременно Г. де Фризом, К. Корренсом и Э. Чермаком.

Таким образом, в науке тоже может быть сформулирован постулат о закономерности развития, аналогичный постулату ТРИЗ: **научные системы развиваются по объективно существующим законам. Эти законы познаваемы, они могут быть выявлены и целенаправленно использоваться для развития этих систем, решения творческих задач в науке.** Идея закономерности развития науки в целом сегодня встречает все большее понимание среди ученых, однако о характере самих законов единого мнения пока нет ни у советских, ни у зарубежных ученых.

Форсированию работ в этом направлении мешает характерная на нынешнем этапе раздробленность, разобщенность разных наук, их отраслей. Изучение закономерностей развития науки ведется, как правило, достаточно узкими специалистами на материале конкретных знаний, без соотнесения полученных результатов с достижениями в других, даже соседних, областях. В то же время имеются основания предполагать, что законы развития в разных отраслях знаний имеют много общего.

Одним из первых эту идею выдвинул и обосновал А.А. Богданов в своем труде «Тектология. Всеобщая организационная наука» [20]. В этой несправедливо забытой и лишь недавно переизданной в СССР книге приведен ряд законов, названных автором «организационными», которые справедливы для развития систем самой различной природы: технических, биологических, социальных, в том числе и научных. В шестидесятые годы большую роль в развитии науковедения сыграла работа Т. Куна «Структура научных революций»¹⁶, показавшая, что в развитии науки есть определенные, систематически повторяющиеся моменты и ситуации, свидетельствующие о том, что развитие подчиняется некоторым закономерностям. Однако о самих этих закономерностях сказано мало. Существование общенаучных законов развития, имеющих «ранг» ниже, чем законы диалектики, но выше, чем конкретные эволюционные законы в отдельных областях, обосновывают и

¹⁶ См.: Кун Т. Структура научных революций. - М.: Прогресс. 1975.

советские философы А.Д.Урсул и Т.А.Урсул¹⁷.

Идея закономерности развития, победившая в биологии, завоевывающая признание в технике, в случае с научными системами сталкивается с дополнительными трудностями. Они связаны с тем, что системы биологические, технические, несомненно, материальны. А научные? Можно ли говорить об их развитии?

Уравнения теории упругости позволяют рассчитать поведение детали в заданных условиях нагружения, не производя ее реальных испытаний. Это означает, что мы заменили испытания реальной детали испытанием ее расчетной модели (в данном случае роль модели выполнили математические уравнения). Если посмотреть в целом, то вся теория упругости является моделью реальных процессов, происходящих при воздействии механических сил на определенные объекты. Можно утверждать, что любая научная система есть своего рода сложная, высокоуниверсальная модель, адекватно отражающая свойства реальности в той или иной области, в определенном приближении. Таким образом, можно говорить о развитии научных систем как о развитии **моделей** (точнее – **объяснительных моделей**), более или менее полно отражающих реальные системы.

Развитие модели заключается в ее последовательной перестройке, позволяющей ей все лучше выполнять объяснительную функцию, то есть все более полно, адекватно отражать свойства моделируемой системы. Это достигается путем создания новых, творческих решений, идей, аналогично тому, как происходит появление изобретений. А.Эйнштейн, не только великий ученый, но и профессиональный патентный эксперт, опытный изобретатель, писал: «Для создания теории простого набора экспериментальных фактов недостаточно – всегда требуется вдобавок свободное изобретение человеческого разума, атакующее само существо проблемы». Конечно, в этом контексте следует понимать слово «изобретение» шире, чем это принято в патентном праве. Скорее оно ближе по смыслу к понятию, данному в Толковом словаре русского языка Д.Н.Ушакова: «Изобрести – выдумать, создать в процессе творческой работы новое, неизвестное прежде. Изобрести машину. Изобрести способ передачи мыслей на расстояние. Придумать, измыслить... Дети изобрели новые шалости».

Построение и развитие объяснительных моделей начинается со сбора и анализа разрозненных фактов, позволяющих сделать определенные обобщения и выявить эмпирические (опытные) закономерности, далее переходят к поиску скрытых механизмов, реализующих (обуславливающих) данные закономерности. Можно утверждать, что если существует какая-то реальная, объективная, подтвержденная фактами закономерность, то обязательно существуют какие-то реальные механизмы, обеспечивающие проявление этой закономерности. А если такие механизмы реально

¹⁷ См.: Урсул А.Д., Урсул Т.А. Эволюция, космос, человек. - Кишинев: Штиинца. 1986.

существуют, то они должны быть познаваемы, могут быть выявлены и целенаправленно использованы. То есть могут быть построены некоторые объяснительные механизмы, отражающие с той или иной степенью достоверности реальные механизмы.

Представим себе, что мы изучаем некоторую неизвестную нам электрическую схему – «черный ящик». Мы подаем сигналы на ее входы и определяем, как изменяются токи и напряжения на выходах, то есть выявляем некоторые закономерности функционирования, опираясь на которые, с помощью известных в электротехнике методов пытаемся определить, что же за схема скрыта в «ящике». Мы строим некоторую предполагаемую схему и проверяем – совпадают ли ее реакции на различные воздействия с реакциями «черного ящика». Чем больше совпадений, тем вероятнее, что мы построили правильную схему. Хотя всегда остается возможность того, что при изменении каких-то условий (например температуры, гравитации, давления и т.п.) схемы поведут себя по-разному. Таковы же отношения между «закономерностями», «механизмами закономерностей» (реальной схемой «чёрного ящика») и «объяснительным механизмом» (синтезированной нами схемой).

В современной научной литературе нет четкого разделения понятий «закономерность», «механизм проявления закономерности», «объяснительный механизм». В рамках данной работы будем для удобства изложения использовать следующие понятия:

Закономерность – наличие какой-то установленной связи между различными фактами (корреляции либо причинно-следственной связи).

Механизм закономерности – реально функционирующая структура, обеспечивающая наличие закономерности.

Механизм объяснительный – воображаемая структура, позволяющая с достаточной степенью достоверности объяснить наличие закономерности. Хорошее совпадение – результатов, предсказываемых объяснительным механизмом, с реальными позволяет предполагать, что данный объяснительный механизм является адекватной моделью реального механизма проявления закономерностей. Таким образом, объяснительные механизмы наряду с приведенными выше общепринятыми понятиями (идея, гипотеза и т.п.) могут быть отнесены к научным системам. А научная работа во многом сводится к **изобретению, конструированию, подбору, испытаниям, совершенствованию, углублению объяснительных механизмов.**

После того, как объяснительный механизм построен, он часто помогает выявить новые закономерности, факты, ранее остававшиеся незамеченными. Например, давно была замечена закономерность: в эпохи общественного застоя увеличивается степень «оволосения» мужчин – входят в моду окладистые бороды, усы. В своей книге «Вчерашний мир. Воспоминания европейца» С.Цвейг объясняет это тем, что в стабильном, не развивающемся, не меняющемся обществе все важные посты занимают пожилые люди (явление геронтократии – власти стариков). Молодым не доверяют, молодым

быть непрестижно, они стараются выглядеть постарше, солиднее – отсюда отпусkanie бород, большой спрос на средства для отращивания волос. Таким образом закономерности «оволосения» соответствует свой объяснительный механизм: стремление к моделированию «старческого облика», вызванное геронтократией в застойном обществе. А из этого механизма вытекает еще ряд выводов, новых закономерностей: повышение брачного возраста мужчин и возрастной асимметрии вступающих пар, приводящее к определенным генетическим сдвигам в обществе, изменение характера воспитания детей и т.п.

Следует отметить, что связь закономерности с объяснительным механизмом может быть и не однозначной. С одной стороны, как это отмечено выше, один механизм может отвечать за проявление разных закономерностей, с другой стороны, некоторая закономерность может создаваться действием нескольких дополняющих друг друга механизмов. Например, геронтократия может быть и не единственной причиной «оволосения».

Знание закономерностей, даже чисто статистическое, коррелятивное, позволяет получить большие практические результаты. Однако только понимание механизмов обеспечивает целенаправленное и безошибочное применение закономерностей. Зная о связи бородатости и застоя, легко прийти к выводу, что для преодоления застоя нужно всех побрить. Что, кстати, и пытался проделать Пётр I. Однако, надо полагать, что одно брадобритие, без других «мероприятий» царя-реформатора, вряд ли могло бы вытащить Россию из спячки!

Конечно, уровень знаний ограничивает возможности построения объяснительных механизмов. Так, до сих пор не объяснены такие основополагающие закономерности, как принцип неопределенности В.Гейзенберга, принцип постоянства скорости света в пустоте и многие другие. Можно надеяться, что соответствующие объяснительные механизмы будут когда-нибудь найдены по мере углубления наших знаний.

Естественно предположить, что должны существовать некоторые общие правила конструирования, принципы, которым отвечает любой объяснительный механизм, например, принципиальная возможность его проверки, требование внутренней логичности (непротиворечивости), соответствия всей системы уже установленным фактам, а не только произвольно выбранным. Впрочем, в последнем случае нередки исключения: бывает, что механизм соответствует ограниченному набору фактов, но это должно быть отмечено, объяснено, что позволяет определить границы применимости этого механизма. То есть объяснительный механизм, как и любая модель, имеет ограниченную достоверность, справедлив для определенных условий с определенной степенью точности. Так, идеальный цикл Карно – объяснительный механизм, позволивший объяснить закономерности работы паровой машины; механизм естественного отбора – объяснил большинство фактов, эмпирически выявленных закономерностей развития видов. Однако подобные механизмы справедливы лишь в

определенных пределах. Например, последующие исследования в биологии показали, что естественный отбор в дарвиновском понимании не в состоянии сегодня объяснить все факты, относящиеся к эволюции видов.

Изучение различных областей науки показывает, что существует сходство, а часто и общность механизмов построения, функционирования и развития различных систем. В биологии это положение было сравнительно недавно сформулировано академиком А.М.Уголевым и названо «принципом универсальности». В своей работе «Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций» А.М.Уголев пишет: «Основные закономерности строения и функционирования биологических систем всеобщы. Это означает, что биологический механизм, свойственный одному виду организмов или даже одному типу клеток одного вида организмов, будет широко распространен или даже универсален (т.е. может быть обнаружен у ряда других видов организмов или окажется всеобщим). Принцип имеет существенное гносеологическое значение, так как заставляет даже частную закономерность рассматривать как потенциально всеобщую и искать границы ее применения». Г.С.Альтшуллер в приведенной выше работе относит принцип универсальности к общим принципам развития науки. Его проявлением является, например, использование одинаковых математических методов в разных областях. Выявление, изучение механизмов, подобных принципу универсальности, их перенос из области в область представляет, безусловно, одну из интереснейших и грандиознейших задач науковедения.

Универсальность реальных механизмов развития предполагает универсальность и объяснительных механизмов. Их перенос позволяет, с одной стороны, переносить в новую область известные закономерности, математический аппарат, с другой – выявив новый механизм, попытаться перенести, распространить его действие на другие научные системы, что неоднократно приводило к серьезным кучным результатам. Так, пытаясь справиться с «ультрафиолетовой катастрофой» М.Планк предложил идею квантования испускаемой атомом энергии. Спустя 5 лет для объяснения закономерностей скрытого А.Г.Столетовым фотоэффекта, а именно характера зависимости тока фотоэффекта от частоты света, А.Эйнштейн воспользовался моделью Планка и предположил, что не только впускание, но и поглощение света осуществляется квантами. Н.Бор еще через 8 лет продолжил применение идеи квантования, создав квантовую модель атома. Интересно отметить, что практически повременно шло развитие квантового подхода в другой, достаточно далекой от физики области науки – в биологии – в виде генетики, в основу которой положено понятие гена квантованной единицы передачи наследственных свойств.

Принцип универсальности справедлив для самых разных объяснительных механизмов, в том числе создания, функционирования развития систем. В данной работе мы ограничимся в основном механизмами развития.

Сформулирован ряд основных требований, которым должны отвечать

законы развития технических систем в ТРИЗ [10, с. 22]. По аналогии подобные требования могут быть сформулированы и для законов (механизмов) развития научных систем:

1. Законы развития научных систем должны отражать действительное развитие науки и, следовательно, выявляться и подтверждаться на достаточно больших и достоверных информационных фондах, на базе исследований истории развития научных систем.

2. Законы должны отражать именно развитие, то есть учитывать только факты (новые гипотезы, теории и т.п.), действительно направленные на развитие – коренное изменение научных систем построение новых.

3. Законы развития научных систем должны быть согласованы друг с другом, позволять построить непротиворечивую систему. Правда, допустимы временные противоречия между выводами из разных законов (это означает, что не все закономерности еще известны, что должны быть еще какие-то закономерности, регулирующие взаимоотношения между известными законами).

4. Законы развития научных систем должны не просто **констатировать** то или иное положение вещей, но и быть **инструментальными**, то есть помогать целенаправленно строить новые научные системы, находить решения конкретных проблем, прогнозировать развитие, строить инструментарий поиска нового и т.п.

5. Законы должны быть **проверяемыми**, то есть позволять практическую проверку на материале истории науки и других информационных фондов.

6. Выявленные законы и закономерности должны иметь «открытый вид», то есть допускать дальнейшее развитие и совершенствование, углубление по сути, развитие инструментария и т.д.

Выявление закономерностей развития научных систем возможно двумя путями:

1. Анализ большого количества конкретных научных систем, исследование этапов их развития, факторов общности и различия, формулирование закономерностей развития на основании статистической обработки полученного материала, их проверка.

2. Перенос закономерностей, известных в других областях развития, на научные системы на базе принципа универсальности. При этом следует иметь в виду, что такой перенос должен производиться не механически, а в результате серьезной работы по сопоставлению двух областей, выявлению факторов общности и различия, проверке действенности переносимых закономерностей в новой области, их корректировке с учетом новых условий и т.п.

Наиболее «удобными» для такого переноса сегодня представляются законы развития, выявленные в технике и сведенные в систему у законов развития технических систем (ЗРТС). Это связано со следующими причинами:

а) техника создана человеком, в ней, как правило, нет непонятных, запутанных (как, например, в биологии) фактов и явлений, она легче поддается анализу и обобщениям;

б) только в технике имеется уникальное явление – патентный фонд, облегчающий работу по анализу и поиску закономерностей;

в) развитие в технике в меньшей степени зависит от случайностей, воли отдельных личностей, чем, например, в искусстве, истории;

г) законы развития в технике уже прошли первую ступень обобщения – от закономерностей развития в отдельных отраслях техники к более общим, характерным для всей техники в целом.

Рассмотрим ряд закономерностей развития научных систем по аналогии с закономерностями развития технических систем, изложенными в [10].

Этапы развития научных систем

Многие процессы развития, происходящие в природе, в биологических, общественных, технических других системах, описываются внешне похожими кривыми, получившими название S – образных. Такие кривые строятся в системе координат, где по вертикальной оси откладывается величина одной из основных характеристик системы (например, численность популяции, скорость самолета, объем памяти для ЭВМ и т.д.), а по горизонтальной – «возраст» данной системы в соответствующем масштабе [10, с. 24]. Все они имеют три четко выраженных участка: период медленного начального роста (этап 1), перегиб и быстрый лавинообразный рост (этап 2), второй перегиб и резкое замедление роста, стабилизация, а иногда и падение (этап 3).

Все три этапа характерны и для развития научных систем. Научная теория проходит этап «детства», когда она развивается вне поля зрения широкой научной общественности трудами отдельных ученых, порой не знающих друг о друге, без поддержки и финансирования, что объясняет медленный и неуверенный характер развития. Затем наступает следующий этап, когда новой теорией начинают интересоваться большое количество опытных профессионалов, быстро совершаются основные открытия, строится мощная теоретическая база, наступает период широкого признания. И наконец наступает период «старости», когда основные возможности новой теории исчерпаны, новые открытия невозможны без выхода за рамки данной теории, накапливается психологическая инерция, стереотипы, теория стремительно усложняется, становится труднодоступной.

Подобный процесс развития очень подробно описан Т.Куном. В основу анализа он положил понятие **парадигмы** – системы взглядов определенного научного сообщества и выделил три этапа развития: становление новой парадигмы;

период «нормальной науки» – ее спокойного эволюционного развития,

включающего сопоставление теории и экспериментальных фактов, выявление и объяснение новых фактов, соответствующее уточнение теории и т.п.;

период кризиса данной парадигмы, создающего предпосылки для смены парадигмы – новой научной революции.

Основным механизмом, обеспечивающим бурное развитие той или иной системы, является положительная обратная связь, вызывающая при отсутствии сильного сопротивления цепную реакцию роста. Такой рост характерен для так называемых автокаталитических химических реакций, в которых продукт реакции служит ее катализатором (ускорителем реакции). По мере наработки продукции она ускоряется, пока не примет лавинообразный характер. Математически такая реакция описывается восходящей ветвью экспоненты в системе координат, где по вертикали откладывается общее количество полученного продукта, а по горизонтали – время. Однако, рано или поздно, ресурсы исходных веществ исчерпываются, реакция замедляется. После перегиба на кривой замедление идет по ветви другой экспоненты, в которой количество полученного продукта асимптотически приближается к некоторому пределу. Оба вышеописанных процесса в совокупности дают характерную S-образную кривую развития.

В развитии научной системы такой стимулирующей положительной обратной связью является «объяснительная сила», «объяснительный потенциал» новой гипотезы, теории. В начале малоизвестная, но обладающая таким потенциалом научная система со временем привлекает все большее внимание научного сообщества, в работу вовлекается все большее количество специалистов, растет финансирование – все это резко увеличивает скорость получения результатов. Роль исчерпаемых в процессе развития ресурсов играет ограниченность данного объяснительного механизма, что приводит к положению, когда для получения нового (чем дальше, тем все более скромного) результата требуются всевозрастающие затраты.

Существует и другой механизм остановки развития. В некоторых химических реакциях продукт служит катализатором, пока его сравнительно немного, а в большом количестве становится ингибитором (замедлителем). Тогда скорость реакции, нарастающая на первых порах, со временем начинает замедляться, хотя ресурсы еще не исчерпаны, и в зависимости от конкретных условий может либо стабилизироваться, либо в системе могут возникнуть автоколебательные явления. В природе подобные явления получили название гомеостаза (сохранение существующего состояния) и известны для самых разных систем. Механизм гомеостаза – действие отрицательной обратной связи на изменения. В процессе развития научной системы на определенных этапах, как будет показано ниже, такую роль замедлителя развития начинает играть коллектив ученых, исследователей (в особенности его «верхушка»), заинтересованный в сохранении сложившегося положения: распределении сил, должностей, влияния, почестей и т.д.

Вытеснение человека из научной системы

В процессе развития технической системы происходит поэтапное вытеснение из нее человека, то есть техника постепенно берет на себя функции, ранее выполнявшиеся человеком [10, с. 33]. При этом происходит упрощение, деинтеллектуализация функций, в результате чего последние могут выполняться машиной.

В научной деятельности человека можно выделить два типа операций: операции творческие, связанные с поиском новых идей, выполнение которых опирается на интуицию и не алгоритмизировано, и операции алгоритмизированные, рутинные, которые в принципе может выполнять машина, например разного рода расчеты. Между этими крайними точками лежит диапазон более или менее творческих работ, требующих для своего выполнения соответствующей интеллектуальной подготовки. В процессе развития науки, как и в технике прослеживается тенденция к снижению степени интеллектуальности тех или иных работ, к переводу творческих операций в рутинные. Так, вполне творческая операция решения квадратных уравнений после вывода формул Виета перешла в разряд рутинных. Другой пример: до сегодняшнего времени основным методом решения дифференциальных уравнений в частных производных является метод разделения переменных, развитый Ш.Фурье в начале XIX века. Для получения результата этим методом необходимо записать решения в виде соответствующих математических рядов и подобрать коэффициенты, исходя из заданных начальных и/или краевых условий. Каждый раз эта работа требует интеллектуального поиска, творческого участия человека. В сороковых годах нашего века советский ученый Г.А.Гринберг¹⁸ предложил свой метод решения такого рода уравнений, позволяющий находить необходимые коэффициенты вполне рутинным способом, не требующим творческого труда, благодаря чему решение в принципе можно передать ЭВМ. Таким образом, под вытеснением человека из научной системы можно понимать переход от интуитивных действий человека к соответствующим алгоритмам с последующей передачей его функций машинам.

Сегодня можно выделить 5 основных стадий такого вытеснения:

1. Поиск ведется методом проб и ошибок, все возможные пробы производятся в реальности, причем неудачные пробы не запоминаются и поэтому систематически повторяются. (Аналогия: лежит куча ключей, человек, пытаясь открыть сейф, берет их по одному. Неподошедшие ключи кидает назад в кучу, поэтому одни и те же ключи могут попадаться по нескольку раз.)

2. Поиск ведется методом проб и ошибок, но неудачные пробы

¹⁸ См.: Гринберг Г.А. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений. - Л.: Наука. 1949.

запоминаются и не повторяются. (Неподошедшие ключи откладываются в сторону.)

3. Поиск ведется методом проб и ошибок, но пробы совершаются в уме – на моделях, с помощью расчетов и т.п. (Человек заранее откладывает ключи совсем другой формы и неподходящих размеров.)

4. Поиск ведется перебором вариантов в уме с использованием интуитивно ощущаемых закономерностей. (Человек интуитивно представляет себе ключ, который бы подошел, и ищет именно такой.)

5. Поиск путем сознательного использования закономерностей. (Все сейфы и ключи пронумерованы, известно, какой ключ для какого сейфа. Достаточно зайти на склад и получить нужный ключ.)

Такой путь поэтапного перехода от реальных проб к модельным, а затем к использованию закономерностей представляет собой **вытеснение метода проб и ошибок** и фактически является основным путем развития современной науки. Так, первые суда совершенствовались реальными пробами, потом перешли к построению моделей, в дальнейшем знание закономерностей гидродинамики позволило многое основывать на расчетах.

Следует, однако, отметить, что (как и в изобретательстве) этот процесс отнюдь не лишает человека возможности творчества. Наоборот, исключая творчество в одной области, он позволяет выйти на более высокий творческий уровень. Более того, именно этот процесс обеспечивает возможность расширения поля приложения творческого труда. Так, пока требовалось творчество при делении чисел (так было до введения арабских цифр вместо римских), нечего и думать было о решении уравнений. Пока не была устранена необходимость творчества при решении квадратных Уравнений, нельзя было заняться дифференциальными уравнениями. Парадоксально, но факт: чем активнее идет вытеснение человека из творческого процесса, тем больше у него возможностей участия в творчестве.

Противоречия в развитии научных систем

В процессе развития любых, в том числе и научных систем, происходит постепенное накопление противоречий. В приложении к научным системам противоречие – это ситуация, когда обоснованные, достоверные, доказанные положения теории, экспериментальные факты, выводы и т.п. противоречат другим, не менее обоснованным и достоверным. Появление противоречий приводит к кризису системы, но для научной системы в большинстве случаев этот кризис оказывается не смертельным: удается найти возможности его устранения в рамках имеющейся модели, нередко просто устранив ошибки, найдя достоверные объяснения «неудобных» фактов, взаимосвязь между казавшимися несовместимыми выводами. Но бывают кризисы серьезные, неустраняемые в рамках прежней парадигмы, требующие для своего преодоления коренного изменения существующей научной

системы, разрешения противоречий в соответствии с законами диалектики. В результате преодоления кризисов такого рода возникают новые научные системы достаточно крупного масштаба. Рассмотрим ряд примеров.

С точки зрения классической механики атом, состоящий из тяжелой положительно заряженной частицы и легких отрицательно заряженных электронов, может находиться в равновесии при условии, что электроны обращаются вокруг тяжелой частицы – ядра. Однако классическая электродинамика утверждает, что в таком случае электроны, двигаясь с ускорением, будут непрерывно излучать электромагнитные волны, тем самым теряя энергию, следовательно, постепенно приближаясь к ядру. Отсюда следует, что такой атом будет крайне не устойчивым, а спектр его излучения – непрерывным.

Вместе с тем, из опыта следовало, что атом вполне устойчив, а спектр его излучения является не непрерывным, а дискретным (состоящим из отдельных спектральных линий). Таким образом, классическая теория пришла в противоречие с опытом. Это противоречие было разрешено создателем квантовой механики Н.Бором, который постулировал наличие в атоме стационарных орбит (квантовых уровней), находясь на которых атом не излучает (излучение, происходит лишь при переходе с одного уровня на другой).

Другая трудность состояла в невозможности примирить теорию теплоемкости металлов с теорией металлической электропроводности, хотя обе эти теории в одинаковой мере опирались на классическую статистику и каждая – из них в отдельности давала вполне удовлетворительные результаты. Так, признавалось несомненным, что электропроводность металлов объясняется наличием свободных электронов, способных перемещаться по всему объему металла (электронный газ). Для того, чтобы наиболее точно определить электропроводность, необходимо было принять, что, например, в одновалентном металле свободных электронов столько же, сколько положительно заряженных ионов, составляющих остов кристаллической решетки металла. Но в таком случае по закону равномерного распределения энергии, вполне оправдывавшегося при обычных температурах, свободные электроны должны были при нагревании металла брать на себя значительную долю подводимой энергии и тем самым сильно повышать теплоемкость металла. В результате этого теория теплоемкости вступала в конфликт с опытом. Чтобы этого не допустить, нужно было игнорировать существование свободных электронов в металле, что полностью отрицало бы теорию электропроводности.

Противоречие было разрешено благодаря идее, высказанной В.Паули, который предположил, что любое из квантовых состояний может быть занято не более чем одним электроном. Исходя из этого принципа Э.Ферми и П.Дирак создали новую квантовую статистику Ферми – Дирака, которая рассеяла все трудности, связанные с наличием свободных электронов в металле. Было установлено, что теплоемкость электронного газа в сотню раз меньше того, что давала классическая теория и поэтому его наличие в

металле не меняет сколько-нибудь существенно его теплоемкость. Статистика Ферми – Дирака была применена к ряду других сложных вопросов физики и блестяще подтвердилась на опыте.

Еще одна трудность в физике связана с определением так называемой собственной энергии или собственной массы электрона. Для того, чтобы избавиться от бесконечных величин, требовалось представить электрон обладающим некоторой протяженностью. Вместе с тем, представление о протяженных частицах противоречило требованиям релятивистской инвариантности. Предлагались разные пути разрешения этого противоречия, и окончательно этот вопрос нерешен¹⁹.

Подобных примеров в истории науки множество (ряд других приведен в [9; 11]), в том числе и из других областей науки. Они подтверждают, что появление и разрешение противоречий является таким же важным моментом в развитии науки, как и в развитии техники.

Нередко та или иная наука упирается в некоторый предел в развитии, например барьер применимости знаний. В этом случае следует стремиться превратить этот предел в противоречие, отыскав другую сторону, мешающую преодолеть запрет, барьер. Обычно в роли этой второй стороны выступает некоторый постулат, аксиома, принимаемая без обсуждения за абсолютную истину. Для того чтобы сформулировать противоречие, необходимо этот постулат раскрыть, проанализировать его точность, области применимости. Когда подобные операции были проделаны с постулатами Эвклида, родился неэвклидова геометрия.

В технике путем анализа патентного фонда выявлены специальные приемы разрешения сформулированных противоречий, например, разделение противоречивых требований во времени, пространстве, путем различных системных преобразований [10, с. 293]. Анализ появления и решения противоречий в науке показывает, что аналогичные приемы есть и в этом случае, причем многие из них подобны первым (например, постулат Бора позволил разрешить противоречие во времени: пока электрон на орбите, он не излучает; излучение происходит только в момент перехода с орбиты на орбиту).

Увеличение степени идеальности научных систем

Исследования в области развития техники показали, что развитие технической системы можно определить как повышение степени ее идеальности, то есть рост отношения суммы выполняемых системой полезных функций $\sum \Phi_{п}$ к сумме факторов расплаты за выполнение этих функций $\sum \Phi_{р}$ (материальных и энергетических затрат, вредных функций и факторов, связанных с получением полезных) [10, с. 41]:

¹⁹ В сб.: Принцип соответствия. - М.: Наука. 1979.

$$И = \frac{\sum \Phi_{п}}{\sum \Phi_{р}} \longrightarrow \infty$$

Понятие, аналогичное факторам расплаты, сформулировал в биологии академик А.Уголев, рассматривая эволюцию жизни под «технологическим» углом зрения. Он определил его как «метаболическую стоимость любой структуры или функции» – энергетические, пластические и иные затраты на ее поддержание, регулирование, а также наличие побочных, вредных или ненужных эффектов. Уголев показал, что в процессе эволюции идет усиление, повышение эффективности полезных для организма функций, но только до тех пор, пока прирост «пользы» больше прироста «стоимости» функции²⁰. Принцип эффективности А.М.Уголева аналогичен принципу повышения идеальности в ТРИЗ.

Очень близкое к идеальности понятие ввел З.Фрейд для объяснения принципов работы психического аппарата человека. Он показал что психика человека ориентирована на «принцип удовольствия» – получение максимального удовольствия. Однако возможности получать удовольствие противостоят различные силы и условия (внешние ограничения, внутренние запреты, в том числе и морального характера, не позволяющие добиваться удовольствия любой ценой). Под влиянием стремления организма к самосохранению «принцип удовольствия» сменяется «принципом реальности», который, сохраняя прежнюю цель – достижение удовольствия, откладывает его и временно мирится с неудовольствиями²¹. Из этого можно сделать вывод о том, что мозг человека способен на пути к достижению цели (получению полезных функций) постоянно оценивать возможные факторы расплаты, соотносить их с удовольствиями и отыскивать наиболее «идеальные» пути, то есть такие, которые обеспечивают максимум удовольствия при минимизации расплаты.

С тридцатых годов нашего века физики исследуют особенности самоорганизации различных систем при прохождении через них потоков энергии или вещества. В 1947 году И.Пригожий сформулировал принцип минимального производства энтропии, согласно которому система строится так, чтобы ее энтропия (мера беспорядка, хаотичности) возрастала как можно медленнее²².

На базе работ И.Пригожина и Л.Онсагера академик Н.Моисеев' сформулировал эмпирический принцип «минимума диссипации» (рассеивания энергии, вещества), распространив его действие на развитие

²⁰ См.: Уголев А.М. Естественные технологии биологических систем. - Л.: Наука, 1987.

²¹ См.: Фрейд З. Введение в психоанализ/ Лекции. - М.: Наука. 1989.

²² См.: Пригожий И. От существующего к возникающему / Пер. с англ. - М.: Наука. 1985.

любых систем. Несмотря на то, что для большинства систем этот принцип строго не доказан, Моисеев считает, что он «...достаточно правдоподобен и не противоречит экспериментальному материалу»²³. Если принять рост энтропии, то энергетические потери как фактор расплаты за выполнение системой каких-то полезных функций, принципы Пригожина и Моисеева аналогичны принципу повышения идеальности системы.

Понятие идеальности может быть распространено и на научные системы, которые мы определили как модели, более или менее адекватно отражающие реальные системы. Полезными функциями в данном случае можно считать глубину и точность отражения реальности, достоверность модели, а факторами расплаты – сложность модели, необходимость дополнительных постулатов, аксиом, привлекаемых гипотез, ограничений, условий, налагаемых на модель, и т.д.

К одним из первых понятий, близких к понятию идеальности в науке, можно отнести сформулированный в XIX веке принцип «бритвы Оккама»: «сущностей не следует умножать без необходимости» (СЭС, М.: Советская энциклопедия, 1989). Он означал требование удаления из науки лишних понятий, тех, которые не сводились к интуитивным знаниям и не могли быть проверены на опыте. Оккам и его последователи боролись за отделение науки от теологии, разрабатывали вопросы логики, научной методологии. Фактически на принципе Оккама базируется вся современная наука, когда она стремится объяснять новые явления, максимально используя уже известное, доказанное.

Механика А.Эйнштейна отличается от механики И.Ньютона отсутствием одного достаточно произвольного постулата: предположения о существовании некоторого абсолютного пространства, по отношению к которому может быть измерена скорость любого движущегося объекта. Отказ от «лишней сущности» – проявление стремления научной системы к идеальности.

Среди математиков известно высказывание, что репутация математика определяется количеством нелепых доказательств, найденных им. Суть его в том, что первое доказательство новой теоремы, нового существенного положения, как правило, весьма длинно, не изящно. Со временем оно упрощается, становится коротким, более логичным. Выдающийся физик, математик, психолог Г.Гельмгольц писал: «Я могу сравнить себя с путником, который предпринял восхождение на гору, не зная дороги; долго и с трудом взбирается он, часто вынужден возвращаться назад, ибо дальше нет прохода. То размышление, то случай открывают ему новые тропинки, они ведут его несколько далее, и, наконец, когда цель достигнута, он, к своему стыду, находит широкую дорогу, по которой мог бы подняться, если бы умел верно отыскать начало. В своих статьях я, конечно, не занимал читателя рассказом о таких блужданиях, описывая только проторенный путь, по которому он

²³ Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. - М.: Наука. 1987. С. 56.

может теперь без труда взойти на вершину»²⁴. Так, первое доказательство теоремы Геделя занимало порядка сотни листов. Сегодня эта теорема доказывается вполне компактно в пределах одного листа.

Основным механизмом повышения идеальности систем является отбор. В технике человек целенаправленно отбирает для реализации наиболее перспективные идеи, совершенствует технические системы. В живой природе аналогичную функцию выполняет открытый Ч.Дарвиным естественный отбор. А.А.Богданов показал, что и в неживой природе также действует отбор, проявляющийся в сохранении наиболее устойчивых элементов, способных наилучшим образом противостоять разрушающим факторам. В науке, как и в технике, отбор ведется человеком. Интересно отметить, что очень часто это отбор неосознанный, вместо строгих критериев действуют интуитивные представления типа эстетических требований, отражающих ощущения идеальности научной системы как ее «красоты»: красивыми, изящными кажутся изобретения, гипотезы, идеи с высокой степенью идеальности, то есть дающие большой эффект при простоте конструкции. Не случайно многие ученые считают (вполне справедливо) критерий красоты важнейшим критерием правильности научной теории.

Прямое применение закона повышения степени идеальности в технике при решении изобретательских задач реализуется через использование имеющихся в самой технической системе или в ее надсистеме различных ресурсов (вещества, энергии, информации, пространства и т.п.) [10, с. 44]. Можно определить понятие ресурсов в научных системах как различные факты, результаты экспериментов, логические выводы, уже установленные закономерности и т.п. Примером такого использования ресурсов в науке может служить история создания теории кумулятивного эффекта. Хотя само явление было известно еще в прошлом веке, его использование тормозилось отсутствием методики расчета. Теорию кумулятивного эффекта создал академик М.А.Лаврентьев. Он предположил, что взаимодействие взрыва с броней можно представить как взаимодействие струи жидкости (удар) с поверхностью другой жидкости. К такой неожиданной для других специалистов аналогии его подтолкнул факт: на месте кумулятивного взрыва на стальной броне образовывалось нечто напоминавшее волны, расходящиеся по воде от упавшего камня. Кроме того, сам Лаврентьев в свое время занимался гидродинамикой. Дальнейшие опыты подтвердили правильность расчетов, «слученных на такой модели.

Повышение идеальности в технике может идти как за счет опережающего роста числителя (увеличение количества и качества полезных функций при более медленном росте факторов расплаты) – такой процесс в ТРИЗ получил название развертывания технической системы, так и при опережающем уменьшении знаменателя (упрощении системы, снижении факторов расплаты) – свертывании, за счет повышения динамичности и т.д.

²⁴ Ю Гельмгольц Г. Как приходят новые идеи / Хрестоматия по общей психологии. - М.: Издательство МГУ. 1981. С. 366.

Аналогичные процессы можно наблюдать и в развитии научных систем.

Развертывание – свертывание научных систем

Процесс **развертывания** системы заключается в ее усложнении, но при опережающем росте суммы полезных функций относительно факторов расплаты. В результате реальные системы имеют многоуровневое иерархическое строение [10, с. 51]. В технике человек усложняет системы сознательно, рассчитывая, что объединение ранее независимых элементов в систему позволит получить новые (системные) свойства, которыми не обладал ни один из исходных элементов в отдельности. В синергетике показано, что в природе такое усложнение происходит самопроизвольно, за счет кооперативных (коллективных) взаимодействий элементов при прохождении через нелинейные системы энергетических или вещественных потоков. Соответственно, научные системы, будучи отражением реальных, также должны приобретать иерархическую структуру. Действительно, процесс развертывания легко просматривается в развитии любой парадигмы.

В большинстве случаев новая научная система рождается и подтверждается в достаточно узкой области науки. Но если она эффективна и жизнеспособна, начинается ее активная экспансия. Модель развивается, структурируется, ее полезные (объяснительные) функции быстро растут. Например, идеи электродинамики, появившиеся благодаря развитию электротехники, сегодня необходимы и в атомной теории, и в вопросах космогонии. Генетика, появившаяся в очень узкой области (законы Г. Менделя были открыты при исследовании размножения гороха), сегодня являются основой всей биологии.

Практически одновременно с развертыванием начинается **свертывание**, поначалу частичное: само объединение элементов в систему, как правило, ведет к некоторому упрощению, унификации

этих элементов. Но с определенного момента свертывание приобретает преимущественный характер за счет новых подходов, идей. Так, в технике появление микротехнологий позволило свернуть в одном кристалле сложнейшие электронные схемы, включающие миллионы элементов. Аналогично в науке выявление закономерностей позволяет свернуть в простые законы, формулы множество ранее разрозненных фактов, тем самым резко упростив научную систему (не случайно в научной среде бытует поговорка: «Знание закономерностей компенсирует недостаток информации»). Так, периодический закон Д.И. Менделеева «привел в порядок химию», резко облегчив ее изучение и обусловив дальнейшее развитие.

Процесс развертывания – свертывания проявляется в том, что частные теории в различных областях поначалу развиваются независимо, совершенствуются, математизируются, распространяются на новые группы явлений, а затем сближаются, сливаясь в единую, более общую теорию. Нередко свертывание становится возможным после того, как находятся

соответствующие математические методы, позволяющие единообразно подойти к самым разным задачам.

На более поздних этапах начинается слияние отдельных наук. Например, синергетика объединила, «свернула» множество б информации, фактов и явлений, известных в разных областях наук – от биологии до социологии, от химии до термодинамики, объяснив с единых общих позиций проявления самоорганизации, самоструктурирования различных систем. При этом основным математическим инструментом синергетики стала теория нелинейных уравнений.

Один из эффективнейших на данном этапе путей реализации закона развертывания – свертывания технических систем – создание надсистемы путем объединения альтернативных (конкурирующих) систем [10, с. 54]. В соответствии с ним рекомендуется в тех случаях, когда для выполнения той или иной функции имеется несколько различных систем (как правило, построенных на разных принципах действия) и возможности каждой из них практически исчерпаны, для дальнейшего развития произвести объединение систем разных типов, причем так, что недостатки каждой из систем компенсируются, а достоинства суммируются.

Очень близким аналогом этого закона в науке является принцип дополнительности Н.Бора (сформулированный им вначале для объектов микромира, а затем распространенный на самые разные объекты науки), гласивший, что для получения полной картины тех или иных процессов необходимо их описать с точки зрения по меньшей мере двух взаимоисключающих, противоположных позиций.

До XVIII века основным понятием оптики был световой луч. Геометрическая оптика, основанная на законах прямолинейного распространения, преломления и отражения световых лучей, позволила заложить основы теории оптических приборов, объединила многие световые явления. С принципами геометрической оптики хорошо согласовывалась корпускулярная теория света И.Ньютона: свет – это поток особых частиц – корпускул, испускаемых светящимся телом и летящих по инерции. Однако с позиции корпускулярной теории оказалось невозможным объяснить дифракцию – проникновение света в область геометрической тени.

Для объяснения этого явления современник Ньютона Х.Гюйгенс создал новую оптику – волновую, основанную на представлении о свете как упругих волнах, распространяющихся в особой среде – эфире. Волновая теория объясняла дифракцию и такое сложное явление, как двойное лучепреломление света в некоторых кристаллах, но не могла объяснить поляризацию света и прямолинейность его распространения. Этот «дефект» теории оказался решающим, и корпускулярная теория одержала победу. Ее господство продолжалось около ста лет, пока Т.Юнг не открыл принцип интерференции (наложения) волн. Решающий же удар корпускулярной теории нанес О.Френель, восстановивший волновую теорию на основе синтеза принципов Гюйгенса и Юнга. Новая теория прекрасно объяснила

прямолинейность распространения света, явления дифракции и поляризации. Для этого только нужно было допустить, что световые волны являются не продольными, а поперечными. Волновую теорию подтвердил опыт Фуко, который показал, что скорость света в воде меньше, чем в воздухе.

Торжество волновой теории тоже длилось около ста лет – до начала нашего столетия. К тому времени она впитала в себя учение об электричестве и магнетизме, электродинамику Максвелла. Свет уже не считали механическим волновым процессом, а представляли как совокупность движущихся друг за другом электромагнитных волн. Но в начале XX века снова пришлось вспомнить о корпускулярной теории, чтобы объяснить фотоэффект и некоторые другие явления. С этого времени обе теории стали сосуществовать, работая каждая в своей области: свет – череда бегущих волн; свет – поток летящих частиц (фотонов).

Оказалось, что двойственная природа свойственна не только свету, но и электрону и другим элементарным частицам. Для описания электрона как частицы В.Гейзенберг создал матричную механику, а Э.Шредингер волновую механику для электрона-волны. В соответствии с принципом дополнительности обе механики были признаны взаимодополняющими.

Необходимо отметить, что не удалось поставить ни одного эксперимента, в котором электрон вел бы себя одновременно и как частица, и как волна – эти свойства проявляются в разных условиях, как бы разнесены. Очевидно, за их проявление отвечают разные механизмы. Ситуации, когда имеется несколько взаимодополняющих механизмов, в науке нередки. Например, теория теплопереноса предусматривает несколько механизмов передачи тепла: излучение, конвекция, теплопроводность и т.п. Важно только знать, в каких условиях какие механизмы действуют, какие являются доминирующими, какими можно пренебречь и т.п. То есть могут быть сформулированы какие-то условия существования дополнительных систем.

Примеры применения принципа дополнительности находят не только в физике, но и в других науках. Так, из двух конкурирующих теорий в биологии – теории естественного отбора Ч.Дарвина и генетики (науки о наследственности и изменчивости) – со временем была создана синтетическая теория эволюции (СТЭ). К сожалению, в науке еще не укрепилось отношение к принципу дополнительности как к закону, иначе трудно объяснить до сих пор идущие ожесточенные споры между сторонниками селекционизма, считающими, что главный движущий фактор эволюции – естественный отбор, сторонниками номогенеза, убежденными в существовании направленных определенных, целенаправленных факторов в эволюции. Такие споры небезобидны, так как на них уходят силы и время ученых, тогда как история показывает, что именно после объединения теорий следует резкий рывок в развитии науки. Правильный подход к развитию теорий продемонстрировал советский ученый А.А.Любищев, который считал, что, сформулировав какое-то положение в науке, не следует ждать, пока оно перестанет справляться с объяснением всех необходимых фактов, а сразу же

искать противоположное положение, обосновать его и перейти к их объединению.

Повышение динамичности научных систем

Повышение динамичности в технике определяется как увеличение способности технической системы к целенаправленным изменениям, обеспечивающим улучшение приспособления системы к меняющейся среде (адаптации), к условиям функционирования [10, с.56]. Этот принцип в приложении к науке может быть истолкован как повышение способности данной научной системы (теории) к описанию различных, в том числе меняющихся в процессе функционирования, объектов. Например, для развития теорий характерно появление сначала постоянных, а потом переменных величин, коэффициентов, позволяющих учесть различные варианты условий применения.

Другой стороной повышения динамичности научных систем является переход к теориям, отражающим динамику развития предмета изучения, исследования. Такова, например, геологическая теория, получившая название «мобилизм», основанная на признании реальности движения материков друг относительно друга и описывающая современное состояние земной поверхности как результат этого движения.

Хорошо заметна тенденция повышения динамичности научных систем по изменениям используемого математического аппарата: от алгебраических уравнений с постоянными коэффициентами к уравнениям с переменными коэффициентами; к дифференциальным уравнениям в частных производных, нелинейным уравнениям, уравнениям с запаздывающими коэффициентами и т.п. Интересно, что как и в развитии технических систем, повышение динамичности, как правило, приводит к резкому увеличению сложности системы, то есть соответствует ее развертыванию.

Переход научных систем на микроуровень

Переход на микроуровень в приложении к техническим системам означает развитие в направлении использования все более глубоких уровней строения материи: от макроуровня с его в основном механическими взаимодействиями к использованию химических связей, физических эффектов, связанных с особенностями кристаллического строения, с фазовыми переходами вплоть до задействования элементарных частиц, гравитационных и электро-магнитных полей [10, с. 59]. Соответственно в развитии научных систем переход на микроуровень в первую очередь связан с описанием (отражением) этих глубоких уровней строения материи. Например, переходы: механика – квантовая механика; биология – молекулярная биология и т.п.

Другим направлением перехода на микроуровень является учение малых изменений систем, например, создание дифференциального и интегрального исчисления, позволивших чрезвычайно расширить возможности науки за счет анализа бесконечно малых изменений функции («флюксий» по терминологии И.Ньютона). И хотя сегодня математика дает совершенно иные определения дифференциалами, основная идея, связанная с переходом в изучении функций на микроуровень, осталась неизменной.

Согласование научных систем

В развитии технических систем согласование заключается в приведении основных параметров системы в соответствие друг с другом таким образом, чтобы функционирование системы было оптимальным [10, с. 62]. Проявляется согласование и в научных системах, в первую очередь в том, что будучи отражением реальных систем, научные системы должны развиваться так, чтобы все полнее отражать реальность, то есть увеличивалась степень согласованности с нею. Наиболее часто этот процесс выражается в последовательном уточнении, введении новых приближений в теории. Например, описание процесса на первом этапе, как правило, линейно, учитывает только явления первого порядка. На следующих этапах появляются нелинейные описания, учитывающие величины, взаимодействия второго и более высоких порядков малости. Так, развитие термодинамики шло от первых простых формул С.Карно к достаточно сложным и очень информативным уравнениям Д.Максвелла, Дж.Гиббса и Л.Больцмана, а затем к современной нелинейной термодинамике Л.Онсагера и И.Пригожина.

Как отмечалось выше, реальные системы иерархичны. На каждом иерархическом (системном) уровне известны свои закономерности и, следовательно, действуют свои механизмы. При этом механизмы, обеспечивающие создание и особенности строения системы, как правило, определяются свойствами подсистем, а функционирование и развитие системы определяются преимущественно собственными механизмами данного системного уровня (механизмами кооперативных взаимодействий данного уровня). Для деятельности каждой системы наиболее важное значение имеет системный механизм (действующий на уровне системы как некоторой целостности), то есть работает принцип согласования закономерностей системных уровней и их механизмов. Проявления этого принципа отчетливо прослеживаются в разных областях науки в том, что суть многих открытий – выявление механизмов соответствующего уровня. К ним можно отнести и идею естественного отбора Дарвина, которая утверждает, что развитие видов определяется в первую очередь механизмами, действующими именно на видовом уровне, идеи К.Маркса о развитии социумов, согласно которым развитие определяют механизмы, действующие на социальном уровне: производство и потребление, средства производства как базис и общественная формация как надстройка и т.п. Новую

психологию создал З.Фрейд, выявив в качестве основы психики психические механизмы, а не физиологические, как предполагалось ранее. Аналогичные примеры есть и в других областях. Японские специалисты по менеджменту (организации управления производством) считают, что увеличение продуктивности производства в первую очередь достигается не внедрением технических новшеств (хотя их важность никто не отрицает), а организацией менеджмента. Плохая организация производства и сбыта (механизмов высокого системного уровня) может свести на нет любые достижения более низких системных уровней: хорошую технологию, подготовку и энтузиазм людей и т.п. Точно так же скверное командование войсками не может быть компенсировано ни военной техникой, ни обученностью, ни боевым духом, ни патриотизмом солдат.

Близок к сказанному выше и известный в химии принцип, согласно которому течение химических процессов в основном определяется самым крупномасштабным (самым медленным) из них. Схожие эмпирические закономерности известны и в других областях.

Принцип согласования закономерностей системных уровней и их механизмов может в некотором роде служить сильным критерием истинности той или иной теории. Так, в теории этногенеза Л.Н.Гумилев видит механизмы развития больших масс людей в явлениях генетического уровня – частоте особого вида мутаций, создающих в обществе фонд людей с определенным набором качеств, названным Гумилевым «пассионарностью»²⁵. Безусловно, нельзя отрицать влияние на развитие этносов (и любых человеческих коллективов) генетических явлений, но, по-видимому, правильнее искать для объяснения развития этносов в первую очередь механизмы, действующие на этническом уровне.

Существенно то, что механизмы разных системных уровней относительно слабо зависят друг от друга, подобно тому, как течение реки мало зависит от наличия в ней водоворотов. Закономерности поведения людей в коллективе, обществе мало зависят от физиологических, антропологических, даже психологических особенностей отдельных людей. Закономерности конвергенции (сходимости) в развитии биологических видов наглядно показывают, что условия жизни и способ питания, то есть механизм существования вида, влияет на облик и этологию (поведение) представителей вида больше, чем физиология. Так, гепард, единственный представитель семейства кошачьих, который не подкарауливает (как остальные кошки, а преследует добычу, как собаки, и внешне, и по своим привычкам, гораздо больше похож на собак, чем на кошачьих. Независимость механизмов разных уровней хорошо отражена в иерархии наук: ядерная физика слабо связана с механикой, поскольку особенности строения веществ не отражаются на закономерностях механики. Так же слабо связаны ядерная физика – химия – биология – социология.

²⁵ См: Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. 2-е изд. испр. и доп. Издательство ЛГУ. 1989.

Очень важный вид Согласования – согласование теорий, гипотез т.п. между собой в процессе их объединения, взаимодополнения, создания единой теории. Так, современная теория биологической эволюции СТЭ возникла при согласовании классического дарвинизма и классической генетики.

А.А.Богданов отмечал, что для объединения двух разных систем необходимо выявление или создание между ними неких общих элементов, «посредников», обеспечивающих возможность взаимодействия. Такая процедура соответствует буферному согласованию в технике, когда посредник вводится со стороны, и свернутому согласованию, когда системы сами подстраиваются друг к другу [10, с.65]. При создании СТЭ пришлось довольно ощутимо модифицировать дарвинизм с одной стороны и генетику с другой, чтобы обеспечить их взаимодействие. Такое согласование можно назвать «согласованием по горизонтали» – между научными системами относительно близких системных уровней. В «горизонтальной цепочке согласования» могут участвовать несколько систем.

«Согласование по вертикали» (между частными и более общей теориями) нашло отражение в «принципе соответствия», сформулированном Н.Бором, согласно которому теории, справедливость которых экспериментально установлена и доказана для определенной группы явлений, с появлением новых теорий не отбрасываются, но сохраняют свое значение для прежней области как предельная форма (частный случай) новой, более общей теории. Такие отношения соответствия существуют между классической, квантовой и релятивистской механикой, химической и биологическими науками и

т.п.

Выявившийся в самом начале работ по применению ТРИЗ к развитию научных систем факт закономерности их развития позволил надеяться на возможность создания каких-то алгоритмов решения исследовательских задач, возможно, аналогичных алгоритму решения изобретательских задач и даже методик построения новых научных теорий. Такая работа велась параллельно с изучением закономерностей развития научных систем.

РЕШЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ ПРИЕМОМ «ОБРАЩЕНИЕ»

В 1982 году Б.Л.Злотин и А.В.Зусман предприняли ряд попыток построить алгоритм решения исследовательских задач. Работа была начата с накопления фонда исследовательских задач, решенных в разное время в различных областях науки, техники, общественной жизни. По мере его накопления было выделено три типа исследовательских задач:

1. Задачи типа «детектив» или «технический детектив»: кто-то

совершил некоторое действие, например преступление (детектив) или придумал техническую новинку (технический детектив); как ему это удалось?

Задача 1. Во время профессионального матча по боксу спортсмены и их тренеры столкнулись с загадкой. Довольно средний по возможностям боксер неожиданно одержал ряд побед над кандидатами в призеры, причем все – нокаутом. Проигравшие рассказали, что в начале боя его удары были вполне обычны, но постепенно тяжелели, достигая через некоторое время страшной силы, как будто боксер бил не обыкновенной боксерской перчаткой, а камнем. Но перчатки перед боем проверяет судья, в них ничего не спрячешь. Как объяснить эти победы?

2. Задачи типа «производственный детектив» (в машине или техпроцессе происходит единичное или повторяющееся нежелательное, или наоборот, полезное явление, причину появления которого и механизм действия необходимо установить).

Задача 2. Сварка листов титана – большая проблема. Расплавленный титан в сварном шве настолько бурно реагирует с кислородом воздуха, что шов получается пористым, ноздреватым. Очень хорошее качество сварки получается в вакуумной камере, но это усложняет процесс, да и не всегда свариваемые листы можно поместить в камеру. Попробовали варить титан, подавал в место сварки струю инертного газа аргона. Аргон брали самый чистый, кислорода в нем не больше, чем в вакуумной камере, но мелкие поры в швах все равно возникали. Чем это объяснить?

1. Задачи типа «объяснение причин, механизма явления, наблюдаемого в природе» (эти задачи были выделены в отдельный тип только потому, что именно они представляют собой классический тип исследовательских задач, хотя от задач второго типа отличаются только тем, что к гричинам исследуемого явления человек, как правило, не имеет отношения).

Задача 3. Луи Пастер по просьбе виноделов исследовал процесс брожения: превращение под действием микроорганизмов глюкозы, содержащейся в винограде, в винную кислоту, а затем в уксус. Было известно, что встречающаяся в природе винная кислота обладает оптической активностью – создает левостороннюю поляризацию проходящего через нее света. Позднее химики получили искусственную винную кислоту, которая ничем не отличалась от естественной за исключением единственного: она не обладала активностью, то есть не поворачивала плоскость поляризации проходящего света. Луи Пастер должен был объяснить причину этого различия. В чем она заключалась?

Наряду с анализом задач, выявленных из различных источников, особое внимание было уделено исследовательским задачам, которые были решены специалистами по ТРИЗ, в том числе и самими авторами. Так, одной из наиболее старых задач, была решенная Г.С.Альтшуллером задача о расследовании причин пропадания спирта из опечатанной цистерны²⁶.

Задача 4. Во время перегона цистерны со спиртом от завода изготовителя к потребителю из опечатанной цистерны, регулярно исчезало около 4-6 литров спирта. Такие потери невозможно было объяснить естественными причинами. Меры, принимаемые для ужесточения охраны, результата не дали. Требовалось выяснить причину пропаж.

Большое количество задач второго типа (по установлению причин брака) было решено В.В.Митрофановым благодаря целенаправленному применению методического приема, заключавшегося в поиске условий, при которых брак достигал бы 100%. Вот одна из решенных им задач.

Задача 5. При перевозке микросхем из одного цеха в другой на радиозаводе часть из них по непонятным причинам выходила из строя. Микросхемы перевозили в обычных пенопластовых коробках проверка их перед транспортировкой показывала, что все они годные, а сразу же после нее у некоторых появлялся электрический пробой. В чем причина брака?

Анализ решений подобных задач показал, что фактически специалисты, владеющие ТРИЗ, каждый раз сознательно или интуитивно использовали прием, известный еще из практики знаменитых детективов и их коллег – героев не менее знаменитых Шерлока Холмса, патера Брауна и других: поставить себя на место злоумышленника и вместо вопроса, «как это произошло, как это объяснить?» задать другой: «как это можно сделать?» Такой замена позволяла превратить исследовательскую задачу в изобретательскую и к полученной таким образом новой задаче применять различные инструменты ТРИЗ. Как правило, результатом являлось несколько вариантов решения, то есть фактически изобреталась гипотеза, которая затем могла быть подтверждена или отклонена. Так, например, задача о краже спирта из цистерны была после такого преобразования решена путем использования приема 10 «Принцип предварительного действия» (неосуществимое в рассматриваемой ситуации действие выполняется заранее – полностью или частично) [2]. В качестве такого предварительного действия можно предположить размещение заранее, еще в пустой и, естественно, не опломбированной цистерне, емкости, которая при заполнении цистерны

²⁶ Задача была предложена человеком, который знал ответ, т.е. специально для проверки возможностей ТРИЗ. Ответ, данный Г.С.Альтшуллером, совпал с тем, что произошло в реальности и было „расшифровано“ с большим трудом после долгих поисков.

заполнялась тоже, а при сливе оставалась полной, и еееможно было извлечь из пустой цистерны позднее.

Подход к решению исследовательских задач, сводящийся к, их превращению в изобретательские, получил название **«обращение исследовательской задачи»**. Дальнейшее изучение фонда исследовательских задач показало, что такой прием интуитивно использовался не только специалистами по ТРИЗ, но и другими учеными в разное время.

После того, как прием был сформулирован в виде правила [17], его целенаправленное и сознательное использование было проверено многими преподавателями и специалистами по ТРИЗ при решении как учебных, так и практических задач, в том числе при проведении функционально-стоимостного анализа временными рабочими группами. Ниже приведен пример такой практической работы на предприятии, выпускающем погружные электронасосы для подъема воды из скважин.

Задача 6. Основная причина выхода из строя погружных электронасосов – промывание водой обойм. Насос состоит из несколько одинаковых степеней и работает следующим образом (рис.1). Вода входит в рабочее колесо первой ступени, проходит через неподвижные направляющие лопатки, выносится к стенке стальной обоймы, поворачивает и подается в следующую ступень. Скорость воды достигает нескольких метров в секунду, нередко она несет с собой песок, так что в принципе не удивительно, что в конце концов в обойме вымываются дыры. Тогда приходится поднимать насос из скважины и отправлять в ремонт. Как продлить жизнь обойм?

Повышение срока службы обойм насоса – одна из целей проводимого функционально-стоимостного анализа (ФСА). Но сначала нужно уточнить причину их разрушения. Для этого поехали на завод, где насосы ремонтируют, и на свалке валялись кучи испорченных, насквозь промытых обойм. При их осмотре были обнаружены обоймы со сквозным конусным отверстием, раскрытым наружу. Поскольку вода течет внутри обоймы, такой промыв как будто невозможен (рис.2). Ведущий конструктор предположил, что причиной такого брака может быть дефект металла. Но тут же обнаруживаются другие подобные обоймы, и даже целый насос с конусными отверстиями на каждой ступени, причем все они расположены вдоль одной образующей. От объяснения, что причиной является дефект металла, пришлось отказаться. Тогда специалистами была выдвинута другая гипотеза: отверстия – результат действия кавитации. К сожалению, это также не объясняло ни формы, ни расположения отверстий и не позволяло найти способы повышения стойкости обойм. Дальнейшее изучение бракованных обойм показало, что кавитация здесь ни при чем, так как были обнаружены обоймы с несквозными отверстиями, причем открытыми не внутрь, а наружу, то есть в месте, где движущаяся вода отсутствует. После того, как первые, лежащие на поверхности попытки объяснить причину появления отверстий не дали результатов, стали работать по методике.

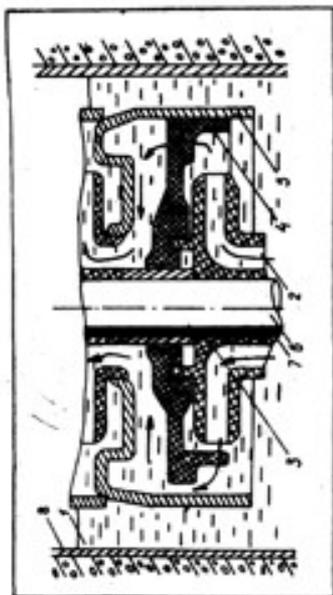


Рис. 1.
Ступень скважинного центробежного насоса:
1 – вода; 2 – направление движения воды; 3 – рабочее колесо; 4 – направляющий аппарат; 5 – обойма; 6 – вал; 7 – шпонка; 8 – обсадная труба скважины



Рис. 2. Отверстие в стенке обоймы насоса

Задача была изменена. Вместо вопроса «как такое отверстие получилось?» был задан вопрос «как такое отверстие можно было бы выполнить?». Таким образом, перед нами уже не исследовательская, а изобретательская задача, для решения которой могут быть применены инструменты ТРИЗ, например, стандарты на решение изобретательских задач. Исходная вепольная модель: V^1 – металл, V_2 – вода. По стандарту 1.1.1 необходимо достроить неполный веполь, введя недостающее поле. В результате перебора полей с помощью аббревиатуры МАТХЭМ (механическое, акустическое, тепловое, химические взаимодействия, электрическое, магнитное поля) пришли к выводу, что подобные отверстия было бы получить с помощью химического, скорее даже электрохимического воздействия, например, анодным растворением.

Выше упоминалось, какую важную роль при решении изобретательских задач играет использование ресурсов. Но при решении обращенных исследовательских задач им отводится особая роль. Если в первом случае использование ресурсов наиболее предпочтительно (так как обеспечивает наибольшую степень идеальности технической системы), то во втором случае (при решении обращенных исследовательских задач) решение может быть получено только за счет ресурсов, так как раз явление существует, значит все необходимое для этого в системе уже имеется.

Во многих случаях решение исследовательских задач целиком зависит от умения обнаружить необходимый ресурс. Поэтому возник вопрос, имеются ли необходимые поля среди ресурсов в готовом виде или могут быть получены прямо на месте. Например, электрическое поле возникает за счет токов рассеяния двигателя, либо может быть получено иными способами, например, трением. Токи рассеяния были отклонены, так как для анодного растворения необходимо постоянное поле, а токи рассеяния –

переменные. Для электризации трением необходимо иметь движущийся объект, и такой объект был – это вода. Кроме того, необходим материал, трение о который даст электрические заряды. Такой материал тоже существовал – пластмассовые детали (в насосе только обойма стальная, а рабочие колеса, направляющий аппарат – из пластмассы). Скорость воды достаточно велика, при ее трении о пластмассу вполне могут образовываться электрические заряды, выносимые водой на стальную обойму, с которой они стекают, создавая электрический ток.

Идея показалась специалистам группы невероятной. Тогда был поставлен эксперимент, который показал, что напряжение, возникающее при этом, достаточно велико.

Необходимо было еще решить несколько дополнительных задач: почему отверстия имеют форму конуса и в чем причина их возникновения вдоль образующей на одном из насосов?

Методика работы была той же, что и при решении основной задачи. Как выполнить отверстие необходимой формы? Для этого нужен электрод соответствующей формы, причем он должен быть получе из имеющихся ресурсов. Так, когда начинается анодное растворение, металл с обоймы переходит на поверхность обсадной трубы (обсадная труба формирует скважину, в которую опускают насос). На обсадной трубе начинает расти бугорок, в этом месте увеличивается напряженность электрического поля (она всегда выше на острых краях, углах), и в дальнейшем процесс начинает сосредотачиваться на этом месте. В результате на поверхности обсадной трубы вырастает конус – электрод, а на обойме напротив него – соответствующее ему конусное отверстие. Аналогично решается и вторая задача: для создания отверстий в определенном месте нужно создать ему преимущества. Это можно сделать, приблизив насос в этом месте к обсадной трубе, разместив его в скважине не по центру, а со смещением.

Интересно, что аналогичный механизм образования статического электричества при трении был выявлен В.В.Митрофановым и при решении задачи 5. Там статическое электричество возникало при транспортировке за счет трения микросхем о стенки пластмассовой тары, и пробивало микросхемы.

Решение задач по выявлению причин брака на этапе получения гипотезы не останавливается. После ее проверки и подтверждения причина брака должна быть устранена. Как бороться с электризацией? Одна из возможностей – использовать антистатик (такое решение было предложено В.В.Митрофановым для микросхем). Другой способ – заземление. Например, соединить корпус насоса гибкими проводящими лепестками с обсадной трубой. Можно также выполнить наружную поверхность обоймы и направляющий аппарат из пластмассы как единое целое.

В процессе использования приема «обращение исследовательской задачи» при решении учебных и практических задач выявились некоторые особенности. Важнейшая из них состоит в том, что цель достигается практически всегда благодаря использованию ресурсов. При этом наиболее

часто используется ресурс, характерный для исследовательских задач, – **ресурс изменения**²⁷, когда какие-то изменения, как правило, скрытые отличают систему, в которой наблюдается непонятное явление, от системы, в которой этих явлений не наблюдалось.

Другая, не менее важная особенность, заключалась в том, что довольно часто задача, казавшаяся очень сложной для решения в исследовательской формулировке, оказывалась после обращения в изобретательскую настолько простой, что не требовала в ходе решения специальных инструментов (была не выше первого уровня). Нередко эта простота скрыта, так как последовательно возникает не одна, а несколько задач (как получить отверстие, откуда взять электрическое поле, как получить конусный электрод и т.д.). И хотя каждая из них в отдельности достаточно проста, психологическая инерция мешает «пройтись» по цепочке (кажется, что за первым поворотом путь оборвется).

Задача 7. «Плывун дает себя знать как только котлован в него углубляется. Выработка грунта за день исчезает сполна... На следующий день надо вновь выбирать землю с тех отметок, с которых он уже был выбран... По мере углубления котлована в плывуне, в боковых стенках его начинают формироваться пещеры... Над пещерами нависают своды. Наконец начинаются обвалы...» Это классическое описание плывуна составлено в 1935 году профессором А.Ф.Лебедевым. Строители всегда считали, что виновата вода: разжиженный грунт ведет себя именно так. Но выяснилось, что есть два типа плывунов. Для того чтобы «успокоить» первый, достаточно выкачать из него воду. Другой же, тоже часто встречающийся, после откачки воды вовсе не становится «добронравнее» и по-прежнему при появлении давления и даже под собственным весом плывет куда вздумается. Как это объяснить?

Обращенная задача. Как сделать сухой массив песка текучим самым простым способом? Ответ очевиден – ввести смазку. Но откуда ее взять? Конечно, из ресурсов. Что может находиться в массе песка? Микроорганизмы. Они разлагают входящие в состав песка соединения, продукты их жизнедеятельности – слизь и пузырьки газа, облепляющие песчинки с разных сторон. Получается прекрасная смазка на воздушной подушке!

Казалось, практики давно должны были обнаружить это решение, так как замечали, что плывун пахнет гнилью. Но лишь сравнительно недавно грунтоведу Н.В.Радиной за обнаружение этих явлений был выдан диплом на открытие № 91.

Необходимо отметить, что если в результате решения обращенной задачи получается несколько решений-гипотез, то скорее всего верной окажется та, которая проще всего может быть реализована, то есть наиболее простое решение – наиболее вероятное.

²⁷ Предположено З.Е.Ройзеном

Задача 8. При исследовании протекания жидкости через очень тонкие щели собрали установку из двух полированных с оптической точностью плит. По краям между плитами укладывали фольгу заданной толщины и стягивали их болтами – в середине между плитами образовывалась щель, размер которой задавался толщиной фольги. В щель под давлением до 200 атмосфер подавалась вода, при этом измеряли зависимость расхода жидкости от давления. При относительно больших щелях результаты экспериментов точно укладывались в известные формулы, но при щелях менее 10 микрон расход получался существенно больше, чем следовало из законов гидродинамики, и это несоответствие росло с уменьшением размера щели. Авторы эксперимента уже предвкушали открытие, но, оказалось, напрасно. Что же происходило?

Проведем обращение задачи. Как увеличить проход воды через щель, при этом наиболее простым способом? Очевидно, это можно сделать увеличивал либо давление, либо размер щели. Давление строго контролируется, впрочем, – как и размер щели. Но давление контролируется постоянно в течение всего эксперимента, размер щели – только в его начале. Как сделать отверстие большей. Проще всего раздвинуть плиты, но для этого нужна большая сила. Правда, в ресурсе у нас необходимая сила есть – это давление до 200 атмосфер. Кроме того, нужна другая сила, которая потом вернет зазору прежнюю величину. Такая сила тоже есть – это упругость, вернее упругие деформации либо плит, либо болтов, стягивающих эти плиты.

Так оно и оказалось в действительности. Сила давления растягивала, упруго деформировала болты. Следы этой деформации были обнаружены после полугода работы целого коллектива ученых. Интересно, что школьники, обученные приему обращения, решают такие задачи в качестве учебных за 5 – 10 минут.

Необходимо отметить также ряд особенностей решения обращенных исследовательских задач с помощью АРИЗ²⁸. В частности, вместо обычных для изобретательских задач конфликтов типа *вредное действие связано с полезным* часто получается конфликт *наблюдаемое действие противоречит ожидаемому*. При формулировке мини-задачи место формулы «необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить...» следует писать: «необходимо без изменений в истеме обеспечить...». При формулировке идеального конечного зультата (ИКР) вместо формулы «...абсолютно не усложнял систему...» писать: «абсолютно не изменяя систему...»

На базе накопленного опыта по решению исследовательских задач были разработаны методические рекомендации по их формулированию и

²⁸АРИЗ - алгоритм решения изобретательских задач.

решению. Рассмотрим более подробно предлагаемый в них рекомендациях порядок работы при решении задач.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМУЛИРОВАНИЮ И РЕШЕНИЮ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

1. ФОРМУЛИРОВКА ИСХОДНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЗАДАЧИ

Записать условие исходной исследовательской задачи по форме: «Система для (указать назначение) включает (перечислить входящие в систему элементы). При условии (указать) происходит (описать наблюдаемое явление), в то время как должно происходить (указать идаемое явление). Требуется объяснить, почему?»

Пример. В одной лаборатории обнаружили странное явление: химическая реакция проходила только в том случае, если ее сводил один из сотрудников. Реакция шла в закрытой колбе, но всеравно коллеги стали подозревать своего сотрудника в фальсификации. Дело осложнялось еще и тем, что если в лаборатории находился кто-нибудь еще, кроме него реакция тоже не получалась. Как это объяснить?

Запишем исходную исследовательскую задачу по приведенной выше форме.

Система для проведения химической реакции включает вещество в закрытой колбе, химика, других сотрудников. При условии, что этот химик работает в одиночестве, реакция происходит, в то время как она должна была бы происходить и у других специалистов, а также в их присутствии. Требуется объяснить, почему?

2. ФОРМУЛИРОВКА ОБРАЩЕННОЙ ЗАДАЧИ

Превратить исследовательскую задачу в изобретательскую, в вопрос «почему (как) это происходит?» на вопрос: «как это делать?» Для этого записать формулировку обращенной задачи по схеме:

«Система (указать назначение) включает (перечислить входящие в систему элементы). Необходимо при заданных условиях (указать) обеспечить получение (указать наблюдаемое явление)».

Итак, система для проведения химической реакции включает вещество в закрытой колбе, химика, других специалистов. Необходимо обеспечить, чтобы реакция проходила, когда химик один, и не происходила в присутствии других людей.

3. ПАСПОРТИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ

Перечислить имеющиеся в системе ресурсы, способные в принципе совершить или способствовать совершению нужного действия. Особое внимание следует обратить на ресурсы изменения – имеющиеся даже самые незначительные отклонения от стандартных условий, при которых получается ожидаемое явление, а также системные ресурсы.

В нашей задаче в системе имеются ресурсы, связанные с деятельностью человека: химические вещества, способные в принципе оказывать каталитическое действие; поля: механические, тепловое, возможно, электрическое.

4. ПОИСК ИЗВЕСТНЫХ РЕШЕНИЙ

Рассмотреть, в каких природных процессах, областях быта, техники, науки требуемое явление получается само собой или создается искусственно, как именно получается или создается. Проверить, нельзя ли этот способ применить для решения обращенной задачи. При этом предпочтение должно быть отдано самым простым средствам.

Следуя этой рекомендации, нужно активизировать (или, наоборот, подавить) в каких-то условиях химическую реакцию. Это можно осуществить с помощью веществ-катализаторов (ингибиторов) или полей.

5. ПОИСК НЕОБХОДИМЫХ ЭФФЕКТОВ

Рассмотреть физические, химические, геометрические, биологические (а если проблема связана с действиями людей, то и психологические) и другие эффекты, способные дать нужное действие. Проверить нельзя ли создать нужный эффект с помощью имеющихся в системе ресурсов, выявленных по п. 3.

В нашем примере химические эффекты с использованием катализаторов (ингибиторов) не годятся, так как колба закрытая. Возможно использование известных эффектов, связанных с механическими полями: улучшением перемешивания, наложением акустических колебаний и т.п.

6. ПОИСК НОВЫХ РЕШЕНИЙ

Использовать для получения решения обращенной задачи инструменты ТРИЗ: приемы, стандарты, АРИЗ.

Для решения нашей задачи используем приемы ТРИЗ. Исходная вепольная модель: V_1 – вещество, V_2 – химик. Получается неполный веполь, который нужно достроить по стандарту 1.1.1, то есть ввести

недостающее поле П. Это поле должно быть получено из ресурсов и связано с конкретным человеком – химиком. После недолгого анализа отпадают все поля, кроме звукового.

7. ФОРМУЛИРОВКА ГИПОТЕЗ И ЗАДАЧ ПО ИХ ПРОВЕРКЕ

На базе полученного решения обращенной задачи по пунктам 4 – 6 сформулировать гипотезу (гипотезы) и задачи по их проверке.

Примечание. Если решение задачи по проверке гипотезы вызывает трудности, необходимо использовать инструменты ТРИЗ.

В данном случае можно сформулировать две гипотезы: а) наличие посторонних людей создает звуки, нарушающие ход реакции; б) отсутствие других людей позволяет химику издавать звуки, активизирующие реакцию. Для проверки гипотез необходимо простейшее прослушивание. При этом выяснилось, что химик любил петь, обладал мощным басом, но стеснялся неважного слуха и пел только в одиночестве. А реакция активизировалась низкочастотными звуковыми колебаниями.

8. НОВЫЕ ЗАДАЧИ

Если наблюдаемое явление относится к числу вредных (например, речь идет о выявлении причин брака), сформулировать и решить задачу по его устранению. Если явление полезное, рекомендуется сформулировать и решить задачу по его усилению с учетом полученного знания о природе (механизме) его действия. В обоих случаях при необходимости использовать инструменты ТРИЗ.

В нашем примере можно заключить, что явление полезное. Его действие может быть усилено путем выбора наилучших режимов звукового воздействия.

Комплексное решение исследовательских задач

При решении исследовательских задач немало трудностей связано с придумыванием и проведением объективных экспериментов, способных подтвердить или опровергнуть найденную идею, гипотезу. Иногда требуется получить дополнительные сведения об объекте, выявить скрытые ресурсы. Ниже приведены примеры решения таких задач (отрывки из записи занятий со слушателями семинара по обучению ТРИЗ).

Преподаватель. Зачитывает условие задачи из статьи “Ледовая вахта физиков”²⁹, посвященной участию ленинградских ученых (из Физико-

²⁹ См.: Иванов Ю. Ледовая вахта физиков. / В сб. „Глобус” - Л.: Детская

технического института под руководством его военного директора П.П.Кобеко) в работе по обеспечению функционирования “Дороги жизни” через Ладожское озеро.

Задача 9. “Но постепенно стала выясняться новая опасность: часто на гладком, чистом, без трещин льду машины, казалось бы, ни с того, ни с сего проваливались под лед. Причем зачастую под воду уходили пустые машины! Это было непонятно”.

Начнем работать по методическим рекомендациям по решению исследовательских задач.

Слушатели. Формулируем обращенную задачу. Дана система для перемещения грузов, включающая воду, лед, грузовые машины. Необходимо обеспечить, чтобы лед ломался под идущими машинами.

Имеющиеся ресурсы: вес машины, ее скорость, течение воды, порывы ветра. Ресурсы изменения – все, что связано с машиной. При отсутствии машины лед не ломался.

В природе лед ломается из-за различного рода подвижек, связанных с течением воды или сильными ветрами, а также во время весеннего таяния. В данном случае это можно исключить.

Физическим эффектом, который может сломать все что угодно, являются резонансные колебания. Возможно, что именно он здесь и действуют.

Вепольная модель. Есть V_1 – лед. Чтобы его сломать, необходимо достроить веполь – ввести вещество V_2 и поле Π . V_2 должно быть из ресурсов – очевидно, что это машина. Поиск подходящего поля по MaTХЭМ показал, что наиболее подходящим является механическое поле – те же резонансные колебания.

Гипотеза. Колебания создает машина. Как? Лед под машиной немного прогибается, при движении машины прогиб тоже движется, возникает волна напряжений. Частота колебаний зависит от скорости машины. Очевидно, что у льда тоже есть своя собственная частота колебаний, зависящая от его толщины и, возможно, других факторов. Если частоты совпадают, возможен резонанс.

Предложения по проверке гипотезы: узнать, при каких скоростях машины проваливались.

Преподаватель: К сожалению, спросить не у кого – шоферы тех машин погибли.

Слушатели: Тогда можно погонять на разных скоростях пустую машину и узнать, на какой проваливаются...

Преподаватель: Это опасно. Может быть, хватит перебирать варианты? Какая у нас новая задача?

Слушатели: Задача на измерение или обнаружение. Нужно обнаружить и измерить прогибы льда при движении машин с разными скоростями.

Измерять в разных местах.

Преподаватель: Как это сделать?

Слушатели: Можно установить на льду светящиеся вешки и измерять их положение теодолитом с неподвижной точки. Есть и другой способ: опустить через прорубь на дно груз и по нему измерять расстояние до дна, которое будет меняться при прогибе.

Преподаватель: И какой вариант предпочтительнее?

Слушатели: Первый проще, но опаснее: вешки привлекут внимание противника – он ведь рядом, на берегу, возможны обстрелы, бомбардировки. Выбираем второй. Только его нужно как-то автоматизировать...

Преподаватель: Что вы предлагаете?

Слушатели: (После небольшого обсуждения). Нужны два груза, соединенные натянутой проволокой – для натяжения можно поставить пружину. Один груз опустить в пробитую прорубь на дно озера, другой пусть лежит на льду. Нужно еще простое самопишущее устройство с протягиваемой лентой, карандаш которого связан с движением проволоки.

Преподаватель: Идея понятна. Подобное устройство и было сконструировано Н.М.Рейновым. Пришлось немало повозиться, чтобы сделать прибор, названный им «прогибографом», легким и надежным. Но как его изготовить в блокадном Ленинграде, где почти невозможно было найти инструмент, нужные материалы?

Слушатели: А ресурсы? Если устройство простое, можно найти, что приспособить.

Преподаватель: Конечно. Нужные запчасти П.П.Кобеко нашел в старых телеграфных аппаратах. Всем оставшимся в Ленинграде сотрудникам пришлось неоднократно добираться пешком из Сосновки в центр города, где находился Главный почтамт – это более 20 километров! Истощенные люди тащили на себе тяжелые мешки с деталями. Грузы отлили из чугунных оград, снятых с клумб возле института; инструмент помогли достать оставшиеся на эвакуированных заводах работники; всю литейную, слесарную и сборочную работу выполнили сами и, таким образом, изготовили необходимое количество прогибографов. Но когда попытались приступить к испытаниям, оказалось, что работать невозможно. Стояли лютые морозы, вода в прорубях мгновенно замерзала и схватывала проволоку, перемещения груза записать не удавалось. Как быть?

Слушатели: Это новая изобретательская задача. Вепольная модель: V_1 – проволока, V_2 – вода (лед) и P – тепловое поле. Нет, не тепловое, а механическое, именно оно держит проволоку. Получился вредный веполь. По стандарту 1.2.4 можно его разрушить, если ввести тепловое поле – греть проволоку.

Преподаватель: Вы считаете, это осуществимо было в тех условиях?

Слушатели: Скорее всего, нет. Откуда взять тепло? Да и разве стоит греть Ладожское озеро? Но веполь можно разрушить и другим путем. По стандарту 1.2.1 ввести между проволокой и водой третье вещество V_3 .

Преподаватель: Что можно сказать о V_3 ?

Слушатели: Оно не должно замерзнуть при самых сильных морозах. Оно должно позволять проволоке свободно двигаться. Оно должно быть жидким! Все ясно: нужно налить в прорубь керосин или машинное масло! Нет, не годится, оно утечет! – Не утечет, оно ведь легче воды, будет находиться сверху. – Вода в озере колеблется, будет выплескивать его на лед...

Преподаватель: Главная трудность даже не в этом. Масло или керосин, скорее всего, не заполнят прорубь на всю толщину льда. В нижнем слое останется вода. Кроме того, наверху холодно, и хотя керосин, например, не замерзает, но охлаждается. Что при этом должно происходить?

Слушатели: Холодный керосин тяжелее теплого. Он будет опускаться вниз. Отдавать холод (отбирать тепло у воды). Нагреется и снова всплывет... Он заморозит воду под собой! И прорубь все равно замерзнет...

Преподаватель: И как же быть?

Слушатели: Опять новая задача... Вепольная модель: V_1 – керосин, V_2 – вода, Π – тепловое поле. Снова вредный веполь. Можно разрушить по стандарту 1.2.4... Получается, снова нужно греть озеро?

Преподаватель: Мы уже договорились, что это невозможно. Как тогда быть?

Слушатели: Может быть, ресурсы?

Преподаватель: Давайте посмотрим, есть ли у нас ресурсы тепла?

Слушатели: Мы как-то решали задачу, как сделать, чтобы не обмерзли опоры моста. Было предложено обить опоры металлическими листами, приварить к ним цепи и опустить их на дно. Вблизи дна вода теплее – около $+4^\circ \text{C}$, тепло по цепям будет подниматься вверх и не давать опорам примерзнуть. В воде зимой всегда есть ресурсы тепла. Только нужно их как-то подвести.

Преподаватель: И как же это сделать?

Слушатели: Нужно тоже использовать металл. Проволока у нас уже есть. Но ее, наверное, не хватает, слишком малое сечение, передача тепла недостаточная. Взять более толстую проволоку? Но тогда ее труднее будет натягивать...

Преподаватель: Есть еще одна проблема. Керосин или масло будет разрушать стенки проруби, верхний груз может утонуть тоже вместе с пишущим устройством.

Слушатели: Значит, нужно разрушить еще один вредный веполь – защитить стенки от керосина. Все ясно: нужно в прорубь вморозить трубу, достаточно длинную, чтобы она доходила до теплой воды... – Не просто до теплой, а до движущейся, тогда мы сможем использовать тепло не только той части воды, что под керосином, его заведомо не хватает, а больших масс, которые омывают трубу. И в нее опустить проволоку прогибографа.

Преподаватель: Хорошо. Именно такое решение, правда, не сразу нашла С.В.Кобеко. Интересно, что впоследствии его стали применять для сохранения от замерзания зимой противопожарных прорубей.

Слушатели: Значит, все получилось? Прогибографы стали работать?

Преподаватель: Да.

Слушатели: И что же показали прогибографы?

Преподаватель: Оказалось, что предположения были верными. Лед прогибается, бежит волна и т.п. Критической оказалась скорость около 35 километров в час, причем она почти не зависела от груза автомобиля. Кстати, как вы можете объяснить, что порожние машины проваливались чаще, чем груженные?

Слушатели: Наверно, груженные машины ехали медленнее? Осторожнее?

Преподаватель: Да. А порожние торопились назад, им казалось, что без груза безопаснее...

А теперь попробуйте развить полученную гипотезу. Как можно усилить обнаруженный вредный эффект?

Слушатели: Можно наложить несколько волн... Например, если машины идут на расстоянии, равном длине волны... Наложение волн при обгоне... При встречном движении... При отражении волн от препятствий, например, от берега...

Преподаватель: Действительно, такие случаи были особо опасными. Были разработаны правила безопасного движения по льду. Катастрофы прекратились. Прогибограф можно увидеть в музее истории Ленинграда... Теперь новая задача: детективная история.

Задача 10. Человек найден мертвым в запертой изнутри комнате. Пуля пробила оконное стекло (само окно тоже закрыто изнутри), пробила грудь. Но выходного отверстия нет, нет и самой пули. Как это объяснить?

Слушатели: Очень простая задача. Противоречие: пуля должна быть, чтобы убить, и не должна быть, чтобы ее нельзя было найти... Пуля сделана из льда – это же элементарно.

Преподаватель: Тогда объясните следующий факт. При проведении испытаний механизмов артиллерийского орудия на выносливость при отдаче орудие заряжается не снарядом, а его имитацией, сделанной из льда. Понятно почему: если стрелять настоящими снарядами, придется принимать меры безопасности там, где этот снаряд может упасть, потребуется большой полигон и т.п. С ледяным же все просто: он исчезает бесследно уже через несколько метров от ствола. Это установленный факт – исчезновение ледяного снаряда почти сразу после выстрела. Как же тогда можно убить ледяной пулей?

Слушатели: Если оба факта достоверны, значит, нужно решать исследовательскую задачу: почему снаряд исчезает, а пуля – нет. Обратная задача может выглядеть так: как сделать, чтобы ледяной снаряд исчез? – Нужно, чтобы он растаял при выстреле. Это легко – снаряд должен очень сильно нагреваться в стволе артиллерийского орудия. А в стволе пистолета пуля может не успеть нагреться.

Преподаватель: Это можно посчитать. Так вот, оказывается, за время

разгона снаряд растаять не успевают ни от тепла пороховых газов, ни от трения – слишком мала теплопередача. В крайнем случае испарится тончайший поверхностный слой. Какая у нас вепольная модель?

Слушатели: Есть V_1 – снаряд. Нужно его разрушить. Для этого нужно достроить веполь – ввести недостающие V_2 и поле Π . Механическое поле подойдет? Ведь если разбить снаряд на мелкие кусочки льда, тогда они легко растают!

Преподаватель: И за счет чего снаряд может разрушиться?

Слушатели: Энергия у нас среди ресурсов есть – ускорение выстрела настолько велико, что хрупкий и не слишком прочный лед раздробится на мельчайшие частички. То есть снаряд вылетит из ствола не в виде единого обтекаемого тела, способного лететь далеко, а в виде облака мельчайших частиц, которые почти моментально рассеются, отдав накопленную энергию движения воздуху и испари-вшись от этой огромной энергии!

Преподаватель: Да, все верно. А почему пуля не разрушается?

Слушатели: Энергия меньше, удар слабее, прочности льда хватает...

* * *

Во многих случаях необходимость решения исследовательской задачи связана с желанием устранить тот или иной нежелательный эффект, причины которого не ясны. Однако в ряде случаев задача по устранению нежелательного эффекта может быть решена даже если его причины остаются неизвестными. Например, если заметили, что при щелкании выключателем возникают помехи в телевизоре, то можно, не разбираясь в механизме действия помех, просто перестать щелкать выключателем при работающем телевизоре, либо найти другой способ освещения и т.д. Отсюда следует рекомендация: прежде чем начать решать исследовательскую задачу на поиск причин нежелательного явления, необходимо поискать способ его устранения (с помощью инструментов ТРИЗ в том числе) без установления причин.

Подробное описание решения исследовательских задач и ряд примеров приведены в [10-12; 15; 17]. Задачи, рассмотренные в этих книгах, приводятся и в задачнике, завершающем эту книгу.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ НАУЧНЫХ СИСТЕМ

Построение новых научных систем типа гипотез, теорий, концепций является наиболее важным для развития науки и справедливо считается высшим, наиболее престижным видом научной деятельности. В отличие от решения конкретной научной проблемы или задачи, создание научной концепции требует разработки целостной системы взглядов, учитывающей множество факторов. Секреты научного творчества всегда интересовали ученых и науковедов, на эту тему написано немало книг, но как и на ранних этапах изучения изобретательского творчества, главное внимание в них уделялось обычно моментам особенным, специфическим именно для данной науки либо для данного ученого. Работа по выявлению каких-то общих, закономерных факторов была начата Г.С.Альтшуллером в шестидесятых годах классификацией открытий и формулированием приемов «открывательства» для каждого типа открытий (см. статью, открывающую 1-ю часть данной книги). Ему же принадлежат первые попытки использования идеологии и инструментов ТРИЗ для построения новых концепций.

В начале шестидесятых годов Г.С.Альтшуллер совместно с писателем-фантастом В.Н.Журавлевой проанализировали известные факты и существовавшие на тот момент гипотезы, объясняющие природу «Тунгусского чуда», такие его особенности, как невероятно большая мощность взрыва, отсутствие следов падения метеорита, многочисленные аномалии в околоземной атмосфере и поверхности почвы, противоречивые свидетельства очевидцев и т.п. На базе проведенного анализа была предложена новая гипотеза, разрешающая существующие противоречия, увязывающая воедино все известные факты, подтверждающаяся большим количеством косвенных доказательств и не противоречащая известным законам природы [19].

Так, анализ эволюции различных гипотез о происхождении тунгусского взрыва показал, что явно прослеживается тенденция к «измельчению» таинственного объекта: сначала предполагалось существование единого метеорита из твердого вещества, потом раскалывание метеорита на несколько кусков, потом – на множество мелких кусков. В дальнейшем, по мере того, как поиски не приводили к нахождению сколько-нибудь заметных остатков метеорита, возникли гипотезы, последовательно объявлявшие «тунгусское диво» пылевым облаком, головой кометы, состоящей из льда и замерзших газов, и т.п.

Такая картина развития гипотез соответствует известному а ТРИЗ закону перехода технических систем на микросуровемг, суть которого заключается в том, что в процессе эволюции технические системы последовательно переходят от использования элементов и процессов на макроуровне (механика), к использованию эффектов, связанных с внутренним строением вещества, кристаллических, молекулярных и атомных эффектов и превращений. Конечная фаза этих переходов – использование различных полей, в том числе тепловых, электромагнитных и т.п. [10]. Применений этого

закона к эволюции гипотез о происхождении тунгусского взрыва позволило сделать следующий шаг и создать новую гипотезу о связи феномена с прохождением через земную атмосферу сверхмощного лазерного луча с выделением большой энергии при взаимодействии его с плотной земной атмосферой, обладающей нелинейными свойствами. Идея была воспринята как фантастическая, но впоследствии оказалось, что авторы «на кончике пера» предсказали новое физическое явление самофокусировки лазерного луча – открытие, сделанное независимо от них советским физиком Г.Аскарьяном.

Практически с самого начала развития ТРИЗ, с тех пор как сначала сам Г.С.Альтшуллер, а потом и его ученики начали проводить обучение ТРИЗ на семинарах, в курсе включались упражнения по развитию творческого воображения (РТВ), содержавшие элементы отработки техники построения новых концепций [2; 3; 6; 9-11]. Например, слушатели получали ряд заданий, среди которых были следующие: а) придумать фантастическое животное; б) придумать фантастическую планету; в) придумать фантастический сюжет, сказку. Так в рамках курса РТВ постепенно отрабатывались первые методические рекомендации, конкретный инструментарий, позволяющий целенаправленно строить новые фантастические сюжеты, искать фантастические идеи. К ним можно отнести разработанную Г.С.Альтшуллером **фантограмму** – специализированную морфологическую таблицу с заранее заданными осями [9, с. 112], систему приемов и упражнений по развитию воображения. Для оценки полученных идей и сюжетов (а также идей и сюжетов любых фантастических произведений) Г.С.Альтшуллером совместно с П.Р.Амнуэлем была создана шкала «Фантазия»³⁰. В дальнейшем Г.С.Альтшуллер разрабатывал и принципы построения сюжетов сказок на базе ТРИЗ. Ниже приведен отрывок из стенограммы занятия на семинаре по ТРИЗ в 1986 году (г. Симферополь):

«...Резюмируем. В чем заключается метод конструирования художественной системы? Выбираем объект, тем или иным способом придумываем (конструируем) противоречие. Усиление противоречия, расшифровка противоречия и использование в художественных целях тех возможностей, которые оно дает. Потом смеца противоречия. ...Такое построение: противоречие, извлечение дивидендов из этого противоречия, новое противоречие, извлечение дивидендов... Они как секции моста, который строят, выдвигаясь с одного берега. В конце концов мост прогнется. Нужно зайти с другого берега. Построить одну-две таких секции и сформулировать ИКР, забежать в конец, то есть найти мораль. Тогда, опираясь на ИКР – мораль с этой стороны, вы уже не будете произвольно двигаться (это можно делать бесконечно), а в направлении, которое непременно ведет к необходимому выв.оду».

Одна из сказок, построенная Г.С.Альтшуллером на занятии, приведена в приложении к этой части книги.

³⁰ Альтов Г. Инженер читает фантастику. - Техника и наука. 1983, №8.

Конечно, не следует считать, что по описанной выше схеме можно создать полноценное художественное произведение. Речь идет лишь о скелете, который затем может быть «одет» в Но если такого скелета нет, талантливое произведение не получится, несмотря на все художественные ухищрения.

Построение сюжетов – лишь один из первых шагов на пути разработки методологии создания новых концепций. В рамках этой работы изучались различные теории, истории их создания, выявлялись логика, приемы, закономерности, интуитивно или сознательно использованные их творцами. В этом плане наиболее полезными оказались книги, в которых сами первооткрыватели излагали основы своих новых теорий и историю их создания: книги И.Ньютона, З.Фрейда, А.А.Богданова, Л.Н.Гумилева, Ч.Дарвина, Г.Селье, А.А.Любищева, Г.С.Альтшуллера, Л.С.Берга, А.М.Уголева и других. В результате оказалось возможным не только выявить ряд приведенных выше закономерностей и механизмов развития научных систем, но и некоторые эффективные приемы, подходы к построению новых научных систем.

Можно утверждать, что новая научная система должна включать:

1. Комплекс эмпирических фактов, которые требуется объяснить (открытия 1-го рода по классификации Г.С.Альтшуллера);
2. Одну или несколько закономерностей, связывающих эти факты (открытия 1 и 2-го рода);
3. Один или несколько взаимосвязанных механизмов, позволяющих объяснить имеющиеся факты и закономерности (открытия 2-го рода), объединить их в целостную систему взглядов и предсказать новые факты и закономерности.

О том, как выявлять, собирать факты (осуществлять открытия 1-го рода), рассказано в приведенной статье Г.С.Альтшуллера. Там же отмечена роль аналогий при создании открытий 2-го рода, а также использования приема «введение гипотетического явления» Остановимся несколько подробнее на основных характеристиках и принципах поиска (конструирования) объяснительных механизмов.

Основные характеристики и приемы поиска Объяснительных механизмов

Как уже отмечалось, при поиске объяснительных механизмов очень важную роль играет использование аналогий, позволяющих переносить из одной области в другую объяснительные механизмы. И происходит это тем более эффективно, чем понятнее, интуитивно представимее эти механизмы. А.А.Богданов утверждал, что «механизм» – понятная организация, и только. Машина потому «не более как механизм», что ее организация выполнена людьми и, значит, принципиально им известна. ...Механическая точка зрения и есть единая организационная точка зрения – в ее развитии, в ее победе над

разрозненностью науки»[20].

Долгое время понятными считались только механические модели. Так, З.Фрейд выявил основные механизмы психической деятельности человека, такие как вытеснение, фиксации, взаимодействие сознательного и бессознательного и т.п., и описал их в механических терминах. В тех случаях, когда построить механическую модель не удавалось из-за сложности, слабой изученности реальных механизмов, прибегали к использованию «одушевленных» моделей. К таким моделям относятся широко известный «демон Максвелла», сортирующий молекулы по скорости, метод моделирования маленькими человечками в ТРИЗ. Ч.Дарвин при поиске закономерностей естественного отбора проводил аналогию между природой и неким хозяином, ведущим искусственный отбор животных в своем хозяйстве.

Сегодня вполне понятными могут быть и другие модели, например, электрические, электронные. Но в любом случае понятность, представимость объяснительного механизма обязательна, без этого невозможно эти механизмы совершенствовать, как нельзя отремонтировать машину, не разбираясь в ее принципе действия. Вместе с тем, как уже отмечалось выше, совершенно не обязательно, чтобы механическая объяснительная модель совпадала с реальным механизмом, который может быть гораздо более сложным. Попытки сведения реальности к чисто механическим явлениям – редукционизм – вполне справедливо осужден в науке. З.Фрейд постоянно утверждал, что его механические аналогии лишь позволяют лучше понять явления, но вовсе не являются попытками увидеть внутри человека «шестеренки».

Ясностью и хорошей представимостью отличаются объяснительные механизмы, полученные с использованием приема «обращение исследовательской задачи» по технологии, приведенной выше, так как они не угадываются, а конструируются.

Требование понятности, представимости объяснительных механизмов, ка первый взгляд, находится в противоречии с современной тенденцией в развитии науки, заключающейся во все большей математизации. Крупные ученые заявляли, что, например, в современной физике многое нельзя себе представить, а можно только рассчитать. Анализ истории развития науки показал, что такие высказывания характерны для периодов застоя. Так было в физике на рубеже XIX-XX веков, когда здание классической физики казалось полностью достроенным, и приверженцы позитивизма сводили науку к поиску адекватных математических построений, обеспечивающих согласование, взаимопереход между отдельными экспериментальными данными. Период застоя заканчивался лишь тогда, когда математическая картина осознавалась как описание реально существующих механизмов.

Можно выделить единичный цикл в развитии науки, включающий три стадии: построение математической картины явления, формально позволяющей установить соответствие с экспериментом либо примирить противоречия между теорий и экспериментом, между разными теориями;

осознание этой математической картины как отражения физической реальности; дальнейшее развитие нового объяснительного механизма, в том числе и необходимого для этого математического аппарата. Чем быстрее происходит переход от стадии математического описания к физической реальности, тем быстрее могут быть получены новые результаты, новый толчок к развитию науки.

Так, картина мира по Копернику возникла сначала как удобное формальное описание, позволяющее легко рассчитывать положения планет. Система уравнений электромагнитного поля была построена Дж.Максвеллом благодаря формально введенному члену, имеющему размерность тока. Но осознание его как реально существующего тока смещения в вакууме (или диэлектрике) позволило прийти к идее электромагнитных волн, распространяющихся в пустоте. Уравнения Х.Лоренца, воспринятые научным сообществом (в том числе и крупнейшим физиком и математиком позитивистом А.Пуанкаре) как формальное математическое построение, позволяющее установить связь между уравнениями механики Ньютона и электродинамики, А.Эйнштейн осознал как отражение физической реальности, что позволило ему создать теорию относительности. Он же, восприняв квант как реально существующую минимальную порцию энергии (против чего категорически возржал автор идеи кванта М.Планк), нашел физическое объяснение природы фотоэффекта.

Подводя итог рассуждениям о характере объяснительных механизмов, можно сформулировать ряд принципов, которым они должны удовлетворять.

Принцип существования объяснительных механизмов. Если в какой-то области существует подтвержденная фактами или интуитивно понимаемая закономерность, могут быть построены отдельные объяснительные механизмы или их сочетания, объясняющие данную закономерность.

Принцип неоднозначной связи закономерностей с механизмами. Любая закономерность может объясняться одним или несколькими взаимодополнительными механизмами, любой механизм может объяснять одну или несколько взаимосвязанных закономерностей.

Принцип внутренней логики (непротиворечивости) объяснительных механизмов. Каждый объяснительный механизм не должен содержать внутренних противоречий, нарушений логики.

Принцип ограниченной достоверности объяснительных механизмов. Каждый объяснительный механизм соответствует реальному механизму только с определенной степенью точности и в определенных границах.

Принцип универсальности объяснительных механизмов. Любой выявленный в конкретной, частной области объяснительный механизм следует считать потенциально универсальным при наличии соответствующих условий.

Принцип относительной независимости объяснительных механизмов. Объяснительные механизмы разных системных уровней относительно слабо зависят друг от друга.

Принцип согласования системных уровней закономерностей и их объяснительных механизмов. Наиболее идеальный объяснительный механизм действует на том же системном уровне, на котором описана объясняемая им закономерность.

Принцип подчинения объяснительных механизмов законам развития. Процесс построения и развития объяснительных механизмов во многом аналогичен процессу развития технических систем и подчиняется аналогичным законам развития.

Основным приемом построения (поиска) объяснительных механизмов является прием «обращени исследовательской задачи» (см. выше). В ряде случаев (например, при построении объяснительных механизмов живой природы) может оказаться полезной его модификация, которую можно назвать «антибионический принцип» или «принцип технионики». Суть его заключается в следующем. Известна наука бионика, изучающая особенности строения и жизнедеятельности живых организмов с целью их использования для создания новых приборов, механизмов. Днем рождения бионики считается 13 сентября 1960 года, когда в Дайтоне (США) открылся симпозиум на тему «Живые прототипы искусственных систем – ключ к новой технике». Новая наука началась с заманчивых и казавшихся вполне обоснованными обещаний окружить нас удивительными биоподобными механизмами, открыть дорогу к революционным изобретениям.

Но за тридцать лет надежды не оправдались. Такой результат был предсказан Г.С.Альтшуллером, который в конце 60-х годов писал: «Достаточно прочесть несколько книг и статей по бионике, чтобы обнаружить один и тот же весьма скромный набор примеров: ультразвуковая локация у летучих мышей; жужжальца-гироскопы у мух; китообразная форма судов; кожа дельфина, снижающая сопротивление воды при движении; искусственное «ухо медузы», предупреждающее о приближении шторма... И вот что характерно: сначала, как правило, делается изобретение, а потом отыскивается его живой прототип. Так, например, принцип метода снижения сопротивления был предложен Крамером еще в 1938 году, а лишь в 1955 году тот же Крамер обнаружил, что дельфины «применили» его идею»[2].

Ничего удивительного в этом нет. Биологические механизмы очень сложны, многофункциональны, и перед ученым, пытающимся «вытащить» что-то из биосистемы и использовать в технике, стоит такая же задача, как перед кузнецом XVIII века, который бы вдруг получил «на поток и разграбление» современный космический аппарат и соображал, как с его помощью усовершенствовать телегу. Даже если и удалось бы найти что-то полезное, нет никакой гарантии, что кузнец бы разобрался в устройстве того или иного узла и использовал его по назначению, а не стал бы забивать гвозди навигационным прибором. Опыт показал, что путь от сложного

(биосистем) к простому (технике) оказался практически невозможным. Но за время существования бионики накопился фонд примеров обратного действия. Помимо уже упоминавшегося случая с изобретением «кожи дельфина» известны и другие, например:

изобретение тепловых труб, обеспечивающих высокоэффективную теплопередачу, после чего через некоторое время открыли, что поры в теле человека и животных участвуют в эффективном охлаждении за счет работы, аналогичной работе тепловой трубы;

после создания первых, пусть и несовершенных локаторов стало понятно, как ориентируются в пространстве летучие мыши;

после создания источников когерентного излучения – лазеров – были обнаружены естественные лазерные системы (от космических объектов до отдельных молекул), работающие в режиме лазера;

голография, позволившая получить объемное изображение предметов, сегодня используется для объяснения характера деятельности человеческого мозга.

Эти и другие примеры показывают, что изобретения в технике позволили сделать соответствующие открытия в науке. С учетом общности законов развития разных систем можно сформулировать «принцип технионики», прямо противоположный бионическому, заключающийся в том, что всю технику можно использовать как фонд простых моделей при поиске объяснительных механизмов как в биологии, так и других естественных науках. Для повышения эффективности поиска рекомендуется еще ряд приемов.

Использование типовых объяснительных механизмов. При поиске механизмов для объяснения конкретной закономерности рекомендуется сначала пытаться применить объяснительные механизмы, характерные для данной области науки, а затем универсальные, в том числе:

1. Механизм положительной обратной связи, вызывающий лавинообразный рост и развитие систем;
2. Механизм исчерпания ресурсов развития (в том числе из-за различных нелинейных явлений), останавливающий лавинообразное развитие;
3. Механизм отрицательной обратной связи, стабилизирующий состояние системы, обеспечивающий ее гомеостазис, в том числе механизм поддержания динамического равновесия по типу принципа Ле Шателье.
4. Механизм положительного или отрицательного отбора;
5. Механизм генерации случайностей, заключающийся в наложении различных закономерностей, явлений, обеспечивающий «материал» для отбора;
6. Механизм развития за счет ресурсов, сначала готовых, затем производных;
7. Механизм появления или исчезновения функций и свойств как системных эффектов при объединении элементов в систему, как в пространстве, так и во времени;

8. Механизм структурирования системы за счет кооперированных (синергетических) взаимодействий;

9. Механизм построения новой системы из элементов, полученных при разложении других систем;

10. Механизм накопления нарушений (нелинейностей, дефектов и т.п.) в процессе функционирования или развития системы и их устранения в результате различного рода кризисов: локальных (без значительного изменения системы), глобальных (принципиальное обновление системы в результате качественного скачка), летальных (уничтожение системы).

Естественно, здесь приведены только немногие универсальные механизмы, характерный для развития в самых разных областях. Выявление таких механизмов, особенностей их функционирования и создание техники их использования – важная задача науковедения.

Использование понятных аналогий. Объяснительные механизмы нужно строить на известных аналогиях, лучше всего механических (гидродинамических), по возможности – электрических

Поиск «под фонарем». Поиск объяснительных механизмов легче всего (дешевле, удобнее, эффективнее), с тем, чтобы потом перенести найденный механизм в нужную область. В частности, удобно искать механизмы там, где в силу каких-то аномалий они выражены наиболее ярко.

Пример. Механизм вытеснения, свойственный всем людям, Фрейд впервые обнаружил у невротиков, у которых он выражен аномально.

Поиск на соответствующем системном уровне. Поиск объяснительных механизмов предпочтительнее проводить на том же системном уровне, на котором действует закономерность, требующая объяснения.

Использование «одушевленных» механизмов. При объяснении сложных явлений эффективно работают механизмы, способные действовать «разумно» (выполнять команды, выбирать способ действия и т.д.).

Реализация формальных моделей. После построения любой формальной (математической или иной) модели, способной удовлетворить математическим или иным (например эстетическим) требованиям, необходимо осознать, что такая модель может оказаться физической реальностью.

Объединение альтернативных объяснительных механизмов. Если имеются два объяснительных механизма, у каждого из которых свои достоинства и недостатки, следует построить на их базе новый объяснительный механизм, сочетающий достоинства и исключаящий

недостатки исходных.

Расширение области использования найденного механизма. Выявив в какой-то области новый объяснительный механизм, необходимо рассмотреть, нельзя ли с его помощью объяснить и другие явления.

Использование «мягких» формулировок. Любой объяснительный механизм должен формулироваться без излишней категоричности, допускать возможность дополнения, изменений.

Установление ограничений действия механизмов. Для любого объяснительного механизма должны быть указаны исходные постулаты, принятые при его формулировании, условия его действия (границы и диапазон применимости), ограничения, налагаемые данным механизмом на научную систему.

После того, как те или иные объяснительные механизмы построены, необходимо рассмотреть, какие новые закономерности, какие новые факты могут вытекать из этих механизмов.

Для построения цельной и последовательной научной концепции можно рекомендовать воспользоваться приведенной ниже примерной методологией. Следует только помнить, что последовательность выполнения работ не обязательно соответствует той последовательности, в которой они записаны. На практике многие шаги, такие как изучение системы, выявление недостатков, поиск решений и проверка их (хотя бы первичная), осуществляются параллельно.

Этапы построения новых концепций

1. Анализ исходной системы

1.1 Системный анализ. Подсистемы, надсистемы, структура, функционирование. Основные постулаты, исходный фактологический материал. Основные закономерности и известные механизмы. История и динамика развития системы, тенденции развития, этап развития.

1.2 Изучение других систем, близких к исследуемой (анalogии по кругу изучаемых явлений, по подходам и т.п.).

1.3 Формирование и анализ модели исходной системы. построение простой модели исходной системы. Основные подсистемы модели, принятые ограничения (в то числе и не сформулированные ранее). «Примерка» типовых и универсальных моделей.

1.4 Анализ недостатков модели исходной системы. Выявление нарушений законов развития: необоснованных постулатов, выходов за рамки

принятых ограничений, внутренних противоречий, гипотез «ad hoc»³¹, нерешенных проблем. Выявление недостатков, связанных с текущим этапом развития, например, явлений застоя и т.п. Формулирование задач.

2. Синтез новой концепции

2.1. Решение сформулированных задач с использованием технологии решения исследовательских задач: обращение задач, проверка возможности использования типовых и универсальных объяснительных механизмов и т.п.

2.2. Сведение полученных результатов в единую новую модель-концепцию, предназначенную для замены или дополнения исходной. Внутреннее структурирование новой модели-концепции. Определение условий существования и границ применения.

3. Проверка новой концепции

3.1 Проверка новой концепции на соответствие всему комплексу имеющихся фактов и закономерностей.

3.2 Проверка на соответствие имеющимся в данной области теориям (на выполнение «принципа соответствия»).

3.3 Выявление предсказываемых этой концепцией новых фактов, закономерностей, решение задач по их экспериментальному обнаружению (с использованием при необходимости инструментов ТРИЗ), проведение необходимой экспериментальной проверки.

3.4 Если в результате проверки по п. 3.1 – 3.3 будут получены отрицательные результаты, необходимо вернуться к разделу 2 и сформулировать новые задачи по поиску механизмов, объясняющих выявленные отклонения.

4. развитие новой концепции

4.1. Проверить возможность применения к новой концепции законов развития.

4.1.1 Сформулировать противоположную концепцию. Попытаться найти условия, при которых она может оказаться справедливой. Найти способ их объединения по закону объединения альтернативных (инверсных) систем (в соответствии с принципом дополнительности).

4.1.2. Рассмотреть возможность использования других законов развития.

4.2. Описать новые, выявленные в результате работы объяснительные механизмы. Рассмотреть возможность их переноса в другие области.

³¹ad hoc - по случаю, для данной цели. Так называют гипотезы, специально построенные для объяснения как-то нового факта, не связанные с другими объяснениями.

Пример построения новой концепции в области эволюционной биологии

Интерес специалистов по ТРИЗ к эволюционной биологии не случаен. Именно в этой науке одним из первых был открыт ряд эволюционных законов. Анализ трудов известных биологов-эволюционистов И.И.Шмальгаузена, А.А.Любищева, А.С.Яблокова, Н.В.Тимофеева-Ресовского, Л.С.Берга и других показал, что сопоставление законов развития, выявленных в технике, с законами эволюции в биологии вполне оправдано, имеется много общих моментов, но есть и различия. Некоторые законы, давно известные в биологии, в технике пока не выявлены.

Одновременно есть законы, хорошо изученные на базе техники, но их аналоги, несомненно существующие в биологии, не описаны. Первоначальной целью авторов данной работы было изучение закономерностей развития в биологии и перенос их в ТРИЗ. Поскольку авторы не являются биологами, работа включала изучение ряда разделов биологии с помощью сначала школьных учебников, затем вузовских и наконец специальных трудов, монографий (на это было затрачено около 1500 рабочих часов). По мере углубления знакомства с биологией стали выявляться трудности, противоречия, которых немало в современном дарвинизме – синтетической теории эволюции (СТЭ). Так как именно в это время шла и работа по технологии решения исследовательских задач, возникла идея использовать элементы этой технологии для разрешения выявленных трудностей в биологии. В дальнейшем работы по созданию методологии построения новых концепций и новой концепции в области эволюционной биологии шли параллельно. Впервые гипотеза «эволюционного мозга» как дополнение к СТЭ была доложена на конференции разработчиков и преподавателей ТРИЗ в г. Петрозаводске в 1985 году. Впоследствии гипотеза дорабатывалась, уточнялась. Она была обсуждена с профессионалами-биологами на семинарах по обучению ТРИЗ в НИИ цитологии и генетики СО АН СССР в 1988 и 1989 годах. Краткое изложение гипотезы приведено в виде фантастической идеи в книге «Месяц под звездами фантазии» [9].

Исходная модель

Простая модель СТЭ известна: случайная изменчивость организмов за счет генетических мутаций и выживание наиболее приспособленных особей в результате естественного отбора. Однако эта модель, чрезвычайно эффективная, позволяющая объяснить множество биологических процессов, испытывает ряд затруднений в объяснении некоторых конкретных фактов и явлений.

Затруднение 1. По мере увеличения цефализации организмов (цефализация – от греч. *kephale* – голова, под этим термином понимается отношение массы головного мозга к массе тела), то есть развития мозга и психики, действие факторов отбора на организмы должно в принципе ослабляться. Организмы, находящиеся на более высоком уровне психического развития, могут компенсировать неблагоприятные изменения внешней среды за счет изменения своего поведения, лучшей приспособляемости. Так, при неожиданном похолодании теплолюбивые рыбы вымрут, а лисы, обезьяны могут научиться прятаться от холода в норах, собирая опавшие листья и зарываясь в них, и т.д. То есть развитие интеллекта повышает выживаемость потомства путем стимулирования способности заботиться о потомстве, объединения в стаи, взаимопомощи и т.п. и тем самым снижает «давление отбора». Отсюда можно сделать вывод, что эволюция по мере развития мозга должна замедляться. Однако палеонтологическая летопись утверждает совершенно обратное: эволюция при повышении степени цефализации ускоряется. Удовлетворительных объяснений этого противоречия сегодня не имеется.

Затруднение 2. Существуют расчеты вероятностей появления тех или иных признаков при эволюции путем случайных мутаций и отбора, показывающие, что при относительно небольшом количестве поколений и численности особей, то есть сравнительно небольшом количестве перебираемых вариантов, невозможно появление существующих сложных биологических форм. В биологии имеется множество попыток более или менее удовлетворительно обосновать это явление, но общепринятого мнения на этот счет пока не существует.

Затруднение 3. С точки зрения теории отбора трудно объяснить эволюцию органов, которые не могут быть полезны организму в зачаточном состоянии, но тем не менее развиваются (электрический орган у скатов). Точно так же труднообъяснимо развитие опережающих признаков, возникающих в организме до появления необходимости в них (швы на черепах млекопитающих). Еще один подобный факт: развитие приспособлений, полезных для выживания вида или сообщества видов, но вредных для конкретного организма (гремучка у гремучей змеи).

Затруднение 4. В теории биоэволюции показано, что главное для эволюции – выживание вида, а не отдельного организма. Тогда трудно объяснить, зачем существует такое излишество – развитая нервная система и мозг – только для целей выживания индивидуума.

Затруднение 5. Для объяснения причины появления новых полезных изменений в организмах биологами не раз формулировались гипотезы по природной изобретательности организма. Первоначально речь шла о «зародышевой изобретательности», потом (по мере развития биологии) «клеточной», «генной», «молекулярной» изобретательности. «Субъект», ответственный за биологическое изобретательство, продвигался все глубже на микроуровень. Где же следует остановиться?

Изучение теории биоэволюции с позиций ТРИЗ привело к неожиданному выводу: главная «линия боев» в биоэволюции проходит там же, где и в теории творчества: по вопросу о роли в биоэволюции метода проб и ошибок (МПиО), ненаправленного перебора вариантов.

Как уже было отмечено, СТЭ отстаивает следующую позицию: биоэволюция происходит в результате случайных мутаций (изменений), то есть случайного перебора вариантов. С этой точкой зрения не согласны многие выдающиеся биологи: академик – Л.С.Берг, А.А.Любищев, некоторые крупные зарубежные биологи. Вместо СТЭ они предлагают другие модели эволюции, основанные на предположении о существовании законов развития (учение о номогенезе Л.С.Берга³²) или наличии в природе какого-то целеполагающего фактора,двигающего эволюцию в определенном направлении (финалистическотеории эволюции³³). Причем диапазон кандидатов на роль целеполагающих факторов очень широк: от Бога до «запрограммированности» эволюции с самого ее начала на достижение какой-то цели. В этих моделях эволюции тоже не все понятно. С точки зрения номогенеза (закономерного развития) трудно объяснить медленный ход эволюции, множество тупиковых путей, массовые вымирания видов и т.д., то есть слабую, «халтурную» работу целеполагающих факторов. Борьба между сторонниками СТЭ и номогенеза длится уже много лет, что говорит о серьезности разногласий.

Кроме описанных выше, в биологии существует ряд более мелких и менее острых затруднений. Для многих из них находят свои объяснения, как будто снимающие данное затруднение или противоречие. Беда в том, что большинство из них, по выражению Любищева, имеет характер гипотез «ad hoc», используя которые можно объяснить все, что требуется. Но когда таких объяснений много (а в СТЭ их очень много), теория представляет собой громоздкое, неуклюжее, плохо работающее сооружение и, как отмечается в трудах по науковедению, нуждается в коренной перестройке, позволяющей все факты объяснить с единой методологической позиции.

³² Берг Л.С. Труды по теории эволюции 1922-1930 гг.-Л.: Наука. 1977.

³³ Назаров В.И.- Финализм в современном эволюционном учении. - М.: Наука. 1984.

Обращение задачи

Представим себе, что нам нужно спроектировать некое устройство, которое могло бы «руководить» эволюцией, кратчайшим путем совершенствуя биологический вид в направлении повышения идеальности, то есть некий «электронный эволюционный мозг» или, как это называется сегодня, «экспертная система». Такой мозг должен был бы уметь решать задачи типа: повысится ли идеальность, если удлинить шею антилопы? С одной стороны, сумма полезных функций увеличится: антилопа сможет доставать листья с более высоких деревьев. С другой стороны, возрастут факторы расплаты: для удержания головы на более длинной шее потребуется более плотный костяк; для того чтобы качать к голове кровь, потребуется более мощное сердце, что, в свою очередь, требует повышения массы всего организма и, следовательно, больше питания. Плюсы и минусы сравниваются. Если проигрыш больше, вариант отвергается без проверки «в натуре», идет поиск новых вариантов. Если выигрыш больше, «эволюционный мозг» должен дать соответствующую команду генетическому механизму.

Сформулируем «техническое задание» на такое устройство, которое должно выполнять ряд условий:

- уметь на базе имеющихся моделей внешней среды и самого организма выбирать и проверять (причем в уме, на моделях) варианты возможных изменений организма с учетом влияния внешней среды;

- накапливать информацию о сделанных пробах, чтобы не повторять ошибочных;

- иметь какие-то правила, направления выбора вариантов, чтобы не производить слишком много проб, то есть знать какие-то закономерности развития;

- иметь возможность влиять на наследственное вещество, чтобы проверить на практике результаты «теоретического отбора» и проверки.

Таким требованиям, очевидно, могла бы удовлетворять достаточно мощная вычислительная машина или живой мозг.

Интересно, что большинство финалистических теорий искали такой мозг вне организма, неизбежно приходя к той или иной форме мистики. В соответствии с ТРИЗ нужно искать такой мозг среди ресурсов. Единственный ресурс такого рода – мозг самого организма.

Таким образом, можно сформулировать следующую гипотезу. В качестве искомого эволюционного аппарата может выступать нервная система, мозг организма. У них есть практически все необходимое для этого: мозг даже не слишком сложных организмов способен формулировать и решать достаточно сложные задачи, для решения которых нужны адекватная

модель окружающей среды и самого организма, а также хорошие «счетные» возможности. Без этого невозможно рассчитать даже простой прыжок, не говоря о сложных поведенческих реакциях, приспособительном поведении. Мозг также умеет накапливать информацию как оперативную, так и наследственную (сложные инстинкты у животных).

До последнего времени не было сведений о том, что мозг может оказывать влияние на наследственное вещество. Но сегодня имеется ряд подтверждений такой возможности в генетической теории полов, созданной В.А.Геодакяном³⁴. простейший механизм ствия – инстинктивный выбор наилучшего для дальнейшей эволюции полового партнера – достаточно понятен. Другой, более необычный механизм, предложил слушатель семинара по ТРИЗ, сотрудник НИИ цитологии и генетики кандидат биологических наук Г.А.Зайнев, который считает, что он может заключаться не в управлении структурой молекул ДНК, а в управлении активностью (включение – выключение, активизация, перевод в доминанту) каких-то участков ДНК – генов.

Гипотеза позволяет разрешить приведенные выше затруднения и противоречия. Она объясняет, почему для развития достаточно небольшого числа поколений – большинство проб идет в уме, реализуются немногие. При этом, чем более развит мозг, тем успешнее он может решать эволюционные задачи, тем быстрее будет идти эволюция, как это и наблюдается в действительности. Легко также объясняется и слабая направленность эволюции, ее тупиковые пути: «эволюционный мозг» – это, конечно, не всезнающий мировой разум, он не в состоянии видеть вперед на сотню поколений, его возможности ограничены, он может лишь обеспечить, чтобы его потомок был чуть-чуть лучше или, во всяком случае, не хуже. Отсюда и ошибки.

Гипотеза «эволюционного мозга» позволяет предположить, что за «молекулярной изобретательностью» живого организма должна следовать не «изобретательность на уровне элементарных частиц», а просто «изобретательность предыдущей системы» – то есть родительского организма. Возможно, что нервная система и мозг эволюционировали в первую очередь как инструменты сохранения и развития вида. Легко объясняется и появление опережающих признаков, коллективных видовых приспособлений, эволюция органов, чьи функции могут ормально выполняться только при достаточном развитии.

Проверка полученной гипотезы

Приведем ряд известных фактов, подтверждающих гипотезу «эволюционного мозга».

Одновременное Ч.Дарвиным к идее биологической эволюции за счет

³⁴ См.: Геодакян В.А. Теория дифференциации полов в проблемах человека / В сб.: „Человек в системе наук“. - М.: Наука, 1989.

естественного отбора пришел и А.Уоллес, впоследствии отказавшийся от нее из-за невозможности объяснить появление и быстрое развитие мозга человека, несоответствие его мощности, достаточной и для того, чтобы существовать в сложных современных условиях, с теми довольно простыми условиями, в которых он формировался. С позиций гипотезы о существовании «эволюционного мозга» это несоответствие можно объяснить тем, что фактически разум мог появиться не в результате развития мозга, а в результате достаточно быстрого в эволюционном плане переключения части имеющихся «вычислительных мощностей» из области эволюционной работы в область повседневного мышления. Аналогично можно объяснить и явление избыточности, благодаря которому мозг, сформировавшийся у древних на их простых задачах, нормально справляется с трудными задачами сегодня. Легко объясняется и то, что эволюция, резко ускорившаяся с возникновением человека, после появления кроманьонца практически прекратилась: по-видимому, мозг переключился с эволюции на повседневную жизнь.

Данная гипотеза позволяет также объяснить, почему разброс в возможностях мозга значительно превышает разброс в других возможностях организма (разная степень переключения). Становятся понятны такие аномальные возможности человеческого мозга, как сверхмощная память, быстрый счет и т.п. Можно предположить, что переключение в какой-то степени управляемо, например, постоянные упражнения могут подключить ранее не задействованные мощности, то есть человек может умнеть чисто биологически.

Гипотеза «эволюционного мозга» в принципе не противоречит большинству положений СТЭ и вполне совместима с ней, если принять, что сосуществуют оба механизма изменчивости: как случайные мутации, так и направленные изменения. По мере развития может идти постепенное подключение мозга к эволюции, увеличение степени его влияния. Гипотеза также совместима и дополнительна по отношению к генетической теории полов В.А.Геодакяна.

Каковы могут быть возражения против гипотезы «эволюционного мозга»? На первый взгляд, она не в состоянии объяснить механизм эволюции растений, не имеющих мозга. Но можно предположить, что аналогичную мозгу роль в растениях могли бы играть какие-то нервные узлы (что-то вроде ганглий у насекомых). Кроме того, не исключено, что в клетках могут существовать некие органеллы, способные выполнять нужную функцию. Во всяком случае, сегодня появляются публикации о «клеточных или молекулярных вычислительных машинах». В принципе именно этот вопрос – о развитии растений, о наличии у них тех или иных функций «мышления», направляющих эволюцию, мог бы стать «*experimentum crucis*» (решающим экспериментом), способным подтвердить или отвергнуть предлагаемую гипотезу.

Реальная проверка подобной гипотезы требует большой работы по изучению всего комплекса известных фактов, явлений, механизмов на

соответствие их гипотезе. Кроме того, должны быть спланированы специальные эксперименты, позволяющие проверить полученные выводы. Такая работа может быть выполнена только профессионалами и вполне понятно, что в ее процессе неизбежны уточнения, корректировки, дополнения основной идеи.

Дальнейшее развитие полученной концепции

Главная идея данной концепции заключается в том, что мозг организма используется как ресурс (функциональный). Предполагается, что кроме своей известной функции – обеспечения выживания организма в его индивидуальной жизни, он может осуществлять и другую не менее важную функцию: обеспечение целенаправленного эволюционного процесса. Продолжая эту линию использования ресурсов, предполагаем, что мозг может выполнять и иные полезные для организма функции.

Одной из трудностей генетики является проблема очень высокого информационного содержания генома (геном – совокупность генов). Последний должен нести огромное количество информации, необходимой для построения организма, координации развития его органов и органелл, для кодирования инстинктов и т.п. Очевидно, некоторые из этих функций могли бы выполняться мозгом. Например, мозг, появившийся у зародыша, в дальнейшем может «работать координатором» развития эмбриона.

В процессе развития мозг усложняется, усложняется и организм. В принципе такую функцию «координатора» может выполнять и материнский организм. Получается нечто вроде промышленной технологии: геном (рабочий проект) дает основные параметры будущего организма, а мозг материнского организма осуществляет «привязку» чертежей «по месту». Другая возможность: мозг матери запускает, включает работу мозга плода. Кроме того, он может дополнительно перекачивать часть информации, формирующей рефлексы, инстинктивный уровень мышления подобно тому, как перекачивается информация между двумя ЭВМ. Не исключено, что именно из-за отсутствия возможности «перекачки информации» до сих пор не удаются попытки вырастить эмбрион высших животных в «колбе», что именно возможность такого эффективного воздействия материнского организма на плод сделала эволюционно выгодным живорождение, длительное вынашивание плода (обычное объяснение, что длительное вынашивание повышает выживаемость плода, недостаточно убедительно, так как снижает степень выживаемости матери и повышает опасность при родах).

Развивая идею использования информационных ресурсов мозга, трудно не прийти к выводу, что если сказанное выше верно, то природа должна была предусмотреть еще один информационный механизм: возможность обмена необходимой для эволюционной работы информацией и между взрослыми особями. Как такой механизм можно сконструировать? Он мог бы работать за счет синергетических эффектов. Подобные явления в природе известны,

например самосинхронизация миганий светлячков, «эффект толпы» и т.п. Другой путь – использование пока скорее фантастической, чем реальной телепатии. Можно представить себе и третий путь – обмен информацией при половом акте, обеспечивающем максимальный контакт нервных систем разнополых особей при блокированном контроле со стороны разума (еще одна аналогия с перекачиванием информации от ЭВМ к ЭВМ).

Гипотеза «эволюционного мозга» наталкивает на мысль о ламаркизме – учении о возможности наследования приобретенных признаков, в частности его ветви, получившей название «психо ламаркизм». Основная идея психоламаркизма заключается в том, что организм может желать тех или иных изменений, эти его желания отражаются на наследственности, и у потомков происходят изменения.

Сторонники дарвинизма к ламаркизму относятся отрицательно, главным образом потому, что до сих пор не удается придумать механизмы влияния психики на наследственность. Интересно отметить, что эти два учения вот уже более 100 лет находятся в состоянии борьбы, при этом несмотря на явный перевес дарвинизма ламаркизм время от времени поднимает голову (обычно это связано с открытием тех или иных новых фактов). Это может означать то, что оба учения находятся друг с другом в отношениях дополнительности (см. выше) и в конечном счете должны слиться в рамках более общей теории, как это уже было при создании СТЭ.

Например, можно представить, что прижизненные приспособления, приобретенные признаки не сразу закрепляются в генетической информации, а сначала фиксируются как оперативная информация, передаваемая матерью плоду. Если же эта информация подтверждается на нескольких поколениях и не противоречит другим требованиям развития организма, она может быть записана в геноме. Аналогия – сбор и накопление штабом разведанных, различных донесений, проверка их на непротиворечивость и отбор только тех, которые многократно подтверждены.

Если гипотеза справедлива и справедлив вытекающий из ее вывод о причине разного интеллектуального уровня людей, открывается возможность путем управления переключением различных частей мозговых мощностей создавать суперинтеллектуалов, способных по масштабам памяти составить конкуренцию ЭВМ, обладающих способностями, сегодня кажущимися невозможными.

Другая возможность, вытекающая из гипотезы: если эволюция человека практически прекратилась из-за переключения, то, овладев механизмами его действия, человечество получит возможность взять на себя управление эволюцией и совершенствовать себя в желаемом направлении.

Еще один забавный вывод: если в принципе животные имеют достаточно мощный «эволюционный мозг», то овладев методами его переключения на повседневность, можно создать умных животных, обладающих интеллектом.

Сегодня, по мнению эволюционистов, «высший уровень интеграции

выражается в эволюции самих механизмов эволюции – проблема, которая только начинает вырисовываться в современном эволюционном учении»³⁵. Интересно взглянуть на эволюцию инструментов эволюции с позиции знаний, накопленных в ТРИЗ, в частности с позиций закона вытеснения человека.

В биоэволюции можно четко проследить первые два этапа вытеснения методом проб и ошибок». Эволюция простейших шла на уровне реальных проб, без запоминания ошибок (ошибочные мутации устранялись, но это не мешало их появлению в следующих поколениях). Появление полового процесса размножения означало переход к пробам с памятью. Мутации независимо от их полезности записываются в рецессивном (неявном, подавленном) виде в генном аппарате, не приводя к немедленной гибели всех неудачных мутантов. Таким образом образуется генный фонд, «запоминающий» множество разных мутаций, в том числе и бесполезных на данной стадии развития. Но при попадании организма в новые условия эти мутации могут стать помощниками в выживании в изменившихся условиях, и тогда эти мутации очень быстро выявляются. Кроме того, генная память позволяет составлять комплексы мутаций, обезвреживать вредные мутации и т.д. Вопрос об использовании в биоэволюции этапов, аналогичных этапам 3 – 5 в технике (проведение проб в уме, использование закономерностей), пока остается открытым. В этом плане гипотеза «эволюционного мозга» позволяет реализовать эти механизмы.

Можно подвести некоторые итоги. Несомненно, что «эволюционный мозг» в состоянии повысить идеальность живого организма, продвинуть его вперед по эволюционной линии. Гипотеза о его существовании не нарушает никаких существенных запретов в биологии, следовательно в принципе она возможна, хотя, конечно, конкретные механизмы, способные осуществлять такую деятельность, пока не известны.

Гипотеза «эволюционного мозга» и все вытекающие из нее построения говорят о необходимости более широкого введения в биологию понятия информации, изучения информационных процессов в живых организмах, влияния информационного обмена, в том числе и его высшего проявления – обработки, анализа производства и применения информации на уровне интеллекта, на эволюцию. Такой вывод находится в полном соответствии с общим направлением развития науки и техники, и биологии в частности.

Конечно, описанная выше концепция обязательно вызовет множество возражений, неприятие со стороны профессиональных биологов. И хотя в ее защиту можно привести большое количество дополнительных фактов, вряд ли это целесообразно. Гораздо полезнее для биологии было бы, если бы это направление работ заинтересовало специалистов-биологов, которые могли бы проанализировать и развить полученные результаты. На наш взгляд, не столь уж и существенно, окажется ли гипотеза «эволюционного мозга»

³⁵ Яблоков А.В., Юсупов А.Г. Эволюционное учение. 2-е издание, перераб и дополн. - М : Высшая школа. 1981.

справедливой или со временем будет признана лишь сюжетом для фантастического романа. Описанное выше гораздо важнее как пример построения новой концепции, изобретения новой гипотезы, который может оказаться полезным для специалистов при решении различных научных проблем.

С помощью элементов изложенной выше методологии за последние годы были построены авторами новые концепции развития коллективов и социальных систем (частично изложены ниже) творческой педагогики на базе ТРИЗ, некоторые концепции в ТРИЗ. Фактически методология построения новых концепций использовалась также и для построения самой – себя в процессе ее отработки совершенствования. Использовалась она и для построения методологии выявления и прогнозирования нежелательных явлений.

ВЫЯВЛЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ («Диверсионный» подход)

Помимо явных случаев брака на производстве, в деталях и конструкциях встречаются скрытые дефекты, которые нужно уметь своевременно выявлять. Другая задача – прогнозирование возможных дефектов в конструкциях и технологиях еще на стадии их проектирования. Для решения подобных проблем может быть использована модификация приема «обращение», получившая название «диверсионный» подход.

Сущность «диверсионного» подхода заключается в том, что вместо вопроса, «Какие дефекты, виды брака возможны в данной конструкции или технологии?» задается вопрос: «Как испортить данную конструкцию технологию, как обеспечить получение дефектов?». И поскольку речь идет об обнаружении, как правило, скрытых дефектов, то и в обращенной задаче дефект необходимо получить скрытый, который не в состоянии вовремя обнаружить отдел технического контроля, заказчик и т.п. По сути дела речь идет о придумывании диверсии, отсюда и название подхода. Естественно, после того, как диверсия придумана, следует проверить, не реализована ли она на практике, есть ли вероятность ее реализации. И если такая возможность не исключается, необходимо решить следующую задачу: как этого не допустить. Важнейшее достоинство «диверсионного» подхода – возможность выявления задач, ранее не предполагавшихся в данной системе.

Приведем несколько примеров. На одном из заседаний временной рабочей группы по совершенствованию большого автоматического выключателя в процессе анализа контактов возникла безвыходная ситуация: контакты казались вполне благополучными и было неясно, что именно в них нуждается в усовершенствовании. Тогда ведущий задал вопрос: «Допустим, этот контакт идеальный, и мы не можем его улучшить. А как его испортить? Причем так, чтобы дефект оказался скрытым?»

Предложения посыпались в большом количестве. Среди них оказалось и такое: контакт состоит из двух частей, которые затем спаивают твердым припоем. Если сделать так, чтобы пайка проходила только по периметру площадки соприкосновения, а не по всей поверхности, как это должно быть, то при пропускании малых токов ничего плохого не произойдет, но при больших токах (из-за возрастания сопротивления) спай начнет интенсивно греться, и при достаточно высокой температуре контакт развалится на две половинки. Неожиданно это предложение вызвало замешательство технолога, который сообщил, что именно так и происходит при пайке из-за того, что рабочие экономят дорогостоящий припой, что в свою очередь вывело из себя инженера-исследователя, чья лаборатория уже больше 10 лет исследовала причины перегрева и разрушения контактов, перепробовала множество вариантов конструкций, позволяющих избавиться от этого дефекта, не подозревая, что все дело в производственном браке.

После установления причины брака был найден простейший способ навсегда избавиться от дефекта, обеспечив надежную пайку независимо от добросовестности оператора.

На одном из семинаров по ТРИЗ и ФСА слушатель поставил задачу, возникшую из-за перегруженности сварочного цеха, в связи с чем завод не мог выполнить очень важный заказ. Попытки ее решить обычными производственными приемами ни к чему не привели. Тогда преподаватель дал слушателю такую установку: «Представьте себе, что ваш сварочный цех сгорел. Как вы поступите?» Тут же было найдено удачное решение, позволившее вообще обойтись без сварки. Раньше его мешала увидеть психологическая инерция.

Другой слушатель, эколог по образованию, используя «диверсионный» подход, сумел выявить ряд экологических опасностей, о которых раньше никто не подозревал. Поставив задачу по придумыванию экологических диверсий, он решал ее с помощью согласования ритмики разных событий. Так, в конце месяца имеющиеся в городе химические предприятия гонят план, резко увеличивая и без того опасные выбросы вредных веществ в атмосферу. Одновременно в конце месяца гонит план и торговля, ее предприятия «выбрасывают товары», причем как правило на уличные прилавки. Получается, что люди выманиваются на улицу в дни наиболее неблагоприятной экологической обстановки, вредное воздействие на них резко возрастает из-за согласования ритмики.

Еще один пример на согласование ритмики. В городе имеется мощная автобаза тяжелых грузовиков. Пересменка на автобазе – в 17 часов 30 минут. Тяжелые грузовики едут через весь город в парк, и в это же время (от 17 до 18 часов) большая часть людей заканчивает свою работу и возвращается домой в условиях увеличенной загазованности улиц.

Конечно, это всего лишь несколько эпизодов экологического прогноза с помощью «диверсионного» подхода. Для проведения в полном объеме этой работы требуется много времени и средств, обученные специалисты, ну а важность ее трудно переоценить!

На базе опыта применения «диверсионного» подхода в учебных и практических ситуациях были разработаны методические рекомендации по выявлению и прогнозированию нежелательных явлений (дефектов). Как и методика решения исследовательских задач, эти рекомендации основаны на идее обращения задачи, поэтому у них немало общего, в частности использование самой операции обращения, ресурсов, инструментария ТРИЗ для решения обращенных задач и т.п. Однако имеются и отличия, связанные, в первую очередь, с тем, что при решении исследовательских задач получают если не единственный, то во всяком случае достаточно ограниченное количество ответов, поэтому можно сформулировать более-менее конкретные критерии выбора наиболее вероятных причин (гипотез). В задачах же на выявление вредных эффектов и явлений ответов (вариантов дефектов) может быть очень много и ни один из них нельзя отбросить априори, без проверки.

Методика выявления и прогнозирования нежелательных явлений построена по принципу последовательного углубления анализа системы, рассмотрения ее с различных позиций, наложения результатов анализа, полученных разными способами. Большой объем работы, необходимость привлечения разнообразных знаний как по самому объекту, так и из других заранее не известных областей, делает предпочтительным проведение такого анализа аналогично работам по ФСА, то есть в режиме временных рабочих групп, под руководством профессионального поисковика – специалиста по ТРИЗ.

В процессе работы одни и те же вредные эффекты могут быть выявлены на разных шагах анализа. Это вызвано системными связями разных подходов, позволяющими не упустить ничего действительно важного. Многократное появление одних и тех же задач и решений может служить признаком высокой вероятности их реализации в исследуемом объекте.

Методические рекомендации содержат 11 частей. На базе информации о различных аварийных ситуациях разработаны таблицы, облегчающие поиск. Ряд шагов методики трудностей не вызывает, но есть и такие, которые нуждаются в пояснениях.

Так, на шаге 1.2 предлагается сформулировать «диверсионную» задачу. Как показал опыт работы, для многих психологических трудно даже на время переключиться с основной (исходной) задачи на обратную, «диверсионную»: от задачи на предотвращение аварии на задачу ее организации. Нужны тренировки для отработки умения «обратить» цели, всерьез настроиться на решение обращенной задачи.

На шаге 2.1 начинается знакомство с анализируемой системой, ее элементами, структурой, функционированием. Одна из главных рудностей, возникающих в ходе этой операции, связана с определением, какие элементы включать в описание, а какие нет (этот вопрос особенно актуален, когда речь идет о достаточно сложных системах с большим числом элементов). Для преодоления этой трудности предлагается строить описание системы по типу описания в заявке на изобретение. Сначала выполняется рисунок (схема), что

автоматически задает уровень (ранг) значимых элементов (так, на рисунке подъемного крана не показывают гайки, болты, другие мелкие вспомогательные элементы). Описывая далее системы в статике (как связаны между собой узлы) и в динамике (как система работает), корректируем первоначальный список элементов, добавляя при необходимости пропущенные, без которых нельзя составить полную картину работы, либо опускаем лишние, оказавшиеся ненужными. Такое описание, включающее не только полезное функционирование, но и вредные эффекты, позволяет быстро и глубоко познакомиться с анализируемой системой.

На шаге 2.2 не всегда возможно точно определить величины основных параметров нормального функционирования системы. В этом случае можно ограничиться качественной оценкой, полученной экспертным методом. На этом же шаге наряду с углублением знакомства с системой появляются первые (хотя, как правило, еще слабые, неоригинальные) решения за счет использования оператора числовой оси. С появлением первых решений начинает строиться диаграмма Исикавы³⁶.

На шаге 2.3 для поиска вредных эффектов (функций) рекомендуется использовать функциональный подход [10, с. 43]. При этом необходимо помнить, что решается обратная задача, то есть ищутся возможности ухудшения выполнения основных, вспомогательных и второстепенных функций, неполного их выполнения, усиления полезных функций до превращения их во вредные; рассматриваются возможности усиления вредных функций, увеличения количества других факторов расплаты.

На шаге 2.4 предлагается систематизировать известные вредные воздействия, характерные именно для анализируемой системы. Так, для химических аппаратов и производств такими типовыми вредными действиями являются утечки различных агрессивных и ядовитых веществ; для транспортных систем – различные аварии, столкновения и т.п. Фактически каждая отрасль промышленности ведет что-то вроде каталога типовых нежелательных явлений, отраженных в правилах техники безопасности.

Для облегчения поиска возможных вредных функций к методике прилагаются таблицы типовых способов вредных воздействий, в том числе на природные системы, на человека (шаг 2.5), а также типовые результаты вредных воздействий на них (шаг 2.6).

В дальнейшем предполагается составление обобщенных, сводных таблиц.

Вероятность возникновения вредных, нежелательных эффектов не одинакова для разных частей системы, точно так же отличается и их уязвимость. Поэтому на шаге 3.1 предлагается анализ типовых болевых точек, уязвимых мест системы.

Большое внимание в методике уделяется информационному

³⁶ Исикава Каору. Японские методы управления качеством. - М.: Экономика. 1988.

обеспечению поиска. Помимо таблиц, о которых было сказано выше, к работе на шаге 4.1 подключается традиционный информационный фонд ТРИЗ: различные указатели физических, химических, геометрических и других эффектов [12-14]. Его дополняет список типовых ошибок и причин появления вредных эффектов в развитии систем (шаги 4.2, 4.3).

Для поиска новых вредных эффектов может быть использована и методика прогнозирования развития технических систем на базе ТРИЗ [10, с. 224]. При этом возможны два пути работы. Первый – рассматривать возможности развития анализируемой системы не вперед, как это делается при нормальном прогнозировании, а назад по линиям развития, то есть в направлении понижения динамичности, ухудшения согласования и т.п. Второй путь – прогнозировать в нормальном направлении, но, считал, что цель существования анализируемой системы – выполнение вредных функций, совершенствовать именно эти функции. Так, можно считать пылесос устройством для создания шума, настольную лампу – устройством для порчи зрения и именно в этом плане их развивать.

После нахождения новых вредных функций с помощью аппарата ТРИЗ (шаг 6.1) рассматриваются возможности усиления полученных решений с помощью типовых методов (шаг 7.1) и изобретательских методов ТРИЗ (шаг 7.2).

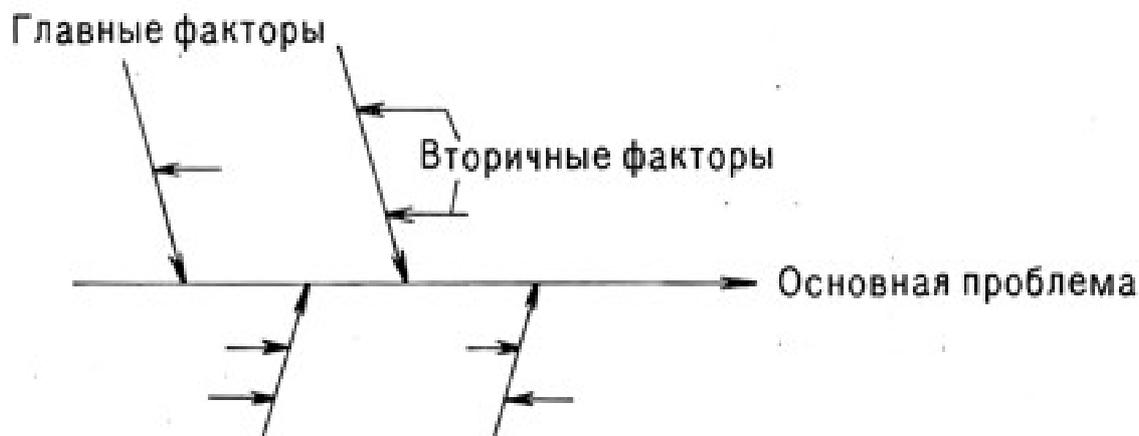
Как уже было сказано, вредные эффекты часто бывают скрытыми, маскируются. Обнаружить их можно, зная типовые способы маскировки (шаг 8.1) или решить новую исследовательскую задачу приемом «обращения» (шаг 8.2).

Выявленные и спрогнозированные вредные эффекты, явления анализируются, оцениваются вероятности их реального проявления (шаги 9.1 и 9.2), а также степень вредности, нежелательности каждого из эффектов. При этом следует учесть, что вероятность и опасность вредных эффектов растут нелинейно, когда в одной системе или отдельной зоне системы выявляется возможность проявления нескольких вредных воздействий, признаков опасности и т.п., так как они не просто суммируются, а создают качественно новую ситуацию с возможным появлением непредусмотренных системных, синергетических эффектов.

Анализ выявленных вредных эффектов облегчает наглядное представление. В этом может быть полезна причинно-следственная диаграмма по типу так называемой диаграммы Исикавы, получившей шутовское название «рыбий скелет». Такие диаграммы сегодня широко используются в Японии при анализе качества, то есть со сходными целями. В диаграмме последовательно выстраиваются все возможные причины появления брака (нежелательных эффектов), вероятность возникновения которых оценивают с помощью экспертных методов: путем бесед с рабочими, мастерами, инженерами, используя работу кружков качества и т.п.

Анализ качества для построения диаграммы Исикавы начинают с выбора основной проблемы (она изображается в виде проходящей через лист бумаги длинной стрелки). К ней наклонно подходят боковые стрелки,

изображающие главные факторы, влияющие на основную проблему; к ним, в свою очередь, подходят стрелки поменьше, отражающие вторичные факторы, и т.п.



Аналогичная диаграмма может быть построена и для одного из действующих факторов:



Диаграммы Исикавы позволяют выявить первичные вредные эффекты, являющиеся причиной появления всех последующих (вторичных), оценить действие тех или иных факторов, определить вклад, значимость и наносимый ущерб и тем самым выбирать направление работы по улучшению системы, устранению возможных вредных эффектов.

Другим полезным методом систематизации полученных результатов, позволяющим не пропустить какие-то вредные факторы, может быть использование морфологического анализа. Так, могут быть построены морфологические таблицы типа «вредные факторы – элементы системы» (надсистемы), либо с другими осями из параметров, входящих в таблицы «диверсионного» подхода.

Построение диаграмм Исикавы, морфологических таблиц рекомендуется начинать сразу, с начала работы, в этом случае они могут играть роль карты боевых действий, на которой найдут отражение все новые задачи, решения, этапы работы.

После обобщения и анализа выявленных вредных эффектов начинается работа по их устранению (шаги 10.1, 10.2). При этом могут использоваться как типовые способы, известные в каждой отрасли техники, так и инструментарий ТРИЗ. Несмотря на то, что эти шаги в методике размещены практически в конце, ими приходится пользоваться с момента выявления первых вредных эффектов. Необходимо также отметить, что, как и в случае решения исследовательских задач, бывает, что выявить вредный эффект куда труднее, чем найти способ его устранения.

Шаги 11.1, 11.2 включены в методику с целью ее дальнейшего совершенствования (аналогично части 9 в АРИЗ). Авторы рассчитывают, что многие заинтересуются методикой «диверсионного» подхода и примут участие в ее дополнении и развитии.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ «ДИВЕРСИОННОГО» АНАЛИЗА

Выявление и устранение вредных, нежелательных эффектов и явлений («диверсионный» подход), в том числе возможных аварий, катастроф и т.п. — один из важнейших видов работы при проектировании и совершенствовании новых систем. Для ее выполнения необходимо овладеть данной методикой и аппаратом ТРИЗ, иметь достаточную практику. В процессе «диверсионного» анализа рекомендуем придерживаться следующих правил;

1. Последовательно и тщательно выполнять шаги методики, фиксируя по ходу работы все возникающие варианты создания вредных эффектов, а также задачи по их созданию, не решенные на этом шаге, но которые могут быть решены впоследствии. Удобнее всего это делать в виде построения диаграмм Исикавы (см. шаг 9.3) и/или таблиц.

2. Процесс поиска новых вариантов «диверсий» желательно совмещать с изучением системы и постоянной проверкой, не внедрены ли эти «диверсии» в реальность, а также поиском возможностей их предотвращения либо устранения вредных последствий.

3. Необходимо помнить, что досрочное прекращение работы, выполнение ее не в полном объеме может привести к тому, что опасная «диверсия» останется не обнаруженной вовремя.

1. Формулирование обращенной задачи

1.1. Записать условия исходной задачи по схеме:

«Дана система (указать, техническая или природная) для (указать основную функцию и общепринятое название). Необходимо найти и

устранить возможность появления вредных, нежелательных эффектов и явлений, связанных с данной системой».

1.2. Превратить исследовательскую задачу в изобретательскую («диверсионную»), изменив основное требование по схеме:

«Дана система (указать, техническая или природная) для (указать основную функцию и общепринятое название). Необходимо создать максимально возможное количество вредных эффектов, явлений, связанных с данной системой».

2. Поиск известных способов создания вредных явлений

2.1. Выполнить рисунок (схему) системы. Назвать элементы, обозначенные на рисунке (схеме) без специальных терминов; описать связь элементов системы в статике и ее функционирование. Перечислить все системы, с которыми анализируемая система взаимодействует, в том числе окружающую среду, надсистемы, в которые она входит.

2.2. Выписать основные параметры нормального режима функционирования системы, выявить вредные явления, которые могут нарушить систему либо возникнуть при нарушении ее нормального функционирования с помощью оператора числовой оси. При выявлении паевых вредных явлений начать построение диаграмм Исикавы (см. шаг 9.3).

2.3. Провести функциональный анализ системы: выявить функции полезные (основные, второстепенные, вспомогательные) и вредные (факторы расплаты). Рассмотреть возможность прямого снижения идеальности системы путем уменьшения полезных функций и увеличения факторов расплаты, в том числе введения новых вредных функций.

2.4. Рассмотреть вредные явления, типовые (характерные) для систем данного и близкого к данному вида, определить возможность и условия их реализации.

2.5. Рассмотреть типовые способы вредных воздействий на человека, технические и природные системы, определить условия и возможности их реализации (*перечень 1*).

2.6. Рассмотреть типовые результаты вредных воздействий на человека, другие системы (*перечень 2*), определить возможности и условия их реализации.

3. Паспортизация и использование ресурсов

3.1. Рассмотреть типовые опасные зоны (болевы точки и уязвимые места) системы (*перечень 3*), определить возможность возникновения в этих зонах вредных явлений и условий их реализации.

3.2. Рассмотреть ресурсы системы, выявить из них те, которые способны обеспечить появление вредных эффектов (*перечень 4*), определить возможность и условия реализации вредных эффектов за счет ресурсов.

4. Поиск вредных эффектов по информационным фондам

4.1. Рассмотреть таблицы и указатели физических, химических,

геометрических и других эффектов, выявить среди них те, которые в принципе могли бы быть реализованы в данной системе и дать вредный эффект. Определить условия их реализации.

4.2. Рассмотреть список типовых ошибок в развитии технических систем (*перечень 5*), выбрать из них те, которые в принципе могли бы быть реализованы в данной системе и дать вредный эффект. Определить условия их реализации.

4.3. Рассмотреть список типовых причин вредных эффектов (*перечень 6*), выбрать из них те, которые в принципе могли бы быть реализованы в данной системе. Определить условия их реализации.

5. Поиск вредных эффектов с помощью методики прогноза

5.1. Рассмотреть возможность ухудшения работы системы, двигаясь по линиям развития в направлении, обратном прогрессивному.

5.2. Провести прогноз развития системы в направлении совершенствования выполнения вредных функций.

Примечание. Использовать линии развития технических систем и методику проведения прогноза на базе ТРИЗ [10, с. 224-235, 365-368].

6. Поиск новых решений

6.1. Сформулировать изобретательские задачи по получению вредных эффектов и использовать для их решения инструменты ТРИЗ: приемы устранения технических противоречий, стандарты на решение изобретательских задач, АРИЗ.

7. Поиск возможностей усиления вредного эффекта

7.1. Рассмотреть список типовых способов усиления вредных эффектов (*перечень 7*); выбрать из них те, которые в принципе могут быть реализованы в данной системе. Определить условия их реализации.

7.2. Использовать для усиления вредных эффектов инструменты ТРИЗ: законы развития технических систем, стандарты на форсирование вепольных систем (классы 2,3), АРИЗ.

8. «Маскировка» вредных явлений

8.1. Рассмотреть типовые способы «маскировки» (скрывания) выявленных на предыдущих шагах вредных явлений, эффектов (*перечень 8*) и определить возможности (условия) их реализации.

8.2. Рассмотреть возможность решения задачи по выявлению «замаскированных» вредных эффектов с помощью методических рекомендаций по формулированию и решению исследовательских задач.

9. Анализ выявленных вредных эффектов

9.1. Выявить (при необходимости с использованием инструментов

ТРИЗ), какие из обнаруженных в процессе анализа вредных эффектов существуют реально (при необходимости с постановкой экспериментов и проведением исследований).

9.2. Оценить для каждого из вредных эффектов степень вероятности их появления, степень опасности (нежелательности).

9.3. Проанализировать причинно-следственные диаграммы (диаграммы И.сикавы), отражающие все вредные эффекты, вероятности их появления и степень нежелательности и/или опасности.

10. Устранение вредных эффектов

10.1. Выявить первичные вредные эффекты, рассмотреть возможность их устранения с использованием типовых средств предотвращения (*перечень 9*), сформулировать и решить, используя при необходимости инструменты ТРИЗ, задачи по предотвращению вредных эффектов либо по устранению или компенсации их последствий.

10.2. Выявить причины появления вредных эффектов, рассмотреть мероприятия, необходимые для устранения этих причин.

11. Анализ хода работы

11.1. Проверить по записям ход работы, ее соответствие приведенным рекомендациям. В случае обнаружения ошибок или нарушений вернуться и исправить ошибки, после чего провести анализ повторно.

11.2. Проанализировать характер отклонений хода работы от приведенных рекомендаций. В случае удачных отклонений сформулировать предложения по совершенствованию рекомендаций. Разработать программу по их проверке (например, на анализе данной системы).

Перечень 1

ТИПОВЫЕ СПОСОБЫ ВРЕДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАЗЛИЧНЫЕ СИСТЕМЫ (в том числе на человека)

1. Вредное воздействие непосредственное:

1.1. Механические действия: удары, толчки, перепады давления, инерционные силы, механические напряжения, вибрации, акустические воздействия и т.п.

1.2. Тепловые действия: нагрев (перегрев), охлаждение (переохлаждение), тепловые перепады (градиенты) в пространстве и во времени.

1.3. Химические действия: разложение нужных веществ, синтез ненужных (вредных), каталитические и ингибиторные реакции, недостаток тех или иных веществ, нарушения химического равновесия и нормального химического взаимодействия (обмена веществ) и т.п.

1.4. Электрические воздействия: действие электрического поля, разрядов электрического тока.

1.5. Магнитные воздействия: возникновение либо потеря намагниченности.

1.6. Электромагнитные воздействия: разного рода излучения – радиоволны, СВЧ, свет, ультрафиолет, рентгеновские, гамма-излучения и т.п.

1.7. Биологические действия: действие живых организмов (вирусов, бактерий, паразитов), мутагенное и аллергическое действие на живые организмы.

1.8. Информационные воздействия: недостаток информации, избыток информации, ложная информация (в том числе слухи), нарушение нормального информационного взаимодействия.

1.9. Психические и эмоциональные воздействия (только для человека).

2. Вредное воздействие опосредованное (через внешнюю среду):

2.1. Ухудшение природных систем: загрязнение воды, почвы, продуктов питания, воздуха вредными веществами, снижение плодородия почвы, сокращение пригодного для жизни пространства и т. п.

2.2. Нарушение биогеоценозов, биогеоценотического равновесия: размножение одних (вредных) и сокращение других (полезных) биологических видов, эволюция различных видов в нежелательном направлении и т.п.

2.3. Создание в окружающей среде техногенных и антропогенных процессов, стимулирующих вредные эффекты.

2.4. Сокращение, снижение качества невозполнимых природных ресурсов, необходимых для существования людей и развития техники.

3. Вредное воздействие опосредованное (через технические системы):

3.1. Взаимодействие ТС с человеком: неверное направление развития ТС, некачественное изготовление или эксплуатация, умышленные или случайные повреждения.

3.2. Взаимодействие разных ТС: аварии (столкновения, целенаправленное разрушение, вызванное действиями военной техники), системные эффекты при взаимодействиях, действие помех и отходов одних систем на другие.

3.3. Взаимодействие ТС с природной средой: коррозия, биоповреждения, действие стихийных процессов на ТС.

Перечень 2

ТИПОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВРЕДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

1. На человека:

1.1. **Физические нарушения:** травмы, нарушение здоровья, снижение

иммунитета, профессиональные болезни, ухудшение самочувствия, снижение срока жизни, повреждение генофонда и т.п.

1.2. Психические нарушения: психические болезни, комплексы, депрессия, деформация системы ценностей, снижение волевых качеств, конформизм, нравственные деформации и т.п.

1.3. Эмоциональные нарушения: создание стрессов, снижение степени удовлетворенности жизнью, нарушение эмоционального баланса и т.п.

1.4. Социальные нарушения: разрушение различных связей между людьми (родственных, дружеских, профессиональных, трудовых и т.п.), нарушение структуры общества, введение разного рода дискриминаций (национальной, расовой, религиозной, половой возрастной и т.п.).

1.5. Интеллектуальные нарушения: рост психологической инерции, приверженности к догмам и стереотипам, общее снижение интеллектуальных способностей (нарушения логического мышления, памяти, способности к критическому восприятию и т.п.), нарушение способности к творчеству и снижение потребности в нем, искажение информации и способности к ее восприятию и обработке, а, следовательно, и способности ориентироваться в жизни и т.п.

2. На технические системы:

2.1. Отказы в работе, работа в непредусмотренном режиме (снижение рабочих показателей), сокращение срока службы, снижение надежности и т.п.

2.2. Появление у ТС новых, непредусмотренных свойств, возникновение новых взаимодействий с другими системами, с человеком.

2.3. Превращение ТС в источник опасностей, вредных воздействий на людей, природные системы, другие ТС.

3. На природные системы:

3.1. Засорение природы, среды вредными и ненужными веществами, обеднение ее веществами необходимыми, для существования биогеоценологических сообществ.

3.2. Нарушение нормального функционирования биогеоценологических сообществ.

3.3. Повышение мутагенной активности, появление новых факторов отбора, нарушающих и обедняющих биогеоценозы вплоть до распада.

Примечание. Разные виды вредных воздействий на человека, среду, ТС тесно связаны и столь же тесно взаимосвязаны их результаты: одни и те же воздействия могут привести к разным нарушениям; в основе одного и того же нарушения могут быть разные воздействия. Особенно опасны комплексные воздействия, способные вызвать синергетические и другие системные эффекты – новые вредные воздействия, нелинейное усиление отдельных воздействий и т.п.

ТИПОВЫЕ ОПАСНЫЕ ЗОНЫ СИСТЕМ

1. Зоны концентрации проходящих через систему потоков вещества или энергии (зоны концентрации механических усилий, электрические перенапряжения и т.п.).
2. Зоны, подверженные действию полей высокой интенсивности: вибрации, знакопеременных нагрузок, трения, высоких температур, активных химических веществ и т.п.
3. Зоны и узлы, выполняющие большое количество разных функций.
4. Зоны стыковки разных систем (подсистем), в особенности спроектированных, выпускаемых, эксплуатируемых и подведомственных разным людям, подразделениям, организациям.
5. Зоны контакта инструмента и изделия (равноопасны для инструмента и изделия).
6. Зоны, к которым предъявляются противоречивые требования (имеются неразрешенные; неустраненные противоречия).
7. Зоны, в которых уже происходили те или иные вредные явления (аварии), подвергавшиеся ранее исправлениям, восстановлению, внеплановым ремонтам и т.п.
8. Зоны, в которых ответственные решения должны приниматься в условиях высокой неопределенности, недостатка времени и информации (в стрессовых обстоятельствах) и т.п.

РЕСУРСЫ, СПОСОБНЫЕ ОБЕСПЕЧИТЬ ПОЯВЛЕНИЕ ВРЕДНЫХ ЭФФЕКТОВ

1. **Вещественные:** вещества, имеющиеся в системе и надсистеме, в том числе вспомогательные (смазка и т.п.), сырье, продукция, отходы, вещества из окружающей среды, смеси и модификации всех этих веществ.
2. **Энергетические:** потоки энергии (механическая, тепло-, электромагнитная и т.п.), имеющиеся в системе и надсистеме, в окружающей среде, их модификации.
3. **Пространственные:** незанятое или не полностью занятое место в системе, надсистеме или окружающей среде.
4. **Временные:** различные отрезки времени в процессе подготовок функционированию, функционирование после него самой системы, ее надсистемы.
5. **Функциональные:** способность системы, ее подсистем, надсистем, окружающей среды выполнять по совместительству новые, непредусмотренные функции.

6. Системные: эффекты, возникающие благодаря взаимодействию двух или более систем между собой, в том числе при синергетическом взаимодействии нескольких видов ресурсов.

7. Ресурсы изменения: различного рода изменения, происходящие в системе, надсистеме, окружающей среде и т.п., в результате целенаправленных действий или самопроизвольно, а также любые последствия и результаты этих изменений.

Примечания: 1. При рассмотрении ресурсов системных необходимо выделять как **ресурсы неспецифические**, характерные для многих систем (например, действие гравитационного поля, воздуха и т.п.), так и **ресурсы специфические**, характерные только для данной системы (например, отходы конкретного химического производства);

2. Следует учитывать возможность накопления в системе ресурсов не вредных в малых количествах, но становящихся опасными при накоплении сверх определенного количества.

Перечень 5

ТИПОВЫЕ ОШИБКИ В РАЗВИТИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. Ошибки, характерные для всех этапов развития:

1.1. Нарушение законов развития ТС, технический волюнтаризм — убеждение, что развитием техники можно управлять, форсировать его волевыми решениями.

1.2. Топтание на месте в развитии, опоздания в разработке и использовании крупных изобретений.

1.3. Забегание вперед – преждевременное внедрение новых элементов, решений, не согласованное с развитием других систем, не обоснованное потребностями.

2. Ошибки, характерные для 1-го этапа развития:

2.1. Неверный подбор подсистем, включение в систему неперспективных элементов, не рассчитанных на эффективную совместную работу (не обеспечивающих полезные либо создающих вредные системные эффекты).

2.2. Попытки преждевременного подражания «взрослым» системам 2-го и 3-го этапов: развертывание, усложнение системы, не вызванное необходимостью.

2.3. Попытки внедрения в серийное и массовое производство «недожатых» систем с высоким уровнем факторов расплаты.

2.4. Попытки внедрения системы, не обеспеченной необходимыми сопутствующими, дополняющими, контролирующими и корректирующими системами.

2.5. Ограничение области применения системы одной или несколькими

узкими областями.

3. Ошибки, характерные для 2-го этапа развития:

3.1. Сохранение «атавизмов» – характерных конструктивных и технологических решений 1-го этапа, обычно связанных с индивидуальным производством и эксплуатацией.

3.2. Неверный выбор направления совершенствования системы, заключающийся в форсировании подсистем, имеющих ресурсы развития, вместо подсистем, исчерпавших ресурсы развития и тормозящих развитие всей системы.

3.3. Непонимание неизбежности прекращения лавинообразного роста характеристик системы, непринятие мер по прогнозированию возможных ограничений, их своевременному снятию.

4. Ошибки, характерные для 3-го этапа развития:

4.1. Попытки «дожимания» исчерпавшей ресурсы развития системы за счет излишнего усложнения вплоть до гигантизма, введения многоступенчатых компенсаций при устранении вредных эффектов и т.п.

4.2. «Путь назад» – попытки возврата к старым, исчерпавшим свои возможности принципам, вместо поиска новых, эффективных путей развития.

4.3. Имитация развития, мелкие усовершенствования второстепенных элементов, увлечение декоративными элементами.

4.4. Борьба против новой, более совершенной системы, основанной на прогрессивных принципах. Преувеличение ее недостатков, дискредитация.

Перечень 6

ТИПОВЫЕ ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ЭФФЕКТОВ

1. Причины, связанные с недостатком знаний, ошибками:

1.1. Отсутствие знаний о процессах в системе, механизмах различных взаимодействий, неучет сложных цепочек причинно-следственных связей, эффектов, связанных с нелинейностями, и т.п.

1.2. Непонимание природы качественных скачков при количественных изменениях в системе, в особенности неучет масштабных факторов при массовом и крупномасштабном производстве или эксплуатации систем.

1.3. Неумение разрешать противоречия, непонимание тесной связи между полезными и вредными эффектами, попытки увеличения полезного эффекта любой ценой, не считаясь с ростом вредных.

1.4. Непонимание природы «системных» эффектов, возможности появления новых «системных» свойств при совместной работе нескольких систем.

1.5. Плохое понимание работы системы, связанное с узкой

специализацией.

1.6. Отсутствие профессионализма у специалистов, проектирующих, изготавливающих, – эксплуатирующих систему, принимающих ответственные решения.

1.7. Отсутствие гласности, информации о системе, связанных с ней опасностях и вредных эффектах, мерах по обеспечению безопасности. Монополия отдельных людей или организаций на получение информации.

1.8. «Волевые» решения, принятые без достаточного обоснования, пренебрежение «неудобными» фактами, мнениями специалистов. Различные запреты, налагаемые из общих, в том числе идеологических, соображений. Ограничения, не связанные со спецификой данной системы, в том числе бессмысленная стандартизация, не дающая возможности нормального функционирования и развития.

1.9. «Псевдорационализация», сводящаяся к несогласованным между собой, несистемным улучшениям системы из чисто экономических соображений в ущерб безопасности и качеству.

1.10. Любые ошибки на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации системы.

2. Причины, связанные с психофизиологическими особенностями человека:

2.1. Недооценка опасности из-за привыкания к ней (минеры, курящие при работе с взрывчатыми веществами), из-за надежды, что «пронесет», непонимания опасности или неверия в возможность ее существования.

2.2. Неосторожность, халатность, неумение предвидеть последствия своих действий, связанные, как правило, с недостаточным профессиональным, интеллектуальным и культурным уровнем; отсутствие чувства ответственности за выполняемую работу, за безопасность людей.

2.3. Неумение принимать решения в стрессовой ситуации, брать на себя необходимую ответственность за решения.

2.4. Снижение внимания, скорости и точности реакций из-за усталости, монотонности, большого – психологического напряжения и т.п.

2.5. Отсутствие физической и психологической подготовки, тренинга, когда приходится работать в критических, стрессовых обстоятельствах.

3. Причины, связанные с отношением к обеспечению безопасности:

3.1. «Остаточный принцип» в отношении к обеспечению безопасности.

3.2. Отношение к вредным явлениям, авариям как к неизбежному злу, с которым можно до определенной степени мириться, на борьбу с которым не стоит тратить слишком много сил и средств.

3.3. Формальное отношение к безопасности, направленное не столько на ее действительное обеспечение, сколько на снятие ответственности в случае аварии. Реальная забота о технике безопасности подменяется изготовлением длинных, бестолково написанных и часто невыполнимых инструкций,

дезориентирующих людей и усугубляющих опасность.

3.4. Отсутствие единого лица, ответственного за обеспечение безопасности, либо отсутствие у него прав и возможностей решать вопросы безопасности, накладывать «вето» на опасные, не соответствующие требованиям безопасности решения.

3.5. Преобладание личных или групповых интересов над общественными. Вредные эффекты появляются потому, что они оказываются выгодными для кого-то, либо потому, что работа по их предупреждению кому-то невыгодна. Боязнь начальства больше, чем аварии.

4. Причины, связанные с особенностями технических систем:

4.1. Повышенная опасность ТС с высокой степенью концентрации энергии (атомные станции), вредных, опасных веществ (химические производства). Особая опасность систем, в которых в тесном контакте находятся различные опасные элементы (например, в подводных лодках из-за малого пространства кислород находится в опасном соседстве с маслом, горючее с электропроводкой и т.п.).

4.2. Общая низкая надежность систем с большим количеством отказов и мелких аварий, как будто не опасных. Попытки борьбы с этими частными авариями без повышения надежности всей системы в целом резко повышают опасность, возникает возможность развития опасности по типу «нарастающий ком».

4.3. Постепенное накопление дефектов, вредных факторов в процессе хранения или эксплуатации за счет загрязнений, износа, концентрации напряжений, старения материалов, прохождения нежелательных химических реакций (коррозии и т.п.), других непредвиденных воздействий.

4.4. Опасность, возникающая из-за отказов специализированных предохранительных, защитных, аварийных и т.п. систем, ошибки в действиях операторов этих систем.

4.5. Плохое согласование ТС с оператором, несоблюдение правил эргономики при создании системы.

4.6. Отсутствие в ТС «защиты от дурака» – системы, предохраняющей от неверных (ошибочных или умышленных) действий оператора.

Перечень 7

ТИПОВЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ЭФФЕКТОВ

1. Задержки в устранении аварии:

1.1. Задержки, вызванные попытками скрыть аварию, страхом перед начальством, ведомственными интересами и т.п.

1.2. Задержки в принятии радикальных мер в надежде, что «как-нибудь обойдется».

1.3. Задержки из-за попыток ликвидировать аварию своими силами, без

посторонней помощи.

2. Ошибки в устранении аварии:

2.1. Из-за недостаточной подготовки, непрофессионализма служб, ликвидирующих аварию.

2.2. Из-за использования средств, усугубляющих положение (например, гашение горящего электрооборудования водой).

2.3. Из-за некачественного, непроверенного, плохо сохраняемого аварийного снаряжения, его недостаточного количества.

3. Цепочки – неверных решений персонала, возникающие в условиях потери контроля над ситуацией.

4. Цепочки вредных эффектов, последовательно возникающих в ТС под влиянием аварии; действие одних аварийных средств на другие; лавина отказов.

5. Наличие нескольких (по меньшей мере двух) различных вредных эффектов, находящихся в отношениях синергизма, то есть усиливающих друг друга и мешающих борьбе друг с другом.

Перечень 8

ТИПОВЫЕ СРЕДСТВА «МАСКИРОВКИ» ВРЕДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

1. Появление вредных эффектов со временем.

2. Появление вредных эффектов при экстремальных условиях.

3. Появление вредных эффектов при редко встречающихся стечениях обстоятельств, сочетаниях условий.

4. Появление вредных эффектов, неразрывно связанных с полезными, превращение некоторых полезных эффектов во вредные.

5. Появление вредных эффектов в результате длинной цепочки взаимодействий в системе.

6. Появление вредных эффектов в результате качественных скачков при определенных количественных изменениях в системах, в том числе при медленном, малозаметном накоплении дефектов, отклонений от нормы.

7. Появление вредных эффектов в результате действия особых механизмов типа «спусковой крючок», цепных реакций с положительной обратной связью, каталитических реакций и т.п.

8. Появление вредных эффектов за счет системных взаимодействий – в результате непредусмотренного взаимодействия различных систем.

ТИПОВЫЕ СРЕДСТВА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

1. Исключение из системы подсистем, способных стать причиной вредного явления, аварии, обладающих пониженной надежностью и т.п.
2. Выявление (например, с помощью данных методических рекомендаций) всех возможных аварий и вариантов их «развертывания» и разработка сценариев борьбы с ними, подготовка людей и техники к разрешению этих задач.
3. Обеспечение раннего предупреждения возможности возникновения опасных явлений и контроля опасных систем, зон повышенной опасности.
4. Периодическое обслуживание систем, выявление и устранение возможности накопления нежелательных явлений, восстановление оптимального состояния системы, изменение режимов работы системы в зависимости от ее состояния.
5. Организация в системе время от времени строго контролируемых «кризисов» – условий, при которых нежелательные явления могут проявиться наилучшим образом.
6. Создание защитных систем, способных справиться с вредными явлениями в автоматическом режиме, адекватно реагировать на разные сценарии развития ситуации.
7. Создание систем с «врожденной» безопасностью, например, атомных реакторов, физически неспособных к взрыву ни при каких условиях.

Проведение «диверсионного» анализа мясорубки ручной бытовой

Мясорубка ручная бытовая выбрана в качестве примера по причине простоты и небольшого количества деталей и функций, а также в продолжение ее функционально-стоимостного анализа, описанного в [10, с. 187]. Но, несмотря на относительную простоту объекта, полный его анализ потребовал бы объема, превышающего возможности данной книги, поэтому ниже приведены фрагменты анализа, иллюстрирующие применение изложенной выше методики.

1. Формулирование обращенной задачи

1.1. Дана техническая система для дробления, измельчения (разделения на мелкие кусочки) мяса и других нехрупких продуктов питания – мясорубка. Необходимо найти и устранить возможность появления вредных, нежелательных эффектов и явлений, связанных с мясорубкой.

1.2. Дана техническая система для дробления, измельчения (разделения на мелкие кусочки) мяса и других нехрупких продуктов питания – мясорубка. Необходимо создать максимально возможное количество вредных эффектов, явлений, связанных с мясорубкой.

2. Поиск известных способов создания вредных явлений

2.1. Рисунок и принцип работы мясорубки достаточно подробно приведены в [10, с. 188]. Мясорубка входит в надсистемы: техника для переработки продуктов; домашнее хозяйство; предприятие-изготовитель мясорубки (в том числе и другого оборудования); система торговли. С этими надсистемами мясорубка взаимодействует на разных этапах своего жизненного цикла. Соседние системы, с которыми мясорубка наиболее часто взаимодействует: перерабатываемые продукты, человек, стол, на котором мясорубка крепится, шкаф, в котором она хранится, окружающая среда – воздух, вода (при мытье).

2.2. Примерные значения характеристик, описывающих нормальное функционирование мясорубки:

вес – 1-3 кг (в зависимости от материала);

усиление вращения – несколько килограммов;

усиление крепления к столу – несколько килограммов;

твёрдость перерабатываемого материала – мягкий.

Возможные вредные эффекты, явления при изменении основных характеристик

Увеличение веса затруднит использование мясорубки, повысит опасность травмы при ее падении.

Уменьшение веса может привести к снижению прочности, возможным поломкам, что, в свою очередь, может привести к травмам острыми краями обломков.

Увеличение усилия вращения затруднит работу с мясорубкой, приведет к повышенной утомляемости человека.

Увеличение твердости перерабатываемого продукта (например, попадание в продукт костей или посторонних предметов) вызовет увеличение усилий человека. В результате могут возникнуть повреждения рабочих частей мясорубки, что отразится на качестве продукта. Кроме того, возможны и травмы при резком торможении.

Можно сформулировать задачу недопущения повреждений при попадании в мясорубку твердых предметов.

2.3. Функциональный анализ мясорубки приведен в [10]. В процессе функционального анализа были выявлены некоторые вредные эффекты, например, попадание мясного сока под неудаляемую пластмассовую втулку, вызывающее появление неприятного запаха и, что еще хуже, возможность размножения болезнетворных бактерий. Кроме того, были отмечены вредные явления выжимания сока из мяса при его переработке; высокой трудоемкости изготовления решеток; плохого прилегания ножа к решетке и т.п. Это результаты обычного функционального анализа. Функциональный анализ, направленный на решение «диверсионных» задач, дает дополнительные результаты благодаря рассмотрению возможности ухудшения выполнения полезных функций. Так, одна из полезных функций – подача мяса от бункера к ножу. Как ее ухудшить? Один из простых

способов – уменьшить диаметр шнека, что приведет к увеличению зазора между шнеком и корпусом, а в результате может возникнуть обратный поток продукта. Фактически так и происходит: в некоторых случаях возникает обратный поток мяса, которое возвращается в бункер, мешая работе. Кроме того, во всех существующих конструкциях мясорубок шнек заканчивается в нескольких миллиметрах от решетки, возникает «пустая» зона, в которой не происходит сжатие мяса. Можно сформулировать задачу: как исключить обратный поток? В.М.Герасимов экспериментально показал, что если шнек удлинить до решетки, эффективность мясорубки возрастает.

Второй вопрос «диверсионного» функционального подхода: как усилить вредные функции, другие факторы расплаты? Например, увеличить повреждение стола при креплении к нему мясорубки. Простые способы: сделать опорные поверхности струбцины острыми, специальной формы, обеспечивающей лучшее сцепление со столом. На некоторых мясорубках так и поступают. На других, наоборот, для защиты поверхности стола покрывают опоры пластмассой, в результате чего крепление ослабевает, мясорубка скользит по столу. Для того чтобы от этого избавиться, потребитель нередко снимает пластмассовые колпачки, обнажая плохо обработанные опоры – повреждение стола усиливается... Формулируем задачу: как обеспечить хорошее крепление без порчи поверхности стола?

2.4. Мясорубка – устройство для дробления, разделения продукта. В этом плане близкими по назначению устройствами являются любые дробящие, режущие машины, в том числе камнедробилки, металлорежущие станки и т.п. Для такого рода устройств типовыми вредными явлениями можно считать травмы людей. Может ли быть источником подобных травм мясорубка? В принципе, могут быть травмы при подаче мяса в бункер: нередко потребитель пытается проталкивать мясо в бункер пальцами, не прекращая вращать шнек. Вполне возможно повреждение пальца при попадании его в шнек, особенно если края шнека очень остры. Можно сформулировать задачу предохранения рук при подаче мяса в бункер.

2.5. Типовые вредные воздействия (по *перечню 1*):

Механическое действие (1.1): скрип при вращении, физическое утомление.

Тепловое действие (1.2) – нет.

Химическое (1.3.) и биологическое (1.7) действия: гниение остатков продукта при невозможности хорошо промыть мясорубку (при соответствующих недостатках в конструкции). Другая биологическая опасность – возможность заражения, например, сальмонеллезом (мясо при дальнейшей обработке может быть обеззаражено, а мясорубка может остаться источником опасного заражения. Возникает задача: проверить реальную возможность этого и, в случае положительного ответа, найти способ исключить опасность заражения, изменив конструкцию так, чтобы обеспечить надежную 'дезинфекцию мясорубки.

Электрическое (1.4), магнитное (1.5), электромагнитное (1.6) и информационное (1.8) воздействия – нет.

Психическое, эмоциональное действия (1.9): при плохой работе мясорубки возникает раздражение. Работа скучная, непривлекательная. Возникает задача – как сделать ее интереснее.

Вредное воздействие опосредованное через окружающую среду (2.1): возможность попадания капель мясного сока, брызг в воздух и на поверхности предметов в кухне, создание возможности заражения, аллергических реакций. Необходимо проверить, существует ли такая опасность в реальности, и при положительном ответе решать задачу на ее исключение.

Вредное действие на перерабатываемый продукт (как часть окружающей среды): возможность выжимания сока из продукта (уже отмечалось), возможность замены резания перетиранием при плохом прилегании ножа к решетке; возможность химического взаимодействия продукта с металлическими поверхностями корпуса, при котором продукт портится, например, из-за каталитического воздействия металла. Возможно попадание в продукт металлических частиц из-за трения металлических частей друг о друга. Возникают задачи: проверить возможность существования этих вредных эффектов в реальности и, в случае положительного ответа, исключить их.

Вредное действие, опосредованное через технические системы, в том числе за счет взаимодействия с человеком (3.1): неправильная сборка, установка мясорубки – встречаются довольно часто, когда хозяйка не может достаточно хорошо затянуть гайку, крепящую решетку, в результате мясорубка плохо работает. Аналогично могут возникнуть сложности с креплением мясорубки на столе. Эти задачи имеют простое решение [10, с. 197].

Вредное действие за счет воздействия природных систем (3.2): окисление металла благодаря контакту с воздухом, водой, которое может усугубляться из-за наличия в продукте различных солей, других веществ, могущих оказаться катализаторами реакций. Возникает задача проверки возможности существования такого вредного действия и в случае положительного ответа исключить их, заменив, например, неподходящие для мясорубки материалы.

Вредное действие за счет взаимодействия разных ТС (3.3): мясорубка закреплена на столе, и, если вращение рукоятки идет туго, возможна передача больших усилий на стол, который может быть повернут, приподнят толчком, в результате чего могут упасть на пол находящиеся на столе другие предметы. Задача недопущения передачи слишком большого усилия была сформулирована выше.

2.6. Типовые результаты вредных воздействий на человека (*перечень 2*): из этого перечня наиболее вероятными являются воздействия физические: от возможности получения травмы при падении плохо закрепленной мясорубки, попадании пальцев в шнек и т.п. до возникновения тяжелых болезней из-за заражения и разного вида аллергических реакций. Другие виды нарушений могут возникнуть как следствия воздействий физических.

3. Паспортизация и использование ресурсов

3.1. Типовые опасные зоны мясорубки (по *перечню 3*). К таким зонам в мясорубке могут быть отнесены зоны трения между шнеком и корпусом, между решеткой и ножом. В этих зонах трение происходит в присутствии химически активного продукта (мясного сока), возможно возникновение разного рода трибохимических реакций. Возникает задача: проверить реальность существования этого явления и при положительном ответе исключить.

3.2. Ресурсы системы, способные обеспечить появление вредных явлений (*перечень 4*):

Вещественные (1): перерабатываемые продукты, воздух, вода при мытье.

Энергетические (2): усилия человека, вращающего рукоятку.

Пространственные (3): пространство, необходимое для хранения, пространство внутри мясорубки, в котором могут находиться остатки продукта, а при хранении могут прятаться тараканы, муравьи и т.п. Возникают задачи: уменьшить пространство, необходимое для хранения, обеспечить более удобное хранение (сегодняшняя мясорубка в этом отношении неудобна, не продумана). Нужно сделать невозможным попадание внутрь насекомых при хранении.

Временные (4): большую часть времени мясорубка полезных функций не выполняет, только место занимает. Возникает задача: использовать промежутки времени. Нужно найти новые функции, которые мясорубка могла бы выполнять.

Функциональные (5): способность шнека наматывать на себя жилы из мяса, тем самым снижая эффективность работы. Эта способность связана с квадратным сечением посадочного места шнека и ножа, за которое хорошо цепляются жилы. Возникает задача – изменить крепление так, чтобы не было наматывания.

Системные (6): – нет.

Ресурсы изменения (7): изменение мясорубки в процессе ее эксплуатации, например, постепенное снашивание гребней шнека и корпуса, вызывающее увеличение зазора между ними, а значит, и процесса подачи мяса, его резания. Возникает задача недопущения износа или его компенсации. В принципе это возможно, если шнек и стакан корпуса выполнены конусными, что допускает перемещения друг относительно друга.

4. Поиск вредных эффектов по информационным фондам

4.1. Поиск по указателям физических и геометрических эффектов ничего интересного не подсказал. Среди физико-химических обратил на себя внимание эффект Ребиндера [11, с. 145]. Он малоизвестен, хотя открыт советским физико-химиком П.А.Ребиндером в 1923 году. Суть эффекта – в понижении прочности твердых материалов, работающих в среде, содержащей поверхностно-активные вещества. Мясной сок такие вещества

содержит в больших количествах, поэтому не исключено, что именно этот эффект может быть причиной быстрого затупления режущих элементов мясорубки, износа поверхностей трения, шнека и корпуса.

4.2. Типовые ошибки в развитии систем (*перечень 5*): по-видимому, основная ошибка в развитии мясорубок – топтание на месте, неиспользование новых изобретений.

Мясорубка давно находится на 3-м этапе развития. Наблюдается имитация развития: в различных модификациях выпускаемых мясорубок меняются только внешние признаки, иногда материал, но это мало влияет на ее функционирование. Более того, ошибка усугубляется тем, что создаваемые электрические мясорубки часто по своему устройству повторяют ручные, только с вращением не от руки, а от электромотора. Возникает задача поиска принципиально новых решений, подходов к созданию как ручных, так и электрических мясорубок. В принципе, эта задача вполне разрешима, например В.М.Герасимов нашел идею новой мясорубки на другой принципиальной основе, гораздо более простой конструкции, с большей эффективностью.

4.3. Типовые причины вредных эффектов (*перечень б*): для мясорубки характерна бессмысленная стандартизация, тормозящая ее дальнейшее развитие (1.8), монополия ВНИИ технической эстетики, не дающая возможности принципиального изменения внешнего вида, а, следовательно, и конструкции. Другая типовая причина – преобладание личных или групповых интересов (3.5). Так, интересы изготовителей диктуют волю потребителю, в результате чего мясорубки совершенствуются – в направлениях, выгодных изготовителю (снижение трудоемкости изготовления, повышение цены и т. п.), но не в направлении повышения функциональных возможностей, удобства использования и т.п. В процессе эксплуатации происходит окисление материала, постепенное изнашивание поверхностей корпуса и шнека, решетки, ножа, поверхностей трения на корпусе, решетке и шнеке (4.3). Мясорубка плохо согласована с потребителем (4.4), у нее низкая эргономичность. Возникает задача создания мясорубки высокоэргономичной, удобной для пользования, хранения и т.п.

5. Поиск вредных эффектов с помощью методики прогноза

Работа по этому пункту может быть очень обширной, поэтому остановимся на двух примерах. Рассмотрим «шаг вперед» по линии развития для получения вредного эффекта.

Линия повышения динамичности. Система нединамична. Как получить вредный эффект от повышения динамичности? Например, если сделать шнек и нож более динамичными, чтобы они могли менять свое положение относительно решетки, то их прилегание к решетке ухудшится, что приведет к снижению качества резания продукта. Реализовать это можно, выполнив места крепления ножа на шнеке и отверстия в корпусе и решетке, в которых вращается вал шнека, чересчур свободными. Если учесть, что эти места – зоны максимального износа из-за трения вала шнека

разными величинами электрохимического потенциала в среде электролита (богатого солями мясного сока). Например, чугунного корпуса и стального ножа, решетки. Еще сильнее такое взаимодействие могло бы проявиться в мясорубках с алюминиевым корпусом благодаря большому электрохимическому потенциалу алюминия. Правда, скорее всего это невозможно – ведь алюминий обладает свойством самопассивирования благодаря появлению тонкой пленки окиси на поверхности. В то же время неизвестно, как будут взаимодействовать с этой пленкой и с самим металлом содержащиеся в продуктах органические кислоты, да еще в присутствии ферментов-катализаторов;

М – магнитное поле. Магнитных взаимодействий, способных создать вредные эффекты, по-видимому, нет.

7. Поиск возможностей усиления вредного эффекта

7.1. Типовые способы (*перечень 7*): возможно взаимодействие нескольких эффектов (5), способных вызвать быстрое затупление режущих элементов мясорубки – попадание твердых частиц, химическое взаимодействие, в том числе каталитическое, окисление, трибохимические реакции при трении в активной химической среде, эффект Ребиндера. Все эти факторы, действуя совместно, могут существенно увеличивать скорость выхода режущих элементов из строя.

7.2. Использование инструментов ТРИЗ

Законы развития технических систем – развертывание – свертывание. Одним из способов повысить эффективность систем, ресурсы дальнейшего развития которых близки к исчерпанию, является объединение конкурирующих (альтернативных) систем, то есть систем, направленных на выполнение одной и той же функции разными путями [10, с. 53]. В нашем случае мы рассматривали использование мясорубки только по основному назначению – для переработки мяса. Но в домашнем хозяйстве ее используют для измельчения и других продуктов – например, рыбы, овощей, фруктов. Каждый раз будет создаваться иная химическая среда, по-своему влияющая на режущие элементы. Есть вероятность, что последовательное действие разных химически активных сред может оказаться гораздо более разрушительным, чем постоянное действие только одной среды.

Стандарты на решение изобретательских задач. Класс 2.

Форсирование веполей. Стандарт 2.2.3 – переход от сплошных веществ к капиллярно-пористым. В данном случае, когда инструментом, разрушающим режущие элементы, является мясо, это означает появление в мясе каких-то пустот, воздушных пузырьков. В принципе это вероятно, шнек во время работы может захватывать воздух. Может быть, наличие воздуха даст возможность появлению кавитационных явлений? Или повысит окисление поверхностей (известно, что сталь, находящаяся все время в воздухе или все время под водой, окисляется куда меньше, чем при переменной среде).

8. «Маскировка» вредных явлений.

8.1. Типовые способы (*перечень 8*):

Появление вредных эффектов со временем (1): большинство вредных эффектов – износ режущих элементов, износ опор вращения, приводящий к плохому прилеганию ножа к решетке, и другие возникают и проявляются со временем.

Появление вредных эффектов в экстремальных условиях (2): вредность от разбрызгивания капель сока мясорубкой может проявиться при обработке зараженного мяса.

9. Анализ выявленных вредных эффектов.

9.1., 9.2. требуют экспериментальных исследований, которые на учебном примере не проводились.

9.3. Диаграмма Исикавы приведена ниже.

10. Устранение вредных эффектов.

10.1. Использование для устранения вредных эффектов типовых средств предотвращения (*перечень 9*).

Создание защитных систем (6) – придумать простые системы, которые при попадании твердых частиц между шнеком и корпусом или между ножом и решеткой не допустили бы увеличения силы сверх допустимой, способной вызвать поломки или переворачивание стола (например, типа муфты).

Создание системы с «врожденной» безопасностью (7) – снабдить мясорубку для исключения возможности заражения и вредных эффектов от остатков продукта дезинфицирующим покрытием, например, типа серебряного, обладающего бактерицидным действием (конечно, более дешевого, чем серебро).

10.2. Анализ причин выявленных вредных эффектов. Основной причиной существования большого числа выявленных эффектов является незнание специалистов о возможности их существования, кроме того, существует и такая причина, как незаинтересованность производителей в совершенствовании мясорубки, связанная с общей экономической ситуацией в стране. Для ликвидации первого фактора можно рекомендовать применять «диверсионный» анализ, ликвидация же второй причины возможна лишь на путях развития перестройки.

11. Анализ хода работы.

11.1. Поскольку анализ учебный, то он проведен в соответствии с методическими рекомендациями. В учебных же целях ряд шагов методики был опущен. Работа носила итеративный характер: было много возвращений к предыдущим шагам в процессе выполнения работы. Каждое возвращение давало интересные идеи и результаты.



Диаграмма Исикавы

Триз и проблема аварий

«Диверсионный» анализ может использоваться на практике, например как один из важных элементов работы при проведении функционально-стоимостного анализа. Другое очень важное применение он может найти при расследовании причин аварий, проведении работ по обеспечению безопасности, экспертизе проектов (в том числе экологической) и т.п.

Представляется, что для этого должна быть создана независимая специализированная организация, которая могла бы осуществлять экспертизу любых работ или проектов. В принципе, такие фирмы успешно работают за рубежом. Но применение «диверсионного» анализа позволило бы существенно повысить их эффективность благодаря новому методологическому обеспечению.

До настоящего времени работа по созданию методики «диверсионного» анализа велась незначительными силами, на общественных началах и относительно небольшом (доступном) информационном фонде по авариям, катастрофам. Причем работа тормозилась из-за двух обстоятельств. Во-первых, до последнего времени в отечественной литературе практически полностью отсутствовала необходимая информация, можно было использовать только немногочисленную и разрозненную информацию из книг, в основном зарубежных. Во-вторых, когда такие материалы все-таки попадали в поле зрения, они, как правило, оказывались малодостоверными из-за ложных соображений секретности и престижа с одной стороны, и неумения выявить истинную причину аварии, нежелания в этой причине признаться, стремления «вывести из-под удара» себя, начальство, конструкцию и т.п. с другой. Поэтому часто приходилось для получения

реальной картины одно и то же событие изучать по нескольким источникам информации, сопоставлять ситуацию с уже выявленными типовыми случаями и т.п.

Нет необходимости доказывать, насколько важно для всего человечества создать эффективную и достоверную методику, прогнозирования аварий и разработку методов их предотвращения. Проведенная работа по «диверсионному» анализу позволяет сделать вывод, что на базе ТРИЗ такая методология может быть построена при условии концентрации усилий многих специалистов. Необходимо создать обширный информационный фонд по авариям и другим вредным явлениям, провести его анализ и на базе этого анализа разработать методологию выявления, прогнозирования и предотвращения аварий и других вредных явлений. Такая методология могла бы оказаться чрезвычайно полезной и для придумывания «нештатных ситуаций» для различных организаций, в том числе торговли, сервиса и т.п. с целью исключения возможности их возникновения и, разработки стратегии борьбы с ними при их возникновении. Возможно использование «диверсионного» подхода и в практике работы различных контрольных служб, в том числе органов следствия.

Другой аспект рассматриваемой проблемы заключается в том, что самая эффективная организация труда, другой деятельности не может полностью исключить возникновение аварийных и штатных ситуаций, тем более – стихийных бедствий. Ликвидация такого рода ситуаций – труднейшая задача, для выполнения которой создаются временные или постоянно действующие специальные службы. Работники этих служб проходят соответствующую подготовку, однако не всегда оказываются готовыми действовать в ситуациях, ранее не встречавшихся, когда в условиях дефицита времени и средств необходимо находить решения часто непростых проблем, впервые вставших перед спасателями, аварийщиками. Нет сомнения, что использование инструментов ТРИЗ позволяет быстро и эффективно решать задачи самой высокой сложности, требующие нестандартного подхода и преодоления психологической инерции. Но сегодня никто не готовит «тризовцев аварийщиков», более того, аварийные службы не подозревают, что такая эффективная помощь им может быть оказана. В то же время речь идет не об эпизодическом подключении специалистов по ТРИЗ к аварийным проблемам, а о создании на базе ТРИЗ специализированной методологии, ориентированной именно на использование ее в аварийных ситуациях.

Исходя из сказанного, можно сформулировать следующие задачи для дальнейшей работы в этом направлении:

1. Сбор информационного фонда по проблемам и задачам, возникавшим когда-либо в аварийных и штатных ситуациях, по способам их решений, эффективности;

2. Анализ информации с целью выявления закономерностей появления и развития аварийных и штатных ситуаций и создание на этой базе методологии «диверсионного» прогноза;

3. Проведение патентно-информационного поиска по аварийным средствам и способам действий в нештатных и аварийных ситуациях, использованию в таких случаях различных ресурсов, в том числе и средств техники безопасности;

4. Анализ закономерностей развития аварийной техники, техники безопасности, проведение на их базе с помощью ТРИЗ прогнозирования развития такой техники с целью ее совершенствования;

5. Формирование методик решения творческих задач в аварийных и нештатных ситуациях и специализированных информационных фондов. Разработка программ для ЭВМ по типу программы «Изобретающая машина»;

6. Разработка и опробование программ творческого обучения специалистов спасательных, аварийных спецслужб, а также отдельных курсов для включения в программы обучения специалистов, которым приходится сталкиваться с нештатными и аварийными ситуациями в своей работе: космонавтов, моряков, испытателей и т.п.;

7. Создание спецслужб, подразделений специалистов по творческому решению задач в аварийных и нештатных ситуациях, методик их подготовки поддержания творческой формы, обеспечение их привлечения к участию в ликвидации аварий в различных регионах.

«...Но все-таки остается проблема: в чьи руки эта работа попадет. Вы же видите, как Сахаров «платил» всю жизнь за то, что сделал

бомбу. Понятно, что знание – объективно и все равно эту работу кто-то бы сделал. Но ведь проблема-то остается. Правда, сейчас мир меняется и становится другим, но это происходит медленно...»³⁷

Справедливые опасения. Они возникают всегда, когда речь идет об изобретении или открытии, которое может быть использовано не только во благо человечества, но и во вред ему. И было бы совсем уж странно, если бы методика «диверсионного» подхода не подверглась бы сама диверсионному анализу. Может ли кто-нибудь воспользоваться нашей методикой для организации настоящих диверсий? В принципе это возможно. Несмотря на то, что в мире идут благоприятные изменения, еще существуют отдельные террористы и целые террористические организации. Как с ними бороться? В первую очередь – гласностью. Чем более открытой становится наша жизнь, тем труднее вынашивать тайные диверсионные планы. Не исключено, что террористы имеют свои методы и средства, но в отличие от нас они не делятся своими секретами. «Диверсионный» анализ позволяет раскрыть их и сделать достоянием тех, кто должен с ними бороться, уметь предотвращать.

И еще. Многие годы наша страна болела шпиономанией. В тридцатые-сороковые годы большинство наших людей искренне верили, что вокруг бродят сонмы врагов, только и ждущих притупления нашей бдительности, чтобы ударить. Но оказалось, что мы себе сами враги из-за

³⁷ Из письма Л.А.Кожевниковой.

некомпетентности, недобросовестности. Есть и вполне объективная причина увеличения количества аварий – усложнение техники, повышение зависимости человека от нее. Именно поэтому подавляющее большинство аварий происходит не по злему умыслу, а по незнанию. Разрушить это незнание и призван «диверсионный» подход.

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ КОЛЛЕКТИВОВ

Как создать работоспособную научную школу и сохранить ее результативность в течение длительного времени – вопрос, который всегда остается в центре внимания научной общественности. Для ответа на этот вопрос необходимо было разработать новую концепцию развития коллективов, и такая попытка была предпринята с использованием изложенной выше методологии. Работа была проведена в две стадии: сначала сбор эмпирических данных на базе изучения истории создания и функционирования различного рода коллективов (эти результаты коротко изложены в книге [10, с. 255]), затем поиск объяснительных механизмов для установленных закономерностей. Здесь мы изложим некоторые элементы разработанной концепции, имеющие наиболее важное значение для развития научных коллективов (школ).

Рассмотрим ряд основных положений, из которых будем исходить в данной работе.

1. Принято считать, что все особенности той или иной научной школы определяются ее лидером (руководителем) и членами коллектива – их компетентностью, моральными качествами и т.п. Тем не менее, анализ показал, что главным фактором, определяющим практически все свойства и показатели того или иного коллектива, является то, на каком из трех этапов S-образной кривой развития находится система, для разработки которой создан данный коллектив (будем в дальнейшем называть эту систему Делом коллектива).

Таким Делом для коллектива предприятия является выпуск определенной продукции, для школьного коллектива – обучение и воспитание детей, для коллектива симфонического оркестра – исполнение музыки и т.п. Для научного коллектива Дело – выпуск той или иной научной продукции: экспериментальных данных, теоретических разработок, практических рекомендаций в разных областях и т.п. И хотя имеется немало специфических черт, отличающих, например, коллектив НИИ от коллектива поликлиники или футбольной команды, анализ показал, что гораздо больше имеется черт сходства, подобия, особенно в тех случаях, когда Дело коллектива вышло на 3-й этап развития по S-образной кривой, и коллектив попадает в состояние застоя.

2. Каждый коллектив является производителем и потребителем материального и информационного потоков, проходящих через общество и

данный коллектив в частности. Материальный поток может включать ряд составляющих: питание, одежду, жилье, предметы культуры, другие материальные блага. Чрезвычайно важно, что структура коллектива в соответствии с закономерностями синергетики формируется величиной и структурой проходящего через него потока и меняется скачком при достижении потоком определенного уровня.

3. Раз возникнув, коллектив в дальнейшем, подобно живому организму, стремится к своему сохранению – гомеостазису и развитию. Например, отдел снабжения, созданный для распределения фондируемой продукции, больше всех заинтересован в сохранении дефицита, как гаранта своего существования.

4. Каждый член коллектива и весь коллектив в целом стремится к повышению своей идеальности. Повысить личную идеальность для человека означает увеличить отношение положительных и отрицательных эмоций (принцип реальности З.Фрейда). Положительные эмоции человек испытывает при удовлетворении своих потребностей, которые можно разделить на низшие, обычно связанные с физиологией (потребность в питании, жилье, половом партнере и т.п.), и высшие, связанные с общественной природой человека (потребность в свободе, творчестве, уважении, милосердии и т.п.). Отрицательные эмоции связаны с факторами расплаты за получение положительных эмоций.

5. Можно выделить два основных типа управления коллективом: силовое (вынуждающее) и увлекающее (стимулирующее). Силовое управление, основанное на угрозе снижения удовлетворяемых, потребностей ниже допустимых пределов («пережимание питательных трубок», «перекрывание кислорода» и т.п.) и повышении факторов расплаты (наказания), характерно для ранних общественных формаций таких как рабовладельческая, феодальная и аналогичные, а также современных тоталитарных обществ. Увлекающее управление (по «собственным функциям») использует поощрение человека (коллектива) к повышению своей идеальности путем удовлетворения потребностей с помощью разного рода стимулов, как низших (на ранних стадиях капитализма), так и высших (наблюдается в ряде современных стран). Чрезвычайно важно понимать, что стимулирование высших функций с вызывается успешным для развития коллективов только если полностью удовлетворены низшие потребности. Так оказались обреченными на провал попытки создания в первые послереволюционные годы в нашей стране коллективов, нацеленных только на удовлетворение высших потребностей (патриотизм, чувство классовой солидарности, увлеченность идеей коммунизма и т.д.).

Этапы развития научного коллектива

Этап 1. Развитие любой научной системы (теории, новой науки) начинается с идеи, возникшей, как правило, у одного человека, автора крупного научного открытия. Постепенно вокруг него и нового Дела

собирается небольшой коллектив единомышленников-энтузиастов. Интересы и стимулы к работе (факторы развития) на данном этапе, как правило, личные: у одних – любознательность, желание принести пользу людям, у других – честолюбие, надежда на будущую карьеру, богатство и т.п. Но различие в дальних интересах не мешает людям работать вместе, потому что для всех главное – чтобы Дело пошло. А идет оно нелегко. Главное, противоречие первого этапа: новое Дело объективно нужно обществу, но научное сообщество об этом не знает, энтузиастам не помогает. Это еще в лучшем случае, когда создается принципиально новая парадигма, не затрагивающая ничьих интересов. Если же речь идет о радикальном изменении, замене уже существующей системы, вместо равнодушия приходится сталкиваться с сопротивлением существующего коллектива, безуспешно пытающегося «дожимать» исчерпавшую возможности развития старую теорию.

Против энтузиастов предпринимаются любые действия, от клеветы и дискредитации до прямого уничтожения еще не набравших силу, но опасных конкурентов.

Главной особенностью этого этапа является наличие огромных ресурсов развития нового Дела, простота выдвижения новых идей, их изобилие. Идей гораздо больше, чем людей, способных их разрабатывать, благодаря чему практически полностью исключаются такие отрицательные явления, как плагиат, недобросовестная конкуренция (хотя дух соревнования остается). В связи с этим требует пересмотра представление о сверхгениальности тех, кто начинал новое Дело. Как правило, его начинали вполне обычные ученые, нередко просто дилетанты, но они вырастали с ростом Дела. Масштаб ученого в гораздо большей степени зависит от времени начала его работы в новом Деле, чем от личных качеств. Так, Л.Д.Ландау считал, что ему не повезло с возрастом: он вошел в науку лет на 6 – 7 позже, чем такие крупнейшие ученые, как Н.Бор, Э.Шредингер, В.Гейзенберг, П.Дирак, Э.Ферми и некоторые другие, и к этому времени основные открытия в новой физике были уже сделаны. Наоборот, П.Дираку, по его собственному заявлению, повезло, он «успел» к периоду 1925 – 1928 годов Подтверждает приведенное выше заключение и научная судьба Е.О.Патона, который до 60 лет был довольно известным ученым в достаточно узком кругу мостостроителей, но приобрел мировую известность, начав разрабатывать совершенно новую область – электросварку. К сожалению, из-за ограниченности объема книги невозможно привести множество других подобных примеров.

Без официальной поддержки и финансирования первоэтапный коллектив держится исключительно на неформальных, личных контактах, доверии его членов друг к другу, на научном и «житейском» авторитете лидера, взаимопомощи и т.п. Поскольку Дело новое, у большинства может не быть необходимых знаний (а часто их и не существует), что компенсируется увлеченностью в работе, связанной с ней высокой работоспособностью. Высоко ценятся нравственные качества. Сравнительные характеристики

коллектива на разных этапах развития приведены ниже.

По мере развития Дела развивается и коллектив, с его работами знакомится все больше людей, новое Дело становится нужным научному сообществу, в результате рано или поздно начинается признание Дела.

Этап 2. С признания начинается второй этап в развитии коллектива. Оно приводит к созданию формальной структуры. Поначалу это может быть небольшая лаборатория, но с официально утвержденным руководителем, со своим штатным расписанием. Работа получает финансирование, и с этого момента включается мощный фактор развития – положительная обратная связь; увеличение финансирования – увеличение количества людей – рост отдачи – увеличение финансирования и т.п.

Факторы торможения на этом этапе определяются в основном трудностями быстрой мобилизации ресурсов, подготовки людей. Развитие тормозится также из-за того, что многочисленные творческие задачи решаются с помощью несовершенной (но до недавнего времени единственной) технологии поиска нового – методом проб и ошибок. Несовершенство ее компенсируется подключением к Делу все большего количества человеческих ресурсов, форсированием экстенсивного развития. Но ресурсов обычно хватает, на Деле эти трудности существенно не сказываются. *Главное противоречие второго этапа:* большинство мер, принимаемых на этом этапе для развития коллектива, способствуют ускорению развития Дела, но именно они закладывают основы «порчи» коллектива на следующем, третьем этапе.

С появлением формальной структуры у коллектива кроме первичной цели (развития Дела) появляется новая цель – саморазвитие, самосохранение. Создается аппарат управления, выделяются отдельные службы, идет их специализация. Появляются вспомогательные подразделения, предназначенные для обслуживания основных: информационные, снабженческие, ремонтные, экономические, кадровые. Коллектив постоянно увеличивается: «выбиваются» новые штатные единицы, фонды, лимиты, помещения, оборудование, открываются новые лаборатории, отделы. При этом растет число людей, не связанных с творчеством, работающих «за зарплату». Затраты на Дело растут, но увеличивается и отдача, эффективность Дела резко повышается.

Появляются и другие коллективы, занимающиеся новым Делом, возникает конкуренция, раздел зон влияния и борьба за их расширение. Это, в конечном итоге, выгодно для общества на данном этапе, так как расширяет возможности выбора, способствует ускорению развития.

Изменяется моральный облик коллектива. Главными становятся деловые качества, а моральные отходят на задний план. В коллективе нормальная рабочая обстановка, все благоприятствует развитию Дела, поэтому происходит детренировка членов коллектива в моральном отношении. Она не сказывается сейчас, но тоже закладывает базу для будущей «порчи» коллектива.

Постепенно ресурсы Дела исчерпываются (для научной системы

исчерпываются объяснительные и предсказательные возможности), развитие замедляется, начинается окостенение, догматизация основных идей. Наступает третий этап.

Этап 3. Со стороны кажется, что все идет отлично. Коллектив продолжает расти, идут публикации, пишутся отчеты, выпускается научная продукция, защищаются диссертации, но все это требует все больше и больше средств при все более скромных результатах. Фактор развития остался прежний – растущая потребность общества, а фактор торможения – исчерпание ресурсов развития данной теории, концепции, парадигмы. Это – объективное явление. Можно, конечно, еще растянуть время существования коллектива за счет дожимания мелочей, но единственным правильным ходом на этом этапе является переход к развитию Дела на принципиально новом уровне, например, создание новой научной системы. Но это приходит в противоречие с интересами коллектива, который нуждается в стабильности и боится реорганизации, связанной с ней неизбежной переквалификацией.

Происходит инверсия целей: главной задачей коллектива становится не развитие Дела, что в прежнем направлении просто невозможно, а самосохранение и саморазвитие. *Главное противоречие третьего этапа:* интересы коллектива и общества снова расходятся, но, в противоположность первому этапу, теперь цели общества прогрессивны – ему нужно развитие Дела, пусть даже ценой полной реорганизации или расформирования данного коллектива, а цели коллектива реакционны – он стремится затормозить опасное для себя развитие.

В большинстве случаев коллектив оказывается победителем, и развитие Дела замедляется или даже полностью останавливается, сменяется имитацией, псевдоразвитием. Вместо Дела «идет в рост» коллектив, в основном за счет вспомогательных, не работающих на Дело, на конечный результат подразделений. В псевдоразвитие вкладываются огромные средства, возникает гипертрофия отдельных служб, усложняется организационная структура, растет документооборот, на первый план выходят требования соблюдения отчетности, выполнение многочисленных показателей, организация различных формальных движений. Исчезает общая перспектива работы, одолевает мелкотемье. Увеличивается количество разнообразных исследований, растет стоимость экспериментальных работ, повышается их точность и глубина теоретического анализа, но все это практически никак не сказывается на Деле. Растет наукоемкость, но вместо результатов – высказывания типа: «Отрицательный результат – тоже результат».

Происходит разрыв между официально декларируемыми целями коллектива (они, как правило, благородны и сохраняются с предыдущих этапов) и фактическими целями, отраженными во внутренних документах (инструкциях, положениях, приказах). Изменяются на противоположный смысл слов, понятий, особенно нравственных: честность, верность слову называют ложью, принципиальность – беспринципностью, банальность –

крупнейшим вкладом и т.д. Ложь становится нормой общения как внутри коллектива, так и в отношениях с вышестоящими. Издаются невыполнимые приказы, в ответ идут «липовые» отчеты. «Наверху» утрачивается реальная картина, что делает невозможным эффективное управление. Исчезает доверие к членам коллектива, создается дорогостоящие и неэффективные системы контроля и учета; причем расходы на контроль нередко многократно превышают убытки от возможной недобросовестности.

Возникает и обостряется на протяжении всего третьего этапа «необъявленная война» между коллективом и обществом: коллектив старается навязать обществу не то, в чем оно нуждается, а то, что коллективу выгодно делать. Если коллектив добивается в своей отрасли монопольного положения, немедленно падает качество работ, взлетают цены на научную продукцию. Коллектив заинтересован в том, чтобы «вытянуть» из общества максимум средств, часть которых идет на саморазвитие, отсюда и стремление навязать обществу грандиозные «проекты века». Коллективы, созданные для оказания помощи чему-то нужному для общества, начинают ему всячески мешать, борются с теми, кто пытается помогать обществу самостоятельно, «в обход» них. Так борется против учителей-новаторов Академия педагогических наук, отраслевые институты выступают против новых идей «со стороны».

Инверсия целей приводит к инверсии власти в коллективе. Лидирующее положение занимает административно-управленческий аппарат, подразделения, связанные с распределением благ и наказаний. Непонимание объективных причин торможения приводит к поиску виновных в остановке развития. Репрессии и многочисленные перетасовки руководителей приводят к тому, что начальниками становятся профессиональные бюрократы, постигшие хитрости системы и видящие главную цель не в развитии Дела, а в том, чтобы удержаться в кресле.

Система полностью «загнулась», вред, приносимый ею обществу, значительно выше, чем польза от ее существования. Для дальнейшего развития Дела необходима ликвидация данного коллектива, но сделать это очень сложно – у него могучие защитные средства и масса «союзников» – все другие столь же „полезные» обществу коллективы, бюрократический аппарат на разных уровнях, составляющие в сумме огромную, тормозящую любое развитие, силу. Застой может длиться долго...

Основные характеристики коллектива на разных этапах развития

1. Парадигма

Этап 1. Парадигма еретична по отношению к старым, признанным научным системам. Имеется четко очерченное ядро парадигмы с расплывчатыми границами. Большие ресурсы развития, легкость генерации новых идей. Возможны некоторая внутренняя противоречивость, «белые

пятна», неодинаковость восприятия парадигмы разными членами коллектива, не препятствующие сотрудничеству.

Этап 2. Границы парадигмы определяются. Парадигма структурируется, структура постепенно закрепляется. Поиск новых идей затрудняется. Неодинаковость в восприятии парадигмы еще допускается, но в установленных рамках.

Этап 3. Парадигма полностью закрепилась, превратилась в догму. Любое сомнение в ней рассматривается не как ошибка, а как злонамеренность. Вместо поиска новых идей – решение «головоломок» (по терминологии Т.Куна), то есть задач, которые заведомо имею, решение. Парадигма жестко логична, противоречия замалчиваются, факты, выпадающие из парадигмы, скрываются. Вместо строгих доказательств в сложных случаях – гипотезы «ad hoc».

2. Цели и ценности коллектива

Этап 1. Главная цель для всех членов коллектива – признание и развитие Дела. Вторичные – получение удовольствия, радости от работы и общения с единомышленниками. Более всего ценятся человеческие качества, особенно «верность Делу», высокая работоспособность, большой объем выполняемой работы (в этом случае результат гарантирован).

Этап 2. Главная цель коллектива – развитие Дела, вторая по важности – развитие формального коллектива. В связи с выделением в коллективе подразделений происходит дробление главной цели на частные, что нарушает взаимодействие. Более всего ценятся деловые качества: эрудиция, умение пробить предложения, верность команде. Новые идеи, творчество ценятся только в рамках парадигмы.

Этап 3. После инверсии целей главной целью становится самосохранение и саморазвитие. Цели подразделений заменяются эгоистическими: получить максимум благ при минимуме расплаты, в том числе и в ущерб Делу. Больше всего ценятся те, кто живет и работает как все, хотя бы чисто внешне.

3. Численность и структура коллектива

Этап 1. Численность коллектива небольшая, до нескольких десятков человек, живущих, как правило, в разных регионах и объединяющихся в небольшие региональные группы. Связи между людьми личные, в основном через переписку, по возможности – при встречах. Структура коллектива неформальная, люди в ней меняются: одни приходят в Дело, другие уходят. Связующий фактор – личная увлеченность. Необходимые управленческие функции осуществляет Лидер и руководители групп на общественных началах, наряду с работой над Делом. Принуждение к работе отсутствует.

Этап 2. Численность коллектива может быть от нескольких десятков до нескольких сотен человек. Структура формальная, определяется характером

Дела (так, в самолетостроительной фирме возникают подразделения: отдел шасси, отдел крыла, отдел аэродинамических расчетов и т.п.). Появляется управленческий аппарат, в который входят как люди Дела, так и профессиональные администраторы, причем соотношение постоянно меняется в пользу последних как за счет прихода новых людей, так и за счет дисквалификации ученых на административной работе. Главная функция аппарата – обеспечение быстрого развития Дела, в том числе подбор людей, материально-техническое обеспечение работы и т.п. Управление сочетает силовое принуждение (учет выполненной работы и т.п.) с увлечением (моральное и материальное поощрение к эффективной работе).

Этап 3. Численность может быть очень большой: от нескольких сотен до тысяч человек. Налицо стремление к гигантизму. Структура формальная, с четко выраженной иерархией, фактически стандартная, от характера Дела практически не зависит. Аппарат управления чисто бюрократический, его существование становится самоцелью. Коллектив, Дело – все нужно для того, чтобы аппарат безбедно существовал.

Внутренняя иерархия коллектива на третьем этапе становится сложной и громоздкой. Взаимодействие между подразделениями ухудшается, появляются и растут различные ведомственные преграды.

Общение идет только через официальные документы, впрочем, не спасающие от недобросовестности отдельных членов и целых коллективов. Степень беспорядка в коллективе возрастает, несмотря на все усилия навести «железный» порядок, сами мероприятия, направленные на наведение порядка, становятся основным источником его разрушения.

4. Люди коллектива, их отношения между собой и с внешней средой

Этап 1. Лидером коллектива на первом этапе всегда является автор новой идеи, пионер, создатель Дела – творческая личность с необходимым набором качеств, как правило, плохо ладящий с внешней средой [13]. Вокруг него объединяются добровольно увлекшиеся новым Делом люди, в большинстве своем не нашедшие себе места в стандартных третьеступенных коллективах по разным причинам: неудачники, чьи притязания оказались выше возможностей реализации, предоставляемых им в коллективах третьего этапа; люди, с детства нестандартно воспитанные, мечтающие о творчестве; просто люди «со странностями». По мере пребывания в первоэтапном коллективе в них формируются качества творческой личности. Все члены коллектива, в том числе и Лидер, просты в общении, которое обычно носит дружеский характер. Вообще для коллектива на этом этапе характерна общая атмосфера увлеченности работой, радости, праздничности, много шуток и смеха. Поскольку членам коллектива приходится совместно бороться с теми, кто сопротивляется новому, моральные качества значат даже больше, чем деловые.

Коллектив первого этапа крайне заинтересован в привлечении новых людей к Делу. Каждый из его членов стремится привлечь своих

родственников, знакомых, коллег, широко агитировать за Дело. Это определяет профессиональный язык – простой, доступный, не содержащий сложной терминологии. В коллектив может войти любой желающий – нет отбора, конкурса, работы хватает на всех. И каждого новичка общими стараниями стремятся вывести на как можно более высокий творческий уровень. Причем на этом этапе, когда Дело еще молодо, количество накопленной информации относительно невеликой нет окостеневшей иерархии авторитетов, это возможно без длительного срока ученичества.

Ближе к концу этапа в коллектив приходят новые люди – умные, хорошо подготовленные карьеристы, понимающие, что новое Дело перспективно, и после его признания можно будет добиться большого успеха. Объективно такие люди полезны для Дела, хотя и могут ускорить переход на третий этап.

Этап 2. При переходе с первого этапа на второй Лидер может смениться. Им может оказаться кто-то из пришедших в Дело ближе к концу предыдущего этапа – еще человек Дела, но хорошо совместимый с внешней средой, разбирающийся в вопросах организации, конъюнктуры, в отличие от Лидера первого этапа, который слишком сосредоточен на Деле и не хочет от него отрываться для выполнения административных обязанностей (так, на втором этапе Лидером стал С.П.Королев, а не Ф.А.Цандер или К.Э.Циолковский). С расширением Дела резко возрастает круг вопросов, которые необходимо решать, Лидер постепенно превращается в Начальника. Пришло время перехода к коллегиальному руководству с разделением сфер влияния и ответственности, но обычно Начальник не понимает этой необходимости и не желает (иногда не решается, как ему кажется в интересах Дела, что-то передоверить другим) делиться властью. Попытки сохранить единоличное руководство приводят к тому, что многие вопросы решают не специалисты, а случайные люди, входящие в близкий к начальству круг (секретари, референты и т.п.)

Рядовые члены коллектива в начало второго этапа практически все пришли с первого этапа и принесли с собой сложившиеся добрые взаимоотношения. Но постепенно они разбавляются теми, кто пришел уже в формальный коллектив – от опытных специалистов, не прошедших школу первого этапа и работающих не «за идею», а за зарплату, до вспомогательного персонала: машинисток, бухгалтеров, кладовщиков, которым все равно, в каком коллективе работать. Внутренние отношения понемногу становятся более формализованными, начинает сказываться субординация, уменьшается степень демократичности, исчезает доступность Лидера для рядового члена коллектива.

Постепенно уходит дух всеобщего сотрудничества и праздника, характерные для первого этапа. Отношения становятся жестче, хотя уродливых явлений пока не возникает – все заняты Делом. Среди бывших первоэтапников возникает что-то вроде товарищества для поддержки друг друга, попасть в их круг становится непросто, из них в основном формируется руководящий состав.

Пополнение коллектива на втором этапе идет разными путями. Приходят

люди, привлеченные интересным Делом, приходят и погнавшиеся за модой карьеристы. В отличие от первого этапа, приходят не случайные люди, а высококлассные специалисты: Дело становится престижным, появляется возможность отбора по деловым качествам. Войти в коллектив теперь не так просто: могут потребоваться какие-то испытания, рекомендации, цель которых – доказать деловые качества, наличие квалификации, необходимой для работы. По-прежнему большую роль играет агитация, популяризация Дела, активизирующая приток средств и лучших людей. Но профессиональный язык постепенно усложняется, терминология начинает «работать» против дилетанта, появляются два языка: специальный и популярный.

Этап 3. Лидер окончательно превращается в Начальника. Начальниками становятся законченные бюрократы либо не прошедшие школу первого этапа, либо полностью переродившиеся. Идет постоянное ухудшение – от людей типа Онисимова (герой романа А.Бека «Новое назначение») до людей типа Бывалова (типичный бюрократ из фильма «Волга-Волга»). В коллективе соблюдается очень строгая иерархия. Идет превращение в «винтики» всех членов коллектива, не исключая и высшее руководство («винтиковость» руководителя крупного масштаба очень ярко показана в рассказе Д.Гранина «Запретная глава», посвященном его встрече с А.Н.Косыгиным).

Из работы совершенно уходит творчество. Это снижает Чувство удовлетворения от работы, заставляет искать творчество на стороне, в виде разного рода хобби, самоутверждаться, компенсировать свою творческую неполноценность за счет унижения подчиненных, сотрудников, членов семьи. Неудовлетворенность в творческом плане вызывает разочарование жизнью, желание уйти от неприятной действительности – отсюда рост алкоголизма, наркомании, проявления хулиганства и вандализма, которые являются мстостью индивида обществу за отсутствие необходимого ему для существования творчества.

Расхождение личных и общественных интересов приводит к резкому ухудшению морального климата в коллективе, расцветают цинизм и демагогия. «Война» коллектива с обществом приводит к такой же «войне» членов коллектива за индивидуальное благополучие. Каждый работает на себя, старается получить побольше, сделать поменьше, относится к работе как к лямке, которую нужно тянуть. Появляется и совершенствуется «спихотехника» – умение уходить от любой работы и ответственности (последнее часто связано с потерей квалификации специалистов на этапе, когда главным становится не Дело, а получение благ). Отдельные перестроившиеся на третий этап люди, стремящиеся несмотря ни на что продолжать Дело, оттесняются от руководства, подвергаются насмешкам как чудачки, несовременные.

Отсутствие общего Дела и возрастающая конкурентная борьба за тепленькое местечко разъедают коллектив, создают внутренние склоки. При этом все дружно борются против любых попыток разрушения коллектива, сплачиваются только в этой борьбе. Вместо дружбы и взаимопомощи –

боевые союзы, объединения нужных людей. Фактически коллектив исчезает – вместо него появляется клика, стая, внутри которой создаются прекрасные условия для возникновения и функционирования разного рода антиобщественных теневых структур. Расцветает элитарность, «блат», кастовость, повышается вероятность преступных злоупотреблений отдельных людей и групп – мафий. Становятся массовыми явлениями вымогательство, взяточничество, хищения и т.п.

Меняется профессиональный язык. Теперь его главная функция – не допустить в систему чужих, затруднить внешний контроль, не позволить понять, что король – голый. В языке возникают формы, типичные для шизофрени: длинные рассуждения, резонерство, стремление разъяснить банальности, пристрастие к «зловредному определительству», когда элементарным вещам и понятиям даются непонятные пространные определения, перегруженные сложной терминологией, демонстрирующей наукообразность. Авторы специальных книг злоупотребляют математическими и псевдоматематическими выражениями, не используемыми для практических расчетов, стремятся к изменению смысла общепринятых слов, терминов, к «переводу» их на латынь, греческий, делая непонятными. Из текстов исчезают пояснения, юмор, построение их становится скучным и нелитературным. Расцветает псевдонаучное философствование, стремление расценивать все с «философской точки зрения», узурпировав право «не пушать» в науку то, что не выгодно данной группе авторов, их клике.

Привлечение людей в коллектив ограничивается. Как и на втором этапе, вступление в него обуславливается особыми требованиями, но уже не деловыми: приоритетом пользуются нужные люди, с хорошей анкетой, а главное, свои, преданные лично Начальнику. Из-за замедления роста коллектива увеличивается средний возраст членов, а среди руководства прочно занимают места самые старые ученые. Ум, деловые качества, да еще в сочетании с молодостью служат скорее отрицательной характеристикой для «старожилов», чем положительной, доступ в коллектив таким претендентам практически закрыт.

5. Дисциплина, распределение благ, престиж

Этап 1. Вместо дисциплины – самодисциплина. Каждый работает столько, сколько хочет, считает нужным. Оплаты никакой нет, люди живут на средства, получаемые из источников, несвязанных с делом. Более того, часто члены коллектива сами, из своих средств финансируют работу: покупают нехитрые реактивы, материалы, многое для экономии средств делают сами. Возможность получения каких-то благ появляется только к концу первого этапа, это ускоряет развитие, но довольно часто неблагоприятно отражается на коллективе. Престиж члена коллектива определяется только вкладом в Дело.

Этап 2. Соблюдается дисциплина в интересах Дела. Можно опоздать, не приходить на работу вообще, если это полезно для дела. Работа оплачивается, при этом получение благ пропорционально успешности Дела и вкладу каждого члена, что способствует взаимопомощи и сотрудничеству в рамках Дела. Быстро выдвигаются инициативные и деятельные люди, растет их зарплата, идет повышение в должностях, защита диссертаций, награждения, они становятся почетными членами коллектива и общества. Оплата соответствует полученным результатам, система распределения благ используется руководством для стимулирования развития Дела. Соответственно престиж членов коллектива зависит от их вклада в результат и от связанных с ним должностей, званий, наград.

Этап 3. На третьем этапе дисциплина строго формальная. Можно ничего не делать, взять на работе или решать кроссворды, но нельзя опоздать на пять минут, нарушать писанные и неписанные правила. Получение благ зависит не от результата (его не может быть), а от затраченного времени, материалов, вложенных средств. Фактически коллектив получает какой-то процент от затраченных им средств, что приводит к бессмысленным тратам, омертвлению ресурсов. Другая возможность увеличения благ – повышение положения в иерархии, что дает право на определенные привилегии. Обе эти возможности приводят к появлению затратной экономики, стремлению использовать дорогие приборы, пользоваться консультациями самых «дорогих» (но не обязательно самых квалифицированных) специалистов и т.п. Поскольку получение благ от вклада в Дело не зависит, на каждом уровне иерархии возникает уравнильное распределение. Дополнительные блага распределяются руководством по всякого рода искусственным критериям и используются для управления коллективом в своих интересах.

Выполнение Дела непосредственно становится малопрестижным, людей привлекает в первую очередь деятельность, связанная с правлением, распределением благ и наказаний. Хотя в официальной пропаганде долго еще поддерживается иллюзия престижности труда, реально престижны только полученные любой ценой положение в иерархии, награды, звания, ученые степени, связи.

6. Распределение информации

Этап 1. Информация распространяется свободно. Можно не бояться кражи идей: они настолько еретичны, что чужой взять побоится, своему нет необходимости. Господствует культ фактов. Внутри коллектива ложь не характерна, но может присутствовать (часто в виде умолчания) в целях защиты от неблагоприятного вмешательства внешней среды.

Этап 2. Внутри коллектива распространение информации идет еще достаточно свободно, хотя появляются случаи плагиата. В целях защиты доступ к информации для конкурентов ограничивается, хотя такой способ действует недолго, наилучшие результаты дает опережающее продвижение в разработке Дела. Начинается утаивание информации о получаемых благах.

Этап 3. Информация о деле и о коллективе становится недоступной ак для его членов, так и для людей со стороны, превращается в своеобразную валюту для избранных, в средство эффективной манипуляции членами коллектива. Доступ к информации ограничивается под разными предлогами, в том числе путем объявления ее «секретной» без достаточных оснований, отрицания ее существования, создания понятных только посвященным «сленгов», псевдоматематики и т.п.

Приказы, инструкции, технологически-е указания становятся рецептурными, без объяснений, почему нужно делать именно так, а не иначе.

Появляются зоны (темы, личности), закрытые для критики. Если нужно кого-то наказать за ошибки, ищут и находят козлов отпущения. Критика становится неконструктивной, критикуют не идеи, а их носителей. В результате происходит изменение восприятия: к официальной информации относятся с недоверием, зато с легкостью принимают на веру любые, даже совершенно неправдоподобные слухи.

История постоянно приводится в требуемый сегодня вид. Сглаживаются, идеализируются характеры основателей Дела, вводятся в историю Дела сегодняшние лидеры, их роль необоснованно преувеличиваются, идеи, цели и методы первого этапа извращаются, приспособляются к требованиям дня.

6. Педагогика, воспитание членов коллектива

7.

Этап 1. Для работы на первом этапе требуются творческие личности, поэтому педагогика включает индивидуальное воспитание, обычно на примере первоэтапников. Большое внимание уделяется человеческим качествам, воспитанники ориентируются на поиск Большой Достойной цели. Главный способ – использование и стимулирование естественного стремления молодого человека к приобретению знаний, к самоусовершенствованию, самопостроению (от английского selfmaidman – человек, создавший сам себя). Воспитание понимания приоритета высших потребностей по отношению к низшим, высокого уровня притязаний.

Этап 2. Главная цель – воспитание деловых качеств: эрудиции, работоспособности, умения руководить и сознательно подчиняться, проявлять инициативу в заданных рамках. Для успешной работы на втором этапе необходимо стремление к победе, желание опередить соперников. Воспитание тяги к материальным благам, разного рода заслуженным моральным поощрениям. Морально-нравственному воспитанию особого внимания не уделяется, хотя отношение к нарушению этических норм отрицательное. Воспитание индивидуально-групповое.

Этап 3. Воспитание «винтиков». Стандартизация и подавление личности, инициативы. Мышление догматизировано, деловая квалификация низкая. Большое внимание уделяется умению подчиняться, быть преданным начальству, не выделяться, готовности к применению любых средств борьбы. Нацеленность воспитания на получение благ, главнейшее из которых – власть. Воспитание групповое, стандартизированное.

Согласно генетической теории полов В.Геодакяна роль женщины в эволюции – стабилизация, торможение любых изменений, среди которых могут быть опасные для вида. В период застоя эта тормозная функция становится особенно нужной для общества. Женская психология проникает на разные уровни, но особенно сказывается на подрастающем поколении. Женская педагогика воспитывает исполнительность, послушание, осторожность, конформизм. По мере возможностей подавляются фантазия, романтизм, нацеленность на собственные, новые пути (творческий потенциал). Ведущей психологической установкой становится не накопление, а экономия – в медицине это проявляется в тенденции вместо закаливания (накопления здоровья) кутать детей. Формируется убежденность, что нужно в определенный период жизни приложить максимальные усилия для достижения положения, а потом пожинать плоды достигнутого; не приемлется идея непрерывного самосовершенствования. В обществе распространяется опасный «синдром достижения», когда человек, достигший цели и не способный поставить новую, быстро теряет здоровье (а иногда и жизнь), как бегун, резко остановившийся после одоления марафонской дистанции.

Искусственная остановка развития

Изложенная выше схема развития научных коллективов (и не только научных) реализуется далеко не всегда. Во многих случаях явления, характерные для третьего этапа, наблюдаются и в коллективах, Дело которых отнюдь не исчерпало ресурсов развития и которые должны были бы находиться на втором этапе. Оказалось, что многие коллективы попадают на третий этап преждевременно, из-за искусственной остановки развития Дела со стороны.

Каждый коллектив как система входит в ту или иную надсистему, например, коллектив лаборатории входит в коллектив института, институт – в систему отрасли или Академии Наук. И коллектив надсистемы обладает возможностью, особенно эффективной в условиях административно-командного способа управления, характерного для третьего этапа (и нашей Академии Наук), влиять на состояние своих подсистем, согласуя их структуру и стиль работы с собственными. Так, застойная надсистема неустанно насаждает застои в подведомственных коллективах, несмотря на то, что объективно ресурсы Дела позволяют им еще довольно долго развиваться на втором этапе. Легко понять, почему это происходит – развивающаяся система второго этапа – живой пример для всех, показывающий, как можно и нужно работать. Застойная система не может выдержать такого сравнения.

Пример. В газете «Социалистическая индустрия» за 2.09.88 г. рассказано о истории изобретателя высокоэффективных сепараторов В.Старокожева,

который «с десятью помощниками работал эффективней, чем отраслевой институт, у которого одна за другой пошли в металлолом 22 мертворожденные модели... Маленькое специальное конструкторское бюро на Махачкалинском заводе сепараторов – СКВ Старокожева – стало поперек горла отраслевой науке, поскольку работало вызывающе эффективнее ее. Приказ бывшего министра Минлегпищемаша Л.Васильева гласил: «Разобраться и сократить».

У тормозящих сил надсистемы есть активный союзник – административно-управленческий аппарат коллектива, сформировавшийся на втором этапе развития и жизненно заинтересованный в постоянном усилении своей значимости, власти, что реально может быть достигнуто лишь на третьем этапе. При этом попытки остановить развитие (сознательно или в результате заблуждения) преподносятся общественности как меры по улучшению развития.

Механизмы остановки развития можно разделить на психологические, экономические и организационные (разделение в некоторой степени условное, так как все они неразрывно связаны в единый комплекс).

1. Психологическая установка. В обществе культивируется с древних времен уверенность в том, что именно общепризнанность, наличие сложной иерархической структуры, стабильность, «зрелость» Дела и коллектива, находящегося на третьем этапе, и есть нормальные, правильные условия существования производства, науки, искусства и т.п. Коллектив третьего этапа окружен ореолом престижности, стремление к этому состоянию стимулируется. Так, если абитуриенты еще мечтают о творчестве, великих открытиях и т.п., то уже в институте, а потом в аспирантуре, НИИ в них формируется стремление не к творческой работе, связанной с трудностями и неприятностями, а к продвижению по накатанному пути: защите диссертаций, высоким административным должностям и разнообразным благам. Особо строптивые «покупаются» на никогда не сбывающуюся надежду, что путем достижения высших должностей можно обеспечить себе самостоятельность в научных исследованиях – на самом деле зависимость от начальства с повышением в должности растет. Образцом для подражания становится не гений, не получивший признания при жизни, а всеми уважаемый директор института, академик и т.п.

2. Экономические меры. Исключается характерное для второго этапа стимулирование самостоятельной, творческой, результативной работы. Вводится уравниловка для коллективов и внутри них (распределение материальных благ и моральных поощрений пропорционально не результату, а должностям и стажу).

3. Организационные меры. Добровольность в работе, коллегиальность в принятии решений, характерные для первого этапа, и экономические методы управления, характерные для второго этапа, заменяются административно-командными.

Коллективу навязывается структура, типичная для организации третьего этапа: раздутая численность управленческого аппарата и вспомогательных

служб, стандартное и незыблемое штатное расписание, единый режим работы, методы ее планирования, учета и стимулирования для творческих и нетворческих работников. Творческая работа осложняется бесчисленными отвлечениями, идет неуклонный перевод творческих работников в нетворческие. Вводятся искусственные ограничения на развитие Дела: лимитирование ресурсов, многочисленные и часто необоснованные ограничения (в том числе догматическое восприятие базовой теории, запрет на любые отклонения от нее). Коллективу предоставляется монопольное положение, позволяющее ему выйти из-под контроля общества.

Механизм торможения

Анализ коллективов третьего этапа позволил выявить ряд конкретных приемов, механизмов торможения развития. Знание их чрезвычайно важно, так как может помочь в борьбе с ними. Рассмотрим эти приемы подробнее.

Культ иерархических пирамид. Ученый, специалист из свободного мыслителя превращается в нижнее звено многозвенной иерархической пирамиды. Его самостоятельность, условия жизни и работы зависят только от положения в иерархии, что вынуждает членов коллектива стремиться к служебному «росту» по стандартному пути, бояться вызвать неудовольствие тех, от кого зависит продвижение. Возвеличивание должностей, званий, титулов и т.п., введение системы рантьерства, когда однажды признанные заслуги на всю жизнь становятся источником разного рода благ.

Стабилизация иерархии. Введение «стажных» почестей. Большой стаж работы на одном месте превращается в наилучшую характеристику члена коллектива. Введение ограничений на приток молодежи, на занятие определенных постов в иерархии молодыми.

Разрыв между планирующими, исполнительными и контролирующими органами. Коллективу планируются различные показатели, удобные не для работы, а для контроля (контроль важнее работы!), что стимулирует не развитие Дела, а составление «хороших» отчетных документов. Коллективу в этом случае становятся невыгодными объективные проверки состояния Дела и он изо всех сил отстаивает систему контроля «по правилам». Доля карающих мероприятий по сравнению с поощрениями увеличивается.

Делегирование полномочий «вверх». Право принятия решений переводится с естественного уровня (той ступени, где возникла проблема) на одну-две ступени иерархии вверх. Это обеспечивает усиление аппарата, но приводит к его перегрузке мелкими проблемами, решить которые один руководитель не может физически. В результате решения принимают не специалисты, а референты, секретари, другие «доверенные» лица руководителей аппарата, не знающие конкретной обстановки и не отвечающие за свои действия. Фактически принимающий решения становится некомпетентным, анонимным и безответственным.

Примат идеологических соображений. Любые явления оцениваются не

на практике, а с точки зрения соответствия каким-то исходным идеологическим положениям, не подлежащим обсуждению, критике. Когда факты им противоречат, начинают преследовать тех, кто эти факты установил или довел до общественности. Научная оценка новых идей, научных направлений осуществляется с позиций догм и сиюминутной выгоды, отсюда в прошлые годы – борьба с кибернетикой, генетикой, научной социологией и т.п. Правда доказывается с помощью цитат из классиков – основателей Дела, обычно с нарушением норм цитирования.

Блокирование информации. Аппарат решает, какую информацию, в том числе и научную, можно довести до сведения рядового члена коллектива, а какую нет. Ограничение или полный запрет на информацию, отнесенную к «идеологически вредной».

Расцвет демагогии. Система взглядов и поведения разделяется на официальные – обязательные для всех, и личные – для себя. Идеи пропагандируются людьми, которые в них не верят и пропагандируемых правил не придерживаются. В отношениях между людьми, к Делу, ко всему окружающему расцветает цинизм.

Ревизия основ. Важнейшие положения, определяющие жизнь коллектива, в том числе формальные (положения, инструкции и т.п.) и неформальные (неписанные правила обеспечения чистоты эксперимента, обоснованности теоретических идей, требования к личным качествам людей), сложившиеся на предыдущих этапах, не отменяются, но перестают действовать. Вместо них появляются разного рода инструкции и разъяснения, не имеющие законной силы, но выполнение которых строго контролируется начальством, в том числе с помощью приказов и устных указаний.

Новые нормы неконкретны, противоречивы, недоступны для общего ознакомления и «рецептурны» (без разъяснения необходимости и цели введения). Они неконтролируемо «размножаются», в результате тормозится и обесценивается инициатива, исчезает любая правовая защита членов коллектива, действительны только указания начальства. Достижение любой цели, в том числе научных (публикация новых материалов, получение финансирования, разрешение на проведение тех или иных экспериментов, ознакомление с передовым опытом путем общения с зарубежными специалистами или доступа к ограниченной информации) теперь требует прохождения сложной системы препятствий, воздвигаемых искусственно, и напоминает бег в лабиринте, в котором выигрывает тот, кто лучше знает не Дело, а «ходы».

Регламентация поведения и контроль за членами коллектива неуклонно распространяются на все больший круг вопросов, вплоть до регламентации мыслей и контроля интимной жизни.

Создание иллюзии всемогущества аппарата. Многолетняя ложь, искусственные оценочные критерии создают иллюзию успешности всех начинаний аппарата, вырабатывают у его руководителей веру в собственное всемогущество («как прикажем, так и будет!»). Вырабатывается волюнтаристский стиль управления, пренебрежение экономикой, серьезным

изучением вопросов, поиском альтернативных путей.

У руководящих деятелей создается убежденность, что законы природы, общества, психологии и т.п. можно по своему произволу назначать или отменять на основании примитивных умозрительных схем (примитивных из-за отсутствия научной подготовки). Создается корпус «ручных» ученых-экспертов, всегда готовых обосновать волевые решения с научной точки зрения. Ошибки не замечают либо делают вид, что их нет и быть не может (синдром «страуса»). Ошибки явные, которые невозможно скрыть, списывают на «непредвиденные обстоятельства», стихийные бедствия и т.д. Достижения преувеличиваются или выдумываются («потемкинские деревни»). В крайнем случае пытаются исправлять ошибки тем же волюнтаристским путем, совершая новые, часто более тяжкие ошибки.

Поиск панацеи. Среди аппарата укореняются бюрократические мечты об идеальном мероприятии, показателе, форме отчетности и т.п., которое сразу решит все проблемы; страсть к реорганизациям, разного рода модным починам типа «кукуруза за Полярным кругом», «всеобщая роботизация» без учета реальных возможностей и потребностей. Выдвигаются глобальные «проекты века» с огромными затратами и очень отдаленным, часто весьма проблематичным положительным эффектом. Часто за ними скрывается наивная убежденность, что результаты пропорциональны затратам, еще чаще – обычная корысть, карьеризм.

Наказуемость инициативы. Наказание за ошибку становится велико, а за бездействие не наказывают. Любое действие становится намного опаснее бездействия, поэтому тормозится. Методы «непринятия решений» известны: перепасовка в разные службы, волокита. Помимо запретов эффективно действует отдача заведомо неясных указаний (если все проходит удачно, можно приписать себе заслуги, если неудача – наказать исполнителей на основании удобного толкования неясного указания).

Административно-управленческому аппарату состояние застоя очень выгодно, поэтому с помощью выработанных многолетней практикой приемов он стремится сохранить свои «завоевания».

Слияние управленческих аппаратов различных третьеступенчатых систем. Создается стандартный тип «аппаратчика-администратора» для любой сферы деятельности, научной, хозяйственной, общественной и т.п. Переход аппаратчиков из одной системы в другую, распространение присуждения аппаратчикам ученых званий, вплоть до академического. Взаимосвязь и взаимоподдержка аппаратчиков разных сфер.

«Непотопляемость» аппарата. Общность интересов различных звеньев бюрократической иерархии приводит к созданию круговой поруки, обеспечивающей устойчивость против любых реорганизаций и сокращений. Происходит спланированное выживание высших (номенклатурных) работников в некую «мафию», прикрывающую их ошибки (и преступления). Совершивших ошибку никогда не исключают из номенклатуры, лишь пересаживают из одного руководящего кресла в другое. Иное дело, если проступок затрагивает интересы «мафии» – следует наказание неотвратимое, и эффективное,

никакие оправдания не принимаются.

«Таинственность» аппарата. Блокирование информации позволяет окружить аппарат ореолом таинственности. Скрывается любая информация о деятельности аппарата, его методах, людях. Создается иллюзия непредсказуемости решения, обсуждение их запрещается или сводится к ритуальной демонстрации общего согласия и поддержки (прием испл&зуется с древних времен).

Теневые структуры. Наряду с официальной иерархией возникают скрытые от общего взгляда и потому совершенно бесконтрольные теневые иерархии информированности, влияния, связей, богатства и т.п. Взаимодействие и частичное слияние официальных структур с теневыми чрезвычайно расширяет возможности злоупотреблений.

Формирование критериев оценки работы аппарата. Аппарат стремится сам устанавливать критерии оценки своей деятельности, подлежащие контролю. При этом наиболее предпочтительными являются критерии, легко выполнимые «на бумаге» и не связанные с конечным результатом деятельности управляемого коллектива.

Коллектив третьего этапа формируется не из заведомо плохих людей, а из вполне «нормальных», которые в иных обстоятельствах могли бы быть полезнейшими работниками первого или второго этапов развития Дела. Но на третьем этапе «правила игры» вынуждают их приспособиться к недостойному человека существованию. Идет постоянный процесс снижения компетентности руководства и повышения «управляемости» подчиненных.

Лидеры «второго сорта». При переходе коллектива со второго на третий этап в Начальники очень часто выдвигаются руководители вспомогательных подразделений. В свое время они оказались там по причине негодности для работы в основных подразделениях, как правило, из-за отсутствия творческой инициативы, но, освоив технику бюрократических игр, став Начальниками над Делом и коллективом, они нередко отыгрываются на тех, кто их раньше «не уважал»,

«Серый» кандидат. В случаях, когда интересы Дела требуют создания административного аппарата, а творческий Лидер не хочет отвлекаться на организационные вопросы, он часто стремится подставить на руководящую должность ничем не выделяющегося, серого (а следовательно, казалось бы послушного, не способного на самостоятельные поступки) человека, рассчитывая им управлять. На втором этапе эти расчеты обычно оправдываются. Но на третьем этапе поднаторевший в бюрократических тонкостях серый кандидат обычно «съедает» чересчур доверчивого Лидера, лишает его возможности вести Дело (иногда лишенный власти Лидер используется серым кандидатом в качестве «вывески», то есть ситуация полностью переворачивается).

Ограничение уровня компетентности сверху и его неуклонное снижение. Начальник, опасаясь возможного подсиживания со стороны ближайших подчиненных, старается подобрать на эти должности людей, слабых в том или ином отношении: в научном, техническом,

организационном, творческом и т.д. Но поскольку на третьем этапе деловые качества требуются в минимальной степени и не определяют ценность человека для иерархии, эти меры не исключают возможности вытеснения Начальника серым подчиненным, что способствует постоянному снижению уровня компетентности иерархии. Снижение уровня также происходит в соответствии с «принципом Питера»³⁸: продвижение человека в иерархии идет до тех пор, пока продвигаемый не перестанет справляться с порученным делом, в результате все уровни иерархии заполняются людьми, плохо справляющимися со своими обязанностями, достигшими своего «уровня некомпетентности».

Культ кресла. (Ошибочно называемый культом личности). На самом деле преклонение, неумеренное восхваление руководства, его всевластие, недоступность для критики имеют минимальное отношение к личности иерарха, но целиком определяются его должностью, титулом и т.п. Этот культ приводит к дезориентации руководства, потере им чувства реальности.

Превращение членов коллектива в «винтики». Приветствуется узкая специализация, обеспечивающая невозможность легко сменить место работы в случае конфликта с руководством. Люди опутываются бесчисленными противоречивыми инструкциями, увеличивающими незащищенность их от произвола (всегда найдется нарушенная инструкция, все зависит от милости начальства). Исключается перспектива, понимание целей и смысла производимой работы, критическое восприятие указаний руководства. Происходит дисквалификация специалистов, постоянно загружаемых формальными псевдоделами, не требующими квалификации. Исчезает престиж творческого труда – «инженеров много, а уборщица одна».

Создание искусственных затруднений. Превращение человека в винтик успешно осуществляется также путем введения жестких правил и ограничений на самые обычные действия, дефицита, необъяснимых, зачастую абсурдных запретов, бессмысленных ритуалов. У человека вызывается эмоциональная подавленность, эстетическое обеднение, дискомфорт, страх начальства, беззащитность против бюрократической машины.

Разобщение коллектива. Реализуется старинный принцип «разделяй и властвуй», в коллективе провоцируется рознь, поощряется создание враждебных группировок, атмосферы наущничества, сплетен, недоверия, что исключает объединение против начальства, повышает возможности манипуляций людьми.

Создание иллюзии «вот приедет барин». У членов коллектива воспитывается ощущение бесполезности попыток самому исправить положение, надежда на помощь высших инстанций в борьбе с непосредственным начальством. (Надежда необоснованная, так как высшие инстанции сами находятся на третьем этапе и всегда защитят «соэтапников».) В результате действия приемов, описанных выше, создается своеобразный

³⁸ Питер Л. Почему дела идут вкривь и вкось, или еще раз о принципе Питера. -Иностранная литература.1987. № 1, 2.

портрет «хорошего начальника» и «идеального подчиненного» этапа застоя:

1. Четкое понимание и внутреннее искреннее принятие системы ценностей, целей, отношений внутри третьеступенчатого коллектива, логики действий (порой кажущейся непостижимой весьма умным, но не «третьеступенчатым» людям), ощущение своего родства с членами других, однотипных иерархий. Преданность иерархии, своей клике, стремление не выделяться из ее рядов, следовать всем неписанным правилам, предрассудкам, вплоть до расцветки галстука. Отсутствие особых привычек, могущих показаться странными, нивелировка вкусов;

2. Умение ладить с начальством: льстить, обманывать, каяться (все – беззащитно, довольно убедительно), создать у начальства впечатление, что – свой, но поглупее, помельче и потому не опасен. Отсутствие или тщательное скрывание своего мнения, позиции, готовность принять точку зрения начальства, нерассуждающая исполнительность. Умение создать иллюзию своей удобности, даже незаменимости;

3. Умение ладить с подчиненными, то есть обманывать, «давить» в полной убежденности, что в силу своего начальственного положения умнее, значительнее любого из них;

4. Умение подобрать достаточное количество бумаг, свидетельствующих о невиновности его самого и непосредственного начальства в провале порученного ему Дела, находить объективные причины и конкретные «козлов отпущения», заранее обосновать их вину доносами, выговорами и т.д.

Для того чтобы бег на месте (псевдоразвитие) продолжался бесконечно долго, коллектив время от времени должен отражать попытки изменить это положение. Такие попытки предпринимаются как сверху (со стороны надсистемы, которая хочет заставить коллектив приносить пользу), так и снизу (со стороны отдельных членов коллектива или других людей, предлагающих что-то новое).

В отношении к новому в коллективах третьего этапа безраздельно царствует «принцип антисочувствия»³⁹; новую идею сравнивают с хорошо разработанной старой системой, требуют немедленного эффекта, не принимают во внимание потенциальные возможности дальнейшего развития. Подобное отношение к новому вредно, недальновидно и также безнравственно, как если бы новорожденного младенца соглашались принять на воспитание в человеческое сообщество только при условии немедленной окупаемости затрат. Людям цинично внушают, что новое должно само пробивать себе дорогу, а преграды на его пути полезны и даже необходимы для выявления действительно жизнеспособных идей и их укрепления.

³⁹ Советский ученый С.В.Мейен показал, что новую идею в науке всегда встречают без сочувствия, в штыки, подходят к ней с критериями, которым может удовлетворять только хорошо развитая, практически завершенная теория./Мейен С.В. Принцип сочувствия. - В сб. Пути в неизвестное. Вып. 13. 1977.

Механизмы борьбы с новым с позиций творческой личности подробно рассмотрены в «Жизненной стратегии творческой личности» Г.С.Альтшуллера и И.М.Верткина [16]. На первых порах, пока новое Дело находится еще в начале своего пути и его позиции очень слабы, коллектив третьего этапа пользуется дежурными методами борьбы, такими как отказ, равнодушие, обычная волокита. Но по мере приближения нового Дела к началу второго этапа, когда оно уже получило некоторую поддержку общества (обычно в лице его наиболее дальновидных, умных деятелей), коллектив вынужден перейти к более сильным средствам:

1. Дискредитация нового и их сторонников. В ответ на требование общества дать квалифицированный отзыв о значимости нового Дела фабрикуются фальсифицированные документы, порочащие, извращающие суть Дела. Параллельно идут доносы и репрессии против его энтузиастов, их устранение, вплоть до физического уничтожения. Борьба с новым Делом сопровождается демонстрацией собственных, «якобы прогрессивных» достижений: пропагандируются идеи «псевдоновые», не угрожающие коллективу коренными реорганизациями, как правило, решения низкого творческого уровня на «боковых», малосущественных направлениях возможного развития Дела. Для демонстрации «достижений» создаются парадные витрины.

Применяются и другие приемы, например, умышленное преувеличение возможностей нового Дела, вызывающие его дискредитацию. Эффективны также попытки запугать или «купить» некоторых менее стойких в моральном отношении сторонников нового Дела различными обещаниями, обычными благами престижного третьего этапа (высокой должностью, защитой диссертации) и поставить на службу старой иерархии;

2. Паразитирование на новом. Когда новое Дело настолько окрепло, что старые испытанные средства борьбы становятся неэффективными, дальнейшая борьба возможна только под лозунгом «всемерного содействия». Коллектив, поддержав некоторые частности нового Дела, берет на себя заботу о его развитии, получает выделенные обществом для этого средства и... пускает на свое псевдоразвитие, присваивает чужие результаты, в том числе путем ложного соавторства, прямого плагиата. Для успокоения общественного мнения устраивается «бумажное», затем ограниченное внедрение с принятием всевозможных мер по нераспространению нового Дела вширь и вглубь...

В конце концов общество, возмущенное отсутствием отдачи от коллектива, решает его коренным образом реорганизовать, заставить приносить пользу. Как коллектив борется с этими попытками воздействия сверху, показал С.Андреев⁴⁰, сформулировав три способа сведения их на нет: первый использует ревизию законов, раскладывая «...генеральное постановление... на ряд более мелких, каждое из которых главному не противоречит, но которые в совокупности сводят возможность исполнения к

⁴⁰ См.: Андреев С. Причины и следствия. - Урал. 1988. № 1.

нулю»; второй – использование различных неясностей и неточностей в указаниях, позволяющих ничего не делать или делать прямо противоположное; третий – исполнение «с перегибом», заранее обрекающим Дело на провал...

* * *

Приведенные выше результаты получены путем анализа истории развития самых разных коллективов, причем не только научных: от самого маленького – семьи – до социумов. Излагая этот материал на лекциях, авторы сталкивались с самой разной реакцией – от безоговорочного признания до категорического неприятия. Как правило, реакция отрицания связана с нежеланием признать себя «винтиком» в третьеступенчатом коллективе. Оппоненты доказывают, что в их коллективе, несмотря на застой, люди хорошие и т.п. Наверное, так бывает. Не следует забывать, что здесь показана обобщенная картина, лишенная малосущественных, нетипичных деталей. На практике каждый человек в течение всей жизни (а иногда и практически одновременно) является членом самых разных коллективов: в первоэтапной ситуации влюбленного или туристского похода, во второстепенных коллективах типа студенческого стройотряда, в третьеступенчатой комсомольской организации, не считая работы в любом НИИ или КБ.

Слушатели также неоднократно указывали, что описанные нами явления характерны только для нашей истории времен сталинщины, брежневщины. На самом деле это не так. Аналогичные явления были характерны для Древней Греции и Рима, средневековых цехов, средневековой науки (схоластика, богословие). Застойные явления наблюдались и наблюдаются и во вполне современных американских фирмах, в чем можно убедиться, прочитав книгу журналиста Дж.П.Райта, написанную по материалам бесед с бывшим вице-президентом фирмы «Дженерал Моторс» Джоном де Лорианом⁴¹. Многие из этих явлений проанализированы в книгах С.Паркинсона⁴² и Л.Питера.

Несомненно, не все механизмы торможения выявлены, вряд ли в каждом коллективе они действуют все сразу – в этой области предстоят дальнейшие исследования.

Очевидно, что богатство механизмов торможения, их высокая эффективность могут вызвать пессимистические прогнозы относительно возможности безостановочного развития. Однако в реальности помимо механизмов торможения существуют не менее эффективные, механизмы антиторможения, которые необходимо знать и к изложению которых мы переходим в следующем параграфе.

⁴¹ См.: Райт Дж. П. „Дженерал Моторс“ в истинном свете: автомобильный гигант - взгляд изнутри / Пер. с англ. - М.: Прогресс. 1986.

⁴² См.: Паркинсон С.Н. Законы Паркинсона, - М.: Прогресс. 1989.

Механизмы антиторможения

Несмотря на могущественные структуры, заинтересованные в сохранении застоя, из истории человечества (и науки) следует, что рано или поздно застой сменяется дальнейшим развитием. Это означает, что человечество за время своего существования выработало приемы борьбы с застоем, механизмы антиторможения, которые необходимо выявить, отобрать из них наиболее эффективные и использовать не только для борьбы, но и для предотвращения застоя.

Основные механизмы антиторможения были выявлены при изучении таких критических моментов истории нашей страны, как начало Новой экономической политики (НЭП) в двадцатых годах, развертывание военной промышленности во время Великой Отечественной войны. Полезным оказался и современный опыт (попытки) антиторможения Ивановского станкостроительного объединения (директор В.П.Кабаидзе), совхоза в Акчи (директор И.Худенко), Щекинского химкомбината, семейного и арендного подрядов, набирающего силу кооперативного движения и т.п. Очень много полезного удалось извлечь из книг по организации труда в Японии⁴³, Англии⁴⁴ и других странах. Исключительно интересной оказалась книга американских исследователей Т.Питерса и Р.Уотермена⁴⁵, посвященная изучению опыта развития лучших американских компаний.

Главным условием разрушения механизмов торможения является не столько перераспределение материальных потоков – это достаточно сложная задача, попытки ее решать второпях приводят к хаосу и насилию, сколько обеспечение гласности и демократии. Безусловная гласность помогает коллективу осознать свое третьеступное положение и возмутиться характерными для него явлениями, а демократия дает возможность принять необходимые меры по разрушению застоя.

Одно из главных направлений борьбы с торможением – слом административно-командной системы на уровне коллектива, разрушение характерной для этапа застоя организационной структуры, включающие следующие мероприятия:

1. Возвращение полномочий принимать решения на естественный уровень – туда, где проблема возникла. Установление неразрывной связи полномочий и ответственности, переход к самоуправлению;

2. Разукрупнение организаций, подразделений до положения, когда каждый член коллектива получает возможность увидеть, осознать свой личный вклад в конечный результат деятельности коллектива. Сегодня технические и научные новинки на Западе появляются чаще в небольших фирмах, чем в крупных. Наилучшая численность фирмы та, которая

⁴³ См.: Пронников В.А., Ладанов И.Д. Управление персоналом в Японии / Очерки. - М.: Наука. 1989.

⁴⁴ См.: Цзе К. К. Методы эффективной торговли. - М.: Экономика. 1988.

⁴⁵ См.: Питере Т., Уотермен Р. В поисках эффективного управления. - М.: Прогресс. 1986.

позволяет управляющему поддерживать личный контакт с каждым членом коллектива. Крупные компании для сохранения этой возможности идут на дробление фирмы с предоставлением практически полной самостоятельности ее отделениям, которые, в свою очередь, также делятся на самостоятельные группы;

3. Простая, гибкая структура коллектива, сочетающая формальные и неформальные принципы организации. Рост количества бумаг пугает и многие западные фирмы. Поэтому в лучших компаниях принято ограничивать размеры даже особо важных служебных записок одним листом, налаживают безбумажное управление.

Во многих фирмах практикуется выполнение работ временными группами, идет постоянная ротация (перемещение) кадров. Ротация может быть вертикальной (перекрестной), как это делается в некоторых американских фирмах: те, кто сегодня находится на аппаратных должностях, прежде работали на производстве, в исследовательских подразделениях и в скором времени обязательно туда вернуться. Так обеспечивается незаинтересованность аппаратчика в имитации деятельности с целью укрепления своего руководящего положения, которого он в любом случае вскоре лишится.

В Японии большое распространение получила горизонтальная ротация, при которой каждый подающий надежды работник непременно должен поработать на разных участках, приобретая широкую квалификацию и необходимый кругозор. Существенно, чтобы была исключена возможность административной ротации – то есть переходов из одной аппаратной структуры в другую в духе долгие годы существовавшей и существующей сейчас номенклатуры.

Сильным механизмом антиторможения является и наличие внутри формальных структур некоторых неформальных объединений – временных рабочих групп, кружков качества, существующих сегодня в японских и американских фирмах, и т.п.;

4. Исключение возможности монополизации. Помимо существующей на Западе конкуренции поощряется внутрифирменная конкуренция между отделениями. Например, в американской фирме «Миннесота майнинг энд мэньюфэкчуриг компани» (МММ) новатор, не получивший поддержки от своего непосредственного начальника, может обратиться за помощью в другое отделение.

Итак, основные принципы: простота, малая численность, самоуправление, минимум бумаг, сменяемость кадров, в том числе и руководства.

Следующая группа механизмов антиторможения связана с включением экономических рычагов и моральных стимулов:

1. Соблюдение принципа оплаты по результатам труда. Часто практикующаяся оплата по количеству и/или качеству труда не ориентирует на получение результата самым экономичным путем, становится базой для

затратной экономики.

Кроме самого факта оплаты по результатам очень важно, чтобы каждый работник имел не только дальние стимулы – зарплата в конце месяца, премия в конце года, повышение через несколько лет и т.п., но и ежедневные поощрения, а также возможность оценивать свою и чужую работу, сравнивать свои результаты с чужими. Оплата по результатам приводит к определенному неравенству в обществе, но способствует быстрому развитию. Попытки «подкармливания» слабых за счет сильных в сфере производства приводят к исчезновению стимулов развития как у тех, так и у других, и ведут к застою.

В науке этот принцип осуществляется в виде гарантов – распределяемого на конкурсной основе финансирования под выполнение определенной, полезной для общества научной работы. Очень эффективен и другой механизм, восстанавливающий первоэтапную ситуацию: ученому, доказавшему своей высокой научный потенциал, обеспечивается достаточно высокий уровень жизни, необходимое финансирование без предъявления каких-либо планов: он сам определяет тему исследований, привлекает к работе необходимых ему людей и т.п. Как правило, такими учеными, «отпущенными» в свободный поиск, делаются важнейшие открытия, они приносят пользу, во много раз перекрывающую первоначальные затраты;

2. Постановка перед коллективом единой большой общественно-полезной цели, с которой увязаны личные интересы каждого члена коллектива. Вовлечение коллектива в работу по достижению большой цели создает наряду с материальной моральную заинтересованность, когда развитие Дела становится жизненно важной для членов коллектива задачей (именно такое отношение к Делу характерно для коллективов первого этапа).

Моральной стороне на Западе уделяется большое внимание. Например, в лучших фирмах новое изделие нередко не принимается в производство, если у него нет «болельщика», то есть человека с родительскими чувствами, готового ради своего детища даже на материальные жертвы;

3. Самофинансирование и экономическая самостоятельность в распоряжении заработанными средствами.

Отдельные члены и целые подразделения коллектива должны осознавать, что успех или неудача Дела зависит в первую очередь от них самих, а не от чужой воли, неважно, доброй или злой. Они должны нести экономическую ответственность за принимаемые решения, терпеть убытки в случае ошибки, получать вознаграждение за удачные решения, причем достаточно высокие, чтобы стимулировать оправданный риск.

Еще одна группа механизмов связана с возвышением роли каждого отдельного человека, с восстановлением престижа творческого труда:

1. Повышение и постоянная поддержка на высоком уровне престижа творческого труда.

В лучших фирмах поощряется не столько исполнительность, сколько инициативность, предприимчивость. Профессор Исикава рекомендует руководителям не сердиться на подчиненных за допущенные ошибки. Гнев,

считает он, ошибок не предотвратит, но заставит в дальнейшем их скрывать, отобьет охоту к самостоятельным действиям.

Творческая деятельность должна всячески стимулироваться, что еще раз подтверждает правильность принципа оплаты по результатам труда. Только тогда человеку будет выгодна длительная учеба, повышение квалификации, дающие ему возможность решать сложные проблемы быстро, создавая обманчивое впечатление малых затрат труда. Новатор должен находиться в атмосфере наибольшего благоприятствования, сочувствия (именно так и бывает, когда весь коллектив заинтересован во внедрении новой идеи). В лучших фирмах всячески поддерживается стремление ее сотрудников к повышению квалификации, придерживаются совета американского специалиста по вопросам техники общения Д.Карнеги, автора известного бестселлера: «Создайте человеку хорошую репутацию, чтобы он стремился ее оправдать»⁴⁶;

Воспитание в каждом члене коллектива ощущения собственной значимости, необходимости для успешного развития Дела;

Создание в коллективе атмосферы дружбы и творчества.

Лучшие фирмы стараются, чтобы в них царил дух, характерный, как было показано в предыдущих статьях, для коллектива первого этапа. С этой целью поощряется неформальное общение членов коллектива. Друг друга там называют только по имени, руководство не составляет исключения. Поощряются различные большие и маленькие конференции, обсуждение проблем в неформальной обстановке, уже упоминавшиеся кружки качества. Учитывается даже то, что обычно принято считать несущественными мелочами. Например, в одной фирме сняли лифты и установили эскалаторы, чтобы сотрудники почаще встречались. В другой заменили обычные обеденные столики в столовой на длинные столы типа армейских и т.д.

Следует отметить, что многое из этого пытались, например, в свое время реализовать и в нашей науке при создании знаменитого новосибирского Академгородка. Однако в застойном обществе такая попытка в принципе не могла закончиться успешно, и сегодня состояние науки в Академгородке вполне третьестадное.

Приведенные выше механизмы антиторможения довольно эффективны и позволяют как не допустить преждевременный, искусственный переход на третий этап, так и вывести коллектив из застоя, если он там оказался. Важно только глубоко понимать, что торможение сильно теми, кто его создает и поддерживает – членами застойных коллективов, теми, для кого застой – нормальное состояние, а это – большинство из нас. Застойные коллективы обладают немалым запасом прочности, навыками борьбы против всего, что подрывает основы их существования. Поэтому ни одно антизастойное мероприятие, примененное отдельно, изолированно, не имеет шансов на успех. Успех сулит лишь комплексное, системное применение всех или

⁴⁶ Карнеги Д. Как находить друзей и оказывать влияние на людей – М.: Прогресс 1989.

большинства антизастойных механизмов.

Причем, различные механизмы антиторможения тесно между собой связаны, способствуют действию друг друга, «тянут» друг друга за собой. Поэтому в принципе их внедрение может быть начато с любого и продолжаться за счет последовательного подключения других механизмов антиторможения.

Другое важнейшее направление борьбы с застоем – поиск новых решений, принципов действия, новых идей, которые позволят Делу продолжить движение вперед. В приложении к науке это означает создание новой концепции, гипотезы, существенно изменяющей исходную систему и позволяющей преодолеть тупик, вывести Дело на новый цикл развития. Правильная политика заключается в том, чтобы параллельно со вторым этапом развития Дела проходил первый этап нового цикла развития, который завершался бы к моменту исчерпания ресурсов развития на предыдущем цикле. Тогда новый цикл сменит старый вовремя, без периода застоя, создавая тем самым впечатление безостановочного развития.

Наиболее дальновидные фирмы постоянно выделяют часть прибыли на исследовательские работы, в том числе фундаментальные, и неизменно оказываются в выигрыше – ведь даже одна-две новые идеи могут дать миллионные прибыли. Для этого создаются специальные малочисленные, имеющие особый режим работы творческие подразделения, держат и отдельных «вольных» сотрудников, главная обязанность которых – находить новые идеи, будоражить творческую мысль. Работа в режиме «свободного поиска» престижна, но очень трудна, так как до недавнего времени единственный рецепт поиска новых решений был довольно простым, но малоэффективным: искать, пробовать, перебирать вариант за вариантом, то есть работать методом проб и ошибок (МПиО).

Найти подход к методологии решения проблем, принципиально отличной от МПиО, стало возможным благодаря созданию ТРИЗ.

До недавнего времени в науке такого инструмента не было, и поиск происходил только с помощью традиционного перебора вариантов. Авторы хотят надеяться, что приведенный в данной книге материал будет полезен тем, кто всерьез хочет развивать науку, вывести ее из того состояния застоя, в котором она пребывала и в большинстве областей продолжает пребывать до сих пор, благодаря общему застою в обществе.

В заключение приведем еще один, пожалуй, самый важный механизм антиторможения – понимание закономерностей этапного развития систем и коллективов, того, что застой не является неизбежным явлением, что его можно не допустить, с ним можно бороться. Постоянное наблюдение за процессом развития, сопоставление его особенностей с признаками, характерными для того или иного этапа, своевременное принятие мер – гарантия избежания застоя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В книге «Чернобыльская хроника»⁴⁷ Григорий Медведев показывает, что главной причиной самой страшной в истории «рукотворной» катастрофы можно считать некомпетентность множества людей: от операторов, проводивших испытания, до директора станции. Но предположим, что на всех должностях – прекрасно подготовленные, назубок знающие все инструкции, а главное, никогда их не нарушающие специалисты. Можно ли считать их вполне компетентными и надеяться, что теперь все в порядке? Можно, но с оговоркой – во всех предусмотренных инструкциями ситуациях. А в нештатных, необычных, впервые возникших ситуациях, когда в считанные секунды нужно принимать нестандартные, творческие решения? Скорее всего – нет, ведь этому не учат... Точно так же, как не учат конструкторов, как изобретать, исследователей, как находить новые идеи – не учат творчеству!

Конечно, здесь можно возразить: существовали и продолжают существовать научные школы А.Кундта, Дж.Томсона, П.Н.Лебедева, Э.Резерфорда, Н.Бора, Э.Ферми, А.Ф.Иоффе, Л.Д.Ландау, И.В.Курчатова, Н.Н.Семенова, Н.И.Вавилова, Н.К.Кольцова, Н.В.Тимофеева-Ресовского и многие другие, в которых не только их основатели, но и ученики известны своими научными достижениями. Очевидно, что в этих школах все-таки учили творчеству. Действительно, обучение творчеству в них шло на живом примере учителя, в совместной работе и личном общении. Творческие приемы осваивались интуитивно, в невербализованной (не выраженной в правилах, конкретных рекомендациях) форме. То есть примерно таким же путем, как в старину обучали кузнечному, сапожному или другому мастерству. Этот путь давал и продолжает давать неплохие результаты, но насколько он длителен, трудоемок, зависит от личных качеств людей, стиля их работы! Ведь известно, что многие великолепные ученые (например, П.Л.Капица) не создали школ. Очевидно, для массовой подготовки творческих людей нужны другие методы. И сегодняшнее состояние ТРИЗ и методики ее преподавания дает возможность использовать их в полной мере.

В отличие от традиционных методов познания, образно описанных Г.Гельмгольцем (см. с. 46), где внимание молодых ученых приковывалось к реальной, но чрезвычайно неудобной и чреватой трудностями тропинке, по которой продвигались вперед и выше первопроходцы, ТРИЗ предлагает принципиально другой подход: мы конструируем кратчайшие дороги к новому, когда вместо вопроса «Как тот или иной гений думал, создавая свое открытие?» задаем другой: «Как нужно думать, какие вопросы задавать, какое направление должно привести к успеху?» И отвечаем на эти вопросы, исходя из знаний определенных объективных закономерностей развития, в том числе и закономерностей творческого мышления.

Другим существенным моментом подхода к решению научных задач с позиций ТРИЗ является признание принципа универсальности

⁴⁷ См.: Медведев Г.У. Чернобыльская хроника. - М.: Современник. 1989.

закономерностей и механизмов развития и правомерности их переноса из одной области в другую. Это позволяет максимально использовать научные результаты, уже полученные учеными, знания, накопленные человечеством. И важную роль в этом процессе может выполнять описанный в книге метод – „обращения» исследовательских задач, преобразующий их в изобретательские и позволяющий подключить к работе инструментарий ТРИЗ, на базе которого построены методики решения научных задач, выявления нежелательных явлений, построения научных концепций, о которых идет речь в этой книге.

Сегодня мы знаем, насколько наша страна отстала от развитых 4 стран во всех областях жизни, в том числе и в науке, за исключением, быть может, отдельных ее отраслей. Известно также, что невозможно догнать ушедших вперед, двигаясь за ними след в след. Рывок возможен лишь по новому пути. Специалисты по ТРИЗ убеждены, что таким путем может стать широкое распространение ТРИЗ, хотя не исключено, что если оно будет идти нынешними темпами, то мы потеряем свое лидирующее положение и в этой новой науке.

Конечно, авторы далеки от мысли, что теория развития научных систем полностью построена. Приведенные в этой книге материалы – лишь начало большой работы, потребность в которой должна расти с каждым днем и к участию в которой авторы приглашают всех желающих.

ЛИТЕРАТУРА ПО ТРИЗ И ПРОБЛЕМАМ НАУКИ⁴⁸

1. Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. О психологии изобретательского творчества. – Вопросы психологии, 1956, № 6.

Это первая публикация по ТРИЗ, в которой сформулирован подход к поиску нового с опорой на объективные закономерности развития, пригодный для решения не только технических, но и научных задач. Приведенная в статье программа развития ТРИЗ активно выполняется уже более 30 лет.

2. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения, – М.: Московский рабочий. 1-е изд. 1969; 2-е изд. 1973.

Книга посвящена использованию ТРИЗ в технике, но в главе «Сила фантазии» рассказывается о занятиях по развитию творческого воображения (РТВ), во время которых выполнялись упражнения, имеющие немало общего с элементами построения новых научных концепций.

3. Селюцкий А.Б., Слугин Г.И. Вдохновение по заказу. – Петрозаводск: Карелия. 1977.

Книга двух опытных специалистов по ТРИЗ излагает основы ТРИЗ и посвящена практике ее применения. Большой интерес с точки зрения подход

⁴⁸ Краткие аннотации обращают внимание читателей на главы и разделы, которые оответствуют теме настоящей книги.

к научным задачам вызывают две главы, написанные Г.С.Альтшулером: «Вектор фантазии» и «Курс эртэвэ (из записок преподавателя)», продолжающие линию по развитию творческого воображения.

4. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Советское радио. 1979.

Раздел книги «Талантливое мышление: что это такое?» рассматривает особенности творческого мышления, в том числе и в области науки. Изложены выводы, позволяющие целенаправленно формировать такое мышление. Особый интерес представляет описание диалектики развития систем и системного мышления, а также пример эшения с помощью ТРИЗ научной задачи об измерении подвижности юнов в газах за очень малые промежутки времени.

5. Альтшуллер Г.С., Селюцкий А.Б. Крылья для Икара. – Петрозаводск: Карелия. 1980.

В главе «Сила разума» сравнивается природа изобретений и эткрытий, показано их принципиальное подобие, возможность решения научных задач инструментами ТРИЗ. Проанализирован метод поиска эшений задач из области криминальной практики на примерах деятельности знаменитого сыщика Шерлока Холмса. Показано, что он, пусть и неосознанно, применял элементы ТРИЗ для решения своих исследовательских задач.

6. Альтшуллер Г.С. Найти идею. – Новосибирск: Наука. 1986.

В главе «Лед логики, пламень фантазии» рассказывается о развитии воображения человека, в частности, показан пример построения сюжета новой сказки, приведены упражнения по развитию воображения.

7. Петрович Н.Т., Цуриков В.М. Путь к изобретению. – М.: Молодая гвардия. 1986.

Книга показывает весь путь изобретателя: от появления задачи до получения авторского свидетельства. Интерес с точки зрения подхода к решению научных проблем с помощью ТРИЗ представляет глава «Даешь радиоконтакт», в которой рассказывается история решения В.М.Цуриковым задачи по определению критериев искусственного происхождения космических сигналов.

8. Иванов Г.И. ...И начинайте изобретать. – Иркутск: Восточносибирское книжное издательство. 1987.

Книга излагает опыт применения ТРИЗ автором – профессиональным специалистом по ТРИЗ. Одна глава посвящена чисто научному исследованию – решению проблемы моаи (каменных истуканов острова Пасхи).

9. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Месяц под звездами фантазии. – Кишинев: Лумина. 1988.

В книге, рассказывающей об обучении ТРИЗ детей школьного возраста, в трех главах рассматриваются вопросы, связанные с решением научных проблем: «Как делаются научные открытия?», «Как решать исследовательские задачи?» и «Биологи в гостях у секции РТВ». В книге более или менее подробно разобрано решение 14 исследовательских задач из разных областей, в том числе и детективных.

10. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов В.И. Поиск новых идей: от озарения к технологии. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ. 1989.

В книге подробно описана система законов развития технических систем, на базе которых строились законы развития научных систем, приведенных в настоящей книге. Один из разделов посвящен непосредственно решению исследовательских задач. Подробно разобраны 3 задачи с применением методических рекомендаций, близких к приведенным в настоящей книге.

11. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Изобретатель пришел на урок. – Кишинев: Лумина. 1990.

В книге, посвященной использованию элементов ТРИЗ при преподавании физики и химии в школе, показана эффективность применения методики решения исследовательских задач в преподавании. Использованию «диверсионного» подхода посвящена глава «Полезные диверсии»; методике решения исследовательских задач – главы «Диалог с ЭВМ» и «Обычное открытие»; обсуждению закономерностей развития науки и роли личности в науке – глава «О науке, таланте и других вещах». Рассмотрено решение 10 учебных исследовательских задач (серьезных и шуточных).

12. Дерзкие формулы творчества / В серии «Техника – молодежь – творчество». Составитель А.Б.Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1987.

13. Нить в лабиринте / В серии «Техника – молодежь – творчество». Составитель А.Б.Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия. 1988.

14. Правила игры без правил / В серии «Техника – молодежь – творчество». Составитель А.Б.Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия. 1989.

15. Как стать еретиком / В серии «Техника – молодежь – творчество». Составитель А.Б.Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия. 1990.

В серии «Техника – молодежь – творчество», предназначенной для публикации материалов по ТРИЗ и издаваемой в Петрозаводске, вышли три книги [12-14] и выходит четвертая [15]. В книгах последовательно излагаются основы ТРИЗ, ее инструментарий и информационный фонд, в частности, уже опубликованы указатели физических [12], химических [13] и геометрических [14] эффектов, используемых для решения изобретательских задач и полезных для решения научных. В четвертой книге [15] готовится к печати вторая часть практикума по ТРИЗ «Приди на полигон», в котором уделено внимание решению наряду с изобретательскими исследовательских задач.

16 Альтшуллер Г.С., Верткий И.М. Рабочая книга по теории развития творческой личности. (В двух частях). – Кишинев: МНТЦ «Прогресс»; Картя Молдовеняскэ. 1990.

В книге изложена деловая игра «Жизненная стратегия творческой личности», являющаяся основой новой зарождающейся науки – теории развития творческой личности. Это высокоинструментальный материал, позволяющий целенаправленно формировать в себе или в воспитанниках качества творческой личности в трудных условиях противостояния рутине и

неприятно нового.

17. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Использование аппарата ТРИЗ для решения исследовательских задач. – Кишинев: 1985; Ротапринт Института цитологии и генетики СО АН СССР. 1980.

Это первая работа по применению приема «обращения» исследовательской задачи, которая была доложена на Петрозаводской конференции разработчиков и преподавателей ТРИЗ в 1985 г. Помимо обоснования названного приема она содержит задачник с разборами исследовательских задач, разработку занятия по теме.

18. Гребнев В., Семенов В., Головченко Г. Победа в новаторской игре. – В сб.: «Грани творчества» / Составитель Б.С.Вайнберг. – Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство. 1989.

В статье подробно излагается работа Г.Г.Головченко по ветроэнергетике растений.

19. Альтов Г., Журавлева В. Путешествие к эпицентру полемики. – Звезда. 1964. №2.

В статье рассказывается о новой концепции природы «тунгусского дива» и процессе построения этой концепции.

20. Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука. В 2-х томах. – М.: Экономика. 1989.

Эту книгу автор писал около 15 лет, полностью она никогда не выходила из-за запретов и фактически оказалась забытой после смерти автора в 1928 г. Сегодня она может быть отнесена к наиболее значительным работам в истории человечества. А.А.Богданов поставил вопрос о существовании общих закономерностей развития любых систем (организационных закономерностей, по терминологии автора). И во многом дал ответ на этот вопрос, доказав наличие таких закономерностей, указав некоторые из них. Его идеи намного опередили время. Интересно отметить, что в подходе Богданова много сходного с подходом ТРИЗ, хотя ТРИЗ возникла и развивалась независимо от его работ.

ЧАСТЬ III

Б.Л.Злотин, А.В.Зусман

Задачи и решения

В этой части приведены дополнительные задачи для самостоятельного решения (их нумерация продолжается с учетом задач, приведенных в тексте Части 2), а также ответы и решения на них, в том числе на задачи, условия которых даны в Части 2 без решения (см. с. 54).

В условиях задач, как правило, дана вся необходимая для решения информация (либо она относится к общеизвестным фактам). Но есть среди задач и «многоходовки», в которых по ходу решения может потребоваться дополнительная информация, приведенная в решении. Эти дополнительные сведения преподаватель сообщает слушателям только после их целенаправленных запросов.

Некоторые задачи могут показаться несерьезными, другие – просто шутками (например, № 11, 39, 45). Последними иногда преподаватели пренебрегают, отбирая для работы задачи «посолиднее». Это ошибка – шуточные задачи не только помогают снять психологическую инерцию, страх перед «учеными» задачами и Большой Наукой, но и прекрасно иллюстрируют эффективность методов, не говоря уже о том, что они взяты из реальной практики и над некоторыми из них серьезные специалисты бились долго и малоуспешно.

Не торопитесь при решении. На практике задачи обычно решаются годами, поэтому не страшно потратить на задачу даже неделю. Чем подробнее разбор, тем большее количество интересных выводов вы сможете получить.

Не забывайте одну из важнейших особенностей исследовательских задач: из всех возможных вариантов решения обращенной задачи ищите в первую очередь самые простые, кажущиеся примитивными, которые обычное стереотипное мышление не принимает во внимание.

Ряд задач, приведенных в этом выпуске, уже использовался авторами в книгах [9, 10, 11, 15], другие даны впервые. Задачи № 14, 32, 62 разобраны довольно подробно, остальные – пунктирно. Без сомнения, опытный преподаватель сможет развернуть решение самостоятельно, пользуясь методикой решения исследовательских задач. Очевидно, преподавателям потребуются дополнительно новые задачи. Мы надеемся, что в поиске новых задач окажутся полезными рекомендации, приведенные в главе «Источники использованных задач»

ЖЕЛАЕМ УСПЕХА!

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ⁴⁹

11. Лет 20 тому назад в одном вычислительном центре пришли к необычному выводу, что их машина влюбилась в одну из сотрудниц центра. В ее присутствии машина постоянно давала сбои, отказывалась работать. Как это объяснить?

12. Всем известно, что снижение шероховатости трущихся поверхностей идет на пользу узлу трения. Однако при очень высокой чистоте поверхности трение не снижается, а возрастает. Как это объяснить?

13. Во время войны для изготовления бальзама Шостаковского из Свердловска в Казань доставляли необходимый компонент – мономер (исходный продукт для образования пластмассы). Однако изготовители бальзама столкнулись со странным явлением: разные порции привозимого мономера существенно отличались друг от друга. Это было тем более странно, что исходный мономер был всегда одинаков и его перевозили в запаянных банках. Как это объяснить?

14. При большой плотности автомобильного движения торможение автомобиля, например на перекрестке, часто приводило к авариям – наездам на затормозившую машину идущим сзади автомобилем. Тогда ввели тормозные огни. Это нововведение резко снизило количество наездов, но не исключило их совсем. Наезды продолжали случаться при точном соблюдении правил движения, идеальной дороге и видимости. Как это объяснить? Как устранить причину наездов?

15. При создании стратегического реактивного бомбардировщика ТУ-16 (на его базе впоследствии был построен знаменитый ТУ-104) конструктор разместил двигатели в месте стыковки крыльев фюзеляжем. При этом двигатели были развернуты несколько в стороны, чтобы горячие реактивные струи не пережигали фюзеляж. Во время испытаний этого самолета произошел редкий случай: его скорость оказалась выше расчетной (обычно бывает наоборот). Факт радостный, но требует объяснения.

16. Для измерения сверхмалых расходов жидкости была собрана установка: длинный капилляр, соединенный с системой, в которой измеряется расход жидкости, и микроскоп с координатным устройством, «нацеленный» на капилляр. Внизу капилляра дополнительный отросток трубки – маленькая «бульбочка», заполненная маслом (как и весь капилляр), через которую в капилляр вводился с помощью шприца пузырек воздуха. После введения пузырька отросток закрывался резиновой пробкой, прижимаемой резьбовым колпачком. Расход жидкости измерялся по перемещению пузырька вверх по капилляру. Но было обнаружено странное, противоречащее закону сохранения материи явление: даже при полностью отключенной гидравлической системе пузырек двигался вверх, показывая какой-то постоянный расход. Когда пузырек доходил до самого верха

⁴⁹ Условия задач 1 - 10 приведены в тексте Части 2.

капилляра, вводили новый и все повторялось... И так много дней! Как это объяснить? Предположения о том, что это какие-то температурные расширения, не подтвердились: опыт повторили в термостате при установившейся температуре с тем же результатом.

17. При создании бетонобойных снарядов калибра 150 мм происходили непонятные взрывы этих снарядов сразу после вылета из ствола орудия.

Снаряд выглядит так:

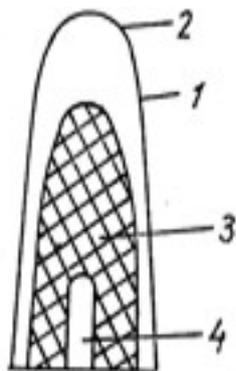


Рис. 1. Снаряд

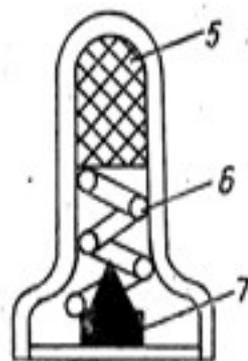


Рис. 2. Взрыватель

- 1 – стакан
- 2 – головка
- 3 – взрывчатка
- 4 – взрыватель
- 5 – капсуль-детонатор
- 6 – пружина
- 7 – боек

Снаряд «нормально» работает таким образом. При ударе о преграду боек 7, свободно лежащий на дне стакана 1 и прижатый к нему пружиной 6, за счет сил инерции сжимает пружину и ударяет по капсулю 5, который подрывает взрывчатку 3. Как объяснить причину преждевременных взрывов? Предположение, что взрыв происходит из-за торможения о воздух, неверно, так как пружина жесткая, рассчитана на сильный удар о преграду, воздух такой преградой служить не может.

18. Микропровод в стеклянной изоляции толщиной от 3 до 60 мк получают, поместив трубку с металлом в поле высокочастотного индуктора. Металл плавится, стекло от нагрева размягчается и трубку вытягивают в тончайший капилляр, заполненный внутри металлом. Когда таким образом начали изготавливать микропровод из сплава индий – сурьма, который в твердом состоянии занимает на 12 % больший объем, чем в жидком (аналогично ведет себя лед), предполагали, что избыток металла будет просто вытесняться по капилляру из зоны остывания вверх. Однако на практике получилось иначе: сплав, расширяясь, разрушал стеклянную изоляцию, как бы выпускал в нее иглы металла, сама металлическая жила разрушалась на множество кусочков длиной от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Решили, что беда в том, что стекло слишком быстро твердеет. Взяли более легколапкое стекло, в зоне затвердевания металла установили дополнительный нагрев. Провод по-прежнему разрушался, только кусочки стали несколько длиннее. Почему разрушался микропровод? Как устранить причину разрушения?

19. Криолюминисценция – спонтанное излучение света при быстром замораживании – наблюдается практически во всех прозрачных

слабоокрашенных жидкостях, например у воды, различных растворителей, смесей, расплавов. Свечение имеет вид импульсов длительностью менее 0,1 сек с периодом следования от 0,1 до 100 сек. Как объяснить это явление?

20. При исследовании спектра водорода физик Р-Вуд столкнулся с загадкой. В длинной вакуумной трубке находился при низком давлении водород, через который шел электрический разряд. В короткий боковой отросток трубки была помещена вольфрамовая проволочка, подключенная к аккумулятору для того, чтобы посмотреть, как действуют на разряд электроны, испускаемые раскаленной проволочкой. После окончания опыта аккумулятор отключили, – но проволочка осталась раскаленной добела! Опасаясь какой-нибудь паразитной связи, проволочку совсем отключили от проводов, но она оставалась раскаленной. Как это объяснить?

21. При разгрузке затонувшего судна, перевозившего удобрения, в трюме был обнаружен ящик виски. Водолаз тайком прихватил с собой бутылку, которую он вечером распил с приятелем. В результате получили жестокое отравление. Как это объяснить?

22. С самого начала производства бездымного пороха начались взрывы на заводах. Подозревали диверсии, но диверсий не было. Взрывы происходили как бы сами по себе на стадии сушки пороха, производство которого идет под слоем воды. Как объяснить причину взрывов? Как ее предотвратить?

23. Существует способ магнито-абразивной обработки деталей, когда стальной абразивный порошок наносят на круг из магнитного материала. Круг вращается, удерживаемый магнитным полем порошок мягко касается детали и полирует ее. Однажды было обнаружено поразительное явление: на стол станка поставили деталь из твердого сплава и вопреки здравому смыслу мягкий стальной порошок обработал гораздо более твердый сплав. Как это объяснить?

24. В некоторых случаях электрические приборы, не отключенные от сети во время грозы, выходили из строя даже при наличии громоотвода. Как это объяснить?

25. При использовании полимерных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) столкнулись с загадкой: эффективность их действия оказалась намного выше предполагаемой. Как это объяснить?

26. Обнаружено, что при ударе снаряда о преграду снаряд электризуется. Как это объяснить?

27. Обнаружена необыкновенная стойкость подшипников в компрессорах холодильников. Как это объяснить?

28. Обнаружено, что добавление в смазку металлической пудры уменьшает расход бензина автомобилем. Как это объяснить?

29. Механизм проникновения СОМ в зону резания достаточно загадочен. Во-первых, потому, что давление в зоне резания порядка сотен килограммов на квадратный миллиметр. Во-вторых, скорость поднятия жидкости по капиллярам меньше обычных скоростей резания. В-третьих, с ростом температуры поверхностное натяжение жидкостей убывает, стремясь к нулю

при достижении критической температуры. Как объяснить причину проникновения СОЖ в зону резания?

30. Известный английский ученый У.Крукс очень увлекался спиритизмом, телепатией и т.д. Однажды к нему пришли два брата, утверждавшие, что обладают сверхъестественными способностями. Крукс поставил эксперимент, убедивший его в этом. Один из братьев находился в комнате на 4 этаже. Крукс входил в комнату и сообщал ему задуманное им слово. Тот брал Крукса за плечи и долго вглядывался в его глаза, как бы фиксируя в них что-то. Затем Крукс спускался в подвал к другому брату. Тот проделывал то же, что и первый, после чего безошибочно называл задуманное Круксом слово. При этом всякое сообщение между братьями было исключено: радио еще не существовало, вентиляционных труб в здании не было, крики или стук Крукс бы услышал. Как братьям это удавалось?

31. Шпион пробрался в архив, достал папку с секретными документами и сфотографировал весь комплект при помощи своего миниатюрного фотоаппарата со встроенной вспышкой. Оставшиеся в пленке несколько кадров он потратил на то, чтобы снять помещение архива как доказательство своего подвига. Но когда пленку проявили, обнаружилась странная вещь: все кадры, за исключением тех, на которых были сфотографированы помещение и обложка папки, не содержащая никаких секретов, оказались засвеченными. При повторной попытке проникнуть в архив он был задержан – его уже ждали. Как это удалось?

32. Известный шахматист Иоганн Цукерторт, один из трех сильнейших шахматистов мира, заключил пари с двумя другими (Стейницем и Блекберном), которые были сильнее его, что проведет с ними сеанс одновременной игры вслепую, набрав при этом не менее одного очка (выигрыш – 1 очко, ничья – 0,5 очка, проигрыш – 0 очков). Цукерторт пари выиграл, но благодаря не шахматному искусству, а собственной изобретательности. Как ему это удалось?

33. Для полного осаждения мути на дно пробирки требуется несколько часов. Сегодня для ускорения этого процесса используют центрифуги или специальные активаторы, например, химическое осаждение, но это достаточно сложно. Изобретатель Мартьянов однажды показал такой фокус: взял пробирку с жидкостью в руки, отвернулся, недолго поколдовал над ней и продемонстрировал всем пробирку с осажденной мутью. Как ему это удалось?

34. В одном из музеев установлены старинные часы, которые ходят без подзаводки уже почти два столетия. Как это удалось?

35. Водолазы занимались разгрузкой трюмов затонувшего пассажирского судна, работая по очереди. Странный вид очередного поднявшегося на поверхность водолаза привлек внимание начальника работ: водолаз плохо держался на ногах и казался пьяным. При ближайшем рассмотрении подозрение подтвердилось: от водолаза пахло спиртным. На следующее утро начальник лично проверил этого водолаза перед спуском под воду – он был

абсолютно трезв. Тем не менее на поверхность водолаз поднялся опять пьяным. Как ему это удалось?

36. Отправляясь на охоту, медведица оставляет своих малышей одних. А при ее возвращении медвежата ведут себя странно: едва завидев маму, залезают на тонкие деревца. Почему?

37. Многие владельцы собак замечали, что когда на кухне оттаивает холодильник, собаки начинают беспокоиться. Почему?

38. На месте преступления найдена пуговица, обычная, от мужской рубашки. На рубашке, изъятой у подозреваемого, четыре пуговицы точь-в-точь как найденная, пришиты машинным способом, а пятая – вручную и немного отличается от остальных. Как будто улики налицо. Но... На злополучной пуговице остались нитки, причем часть ниток оборвана, а часть – целые стежки, которые могут сохраниться только если пуговица вырвана грубо, «с мясом». На рубашке в этом месте должна остаться дырка. А её нет! Значит, не та пуговица? Но между стежками застряла ниточка ткани, именно такой, из которой сшита рубашка. В чем же дело?

39. Опыты по воздействию на животных магнитных полей проводятся давно. Есть многочисленные подтверждения, что животные на постоянные магнитные поля не реагируют. Но при испытании на воздействие постоянного магнитного поля на петуха ученые получили Противоположные результаты. Голову петуха размещали между полюсами мощного постоянного электромагнита. При выключенном токе петух был совершенно спокоен. Но при включении тока петух начинал беспокоиться, причем с увеличением тока его беспокойство нарастало. Открытие? Оказалось, нет. Что же происходило?

40. Одна страна купила в музее другой страны старинную картину. При покупке картину осмотрели в присутствии нотариуса эксперты, которые признали картину несомненным подлинником. Эксперты тут же расписались на обратной стороне полотна, и нотариус поставил печать. Картина была упакована и доставлена покупателю. Но когда она прибыла на место, разразился скандал. Картина оказалась подделкой, причем настолько грубой, что об ошибке экспертов не могло быть и речи. Тем не менее, на задней стороне полотна оказались их подлинные подписи и печать нотариуса! Как это объяснить?

41. В течение длительного времени в почтовые отделения разных городов поступали посылки, при выдаче которых получателям обнаруживалась нехватка веса. Посылки, как правило, были с объявленной ценностью на немалую сумму, с предельным весом; печати и другие элементы упаковки были абсолютно неповрежденными, но при вскрытии оказывались практически пустыми. Как это объяснить?

42. В химический реактор решили вместо обычной механической мешалки ввести ферромагнитный порошок, а перемешивание осуществлять с помощью вращающегося порошка магнитного поля. Ожидали, что это ускорит химический процесс в несколько раз. Но выигрыш оказался значительно большим – более чем в 100 раз! Как это объяснить?

43. Вор пробил стену универмага, проник внутрь и взял большое количество ценностей. Перед уходом он переоделся в лучший костюм и утром, когда универмаг открыли, спокойно ушел, смешавшись с толпой. По дороге домой он на всякий случай несколько раз поменял транспорт, но, когда пришел домой, там его уже ждали. Как милиции удалось раскрыть преступление так оперативно?

44. Артист цирка бесстрашно работает на арене с огромным удавом. Временами кажется, что сейчас удав сомкнет свои мощные кольца и задушит артиста, но последний всегда успеваает сбросить кольца. Почему удав так медлителен? Ведь удавы отличаются невероятной силой и очень быстрой реакцией, и практически не дрессируются... Как это объяснить?

45. В начале 30-х годов только что построенный сторожевой корабль «Ураган» вышел в море для испытаний котлов на бездымную работу. Испытатели на самом «Урагане» и сопровождавшем его корабле внимательно следили за трубой и с удовлетворением отметили, что котельные машинисты работали отлично: ни один демаскирующий клуб дыма не был замечен, только струился раскаленный воздух. Но утром следующего дня на стол Главного конструктора В.А.Никитина легли фотографии, сделанные с корабля сопровождения во время испытаний, и на них над трубами оказались черные клубы дыма! Пленка была самая обычная, трудно было предположить, что она оказалась настолько чувствительнее глаза. Как впоследствии оказалось, пленка действительно была ни при чем. Испытания повторили, и снова не было и следа дыма наяву, на фотографии – густые клубы. В чем дело?

46. Моряки часто восхищаются удивительной быстротой дельфина: военный корабль несется со скоростью более 35 узлов (это около 63 км/ч), а дельфин играючи скользит перед ним, ныряя и выпрыгивая из воды. Но ученые установили, что даже спасаясь от акулы, дельфины не в состоянии развивать скорость выше 50 км/ч. Как это объяснить?

47. Во время испытаний первых отечественных цветных телевизоров обнаружилось непонятное явление. Телевизор тщательно настраивали, сводя три цветных луча в одну точку, и он мог хорошо работать сколько угодно. Но стоило его выключить и сразу включить снова, как лучи расходились, иногда довольно сильно, до миллиметра. После повторных включений-выключений картинка иногда восстанавливалась, иногда ухудшалась, иногда оставалась прежней. Как это объяснить?

48. У Дурова в цирке был номер: на арену выезжал маленький поезд с несколькими вагонами. Управляла поездом мартышка, в вагонах находились звери: белый и черный кролики, собака, кошка и т.д. Каждый вагон имел надпись, указывающий, кто внутри: «Черный кролик», «Белый кролик» и т.д. Поезд останавливался, и по сигналу мартышки звери выходили наружу. Через некоторое время по второму сигналу мартышки звери забирались, в вагоны, причем в точном соответствии с надписями. Как они узнавали свои вагоны?

49. Однажды решили построить яхту с корпусом из листов монель-металла, соединенных стальными заклепками. Монель-металл – сплав,

содержащий никель, железо, марганец, медь и т.д. Поскольку строители справедливо опасались электрокоррозии, решили проверить, как будут вести себя эти два металла в морской воде. Поставили опыт: взяли кусочек монель-металла, просверлили в нем отверстие, вставили в него стальную заклепку и опустили в морскую воду. Коррозия была, но достаточно слабая, поэтому яхту стали строить. Однако после первого же рейса все заклепки сильно проржавели, хоть сдавай яхту в металлолом. Почему так получилось?

50. Чувствительность взрывчатого вещества определяется как способность взрываться под воздействием механических импульсов. На чувствительность очень сильно могут влиять примеси. Например, обычный песок, введенный в тринитротолуол (ТОЛ), резко повышает чувствительность последнего. Но как понять тот факт, что тот же песок, добавленный к другой взрывчатке – аммоналу, снижает ее чувствительность? Ни тол, ни аммонал с песком химически не взаимодействуют.

51. Испытания нового самолета шли уже несколько месяцев, когда начались неприятности. При выпуске закрылков перед приземлением (операция, до этого благополучно осуществлявшаяся множество раз) неожиданно лопнула тяга правого закрылка – стальной стержень, соединяющий гидроцилиндр с закрылком. Выпустился только левый закрылок, в результате чего самолет перевернулся вверх колесами. Опытный пилот среагировал быстро: убрал закрылки вообще и посадил самолет без них. На земле тягу заменили, много раз проверили – все работало как часы. Однако в следующем полете все повторилось. Сколько ни испытывали эту тягу на земле, выхода ее из строя обнаружить не могли. Как это объяснить?

52. В светильниках газовой системы освещения, широко распространенной во второй половине прошлого века, очень часто забивалась ржавчиной медная сеточка, перегораживающая газовую трубу, чтобы пламя не распространялось по ней. В газе окиси железа не было – это не раз проверяли. Откуда же она бралась?

53. Среди нерастворимых осадочных минеральных пород нередко встречаются включения других веществ. Интересно, что эти включения иногда имеют форму кристаллов, совершенно не свойственную данному веществу. Геологи называют это явление «псевдоморфоз». Как его объяснить?

54. Важнейший элемент сердечного клапана – створки, открывающиеся наружу при токе крови в одну сторону и закрывающиеся при обратном. При искусственном моделировании клапана оказалось, что самые эластичные и прочные материалы, из которых изготавливались створки-лепестки, не выдерживали нужного количества циклов – до 40 миллионов в год. А как же выдерживает клапан? Попытки объяснить эту необыкновенную долговечность самовосстановлением за счет обмена веществ оказались неверными, так как в тканях клапана обмен веществ практически отсутствует. Как объяснить этот факт и сконструировать хороший биопротез?

55. В ангаре авиационного института стоял самолет без крыльев, на котором студенты учились управлять мотором. Однажды двигатель

загорелся. Как положено по инструкции, в сопло кинули огнетушитель, но пламя резко усилилось. Что случилось?

56. Норвежский сухогруз «Анантина», работавший на линии перевозки медной руды, внезапно затонул от многочисленных течей в трюме, где находилась руда. Что произошло?

57. Во время демонстрационного полета на авиационной выставке во французском городе Бурже в воздухозаборник нашего истребителя МИГ-29 попала птица, и двигатель заглох на малой высоте. Пилот успел катапультироваться, но траектория катапультирования (не вверх, а в сторону от падающей машины) и малая высота не оставляли возможности спасения – парашют не должен был открыться. Но он все-таки открылся и летчик был спасен. Почему?

58. Во время Первой мировой войны произошло сражение английского и немецкого флотов около Фолклендских островов. Английские судовые артиллеристы были озадачены: несмотря на точное прицеливание и прекрасную пристрелянность пушек их снаряды постоянно падали на несколько сот метров левее немецких кораблей. Как это объяснить?

59. В конце 30-х годов были созданы первые боевые ракеты очень простой конструкции: заостренный с одной стороны цилиндр с боевой частью впереди и сопло со стабилизаторами сзади (без всяких систем управления). Они эффективно действовали при пусках с самолета. Тогда появилась идея подвешивать ракеты под крылом самолета задом наперед для защиты от заходов вражеских самолетов в «хвост». Провели испытания и получили ошеломляющий результат: сойдя с пускового устройства, ракета немедленно развернулась и стала догонять свой самолет. Летчик спасся практически случайно. Что произошло?

60. Алмаз – самое твердое вещество на Земле, им можно резать любые материалы, за исключением мягкого железа – об него алмазный инструмент сразу тупится. Как это объяснить?

61. Проводятся испытания артиллерийского оружия. Несмотря на то, что все прицельные данные, величины заряда, вес снарядов и т.п. поддерживаются строго постоянными, имеется большой разброс стрельбы по дальности. Ветер только боковой. Как объяснить разброс?

62. Основоположник гелиобиологии А.Л.Чижевский в 30-е годы отметил статистически достоверные корреляции между частотой появления ряда болезней, таких, как инсульт, коронарная болезнь и т.д., и циклами солнечной активности. Однако современные исследования не подтверждают существование таких корреляций. Чем это можно объяснить, если принять во внимание, что и старые, и новые данные – результат добросовестных исследований по одинаковым методикам?

63. На одних золотых приисках благородный металл встречается в виде мелкого золотого песка, на других – в виде довольно крупных округлых «золотин». Отмечено, что «золотины» встречаются на приисках, где почва часто промерзает и оттаивает. Известно, что первичная форма – песок, а «золотины» образуются из него. Как?

64. В 20-х годах в Германии была выведена новая порода кроликов «Рекс» с ценным плюшевым мехом. Вывоз кроликов этой породы из страны был запрещен. Но советский биолог А.С.Серебровский, вернувшийся из командировки в Германию домой, развел в СССР этих необыкновенных кроликов, которых он вывез, но закона не нарушил. Как ему это удалось?

65. В начале 30-х годов в нашей стране началась разработка новейшей парашютной техники, обеспечивающей возможность выброски больших десантов. Занималось этой работой Особое конструкторское бюро под руководством комдива П.И.Гроховского, опытного изобретателя. Для сброса тяжелой техники были сконструированы огромные парашюты диаметром 40 м. Все было рассчитано как будто верно, но при первом опытном сбросе груза купол лопнул. Повторные испытания дали тот же результат. Как же быть? И почему рвались парашюты? По форме они были подобны обычным и соответственно рассчитаны с тем же запасом прочности.

66. Потовая железа человека или животного содержит клубочек, расположенный в глубине кожи, и канал – пору. До сих пор ее работу объясняют так: клубочек выделяет воду, она поднимается по каналу на поверхность кожи и там испаряется, охлаждая тем самым организм. Но этот механизм не все объясняет. При пересадке кожи обнаружилось, что потовые железы передают довольно много тепла на поверхность кожи, даже если выход их закупорен. Кроме того, не понятно, как тело теряет тепло в спокойном состоянии, например сидячем, когда влага на поверхность кожи вообще не выступает? Как это объяснить?

67. При пайке радиоэлементов на печатных платах возникает неприятный эффект: после одной-двух перепаек элементов электропроводная дорожка – тонкий слой меди – отрывается от основы, обычно изготавливаемой из пластика. Причина отрыва непонятна. Как быть?

68. Все с детства знают, что при беге нужно дышать носом, если дышать ртом, быстро задохнешься. Но почему? Ведь казалось бы, ртом дышать должно быть легче... Интересно, что при плавании спортсмены дышат ртом и почему-то не задыхаются. Тоже непонятно...

69. Жизнь человека за последние столетия цивилизации сильно изменилась по сравнению с природой. Возникли совершенно новые факторы, которые имеют глобальный характер. И в принципе не исключена вероятность, что какие-то из них могут подействовать на людей очень вредно. Проанализируйте с помощью «диверсионного» анализа такие явления, как переход к хлорированию питьевой воды, использованию пастеризованных продуктов, широкое распространение мыла, радио и телевидения и т.п.

70. Среди специалистов по паровым турбинам считалось, что если ломается лопатка в одной из ступеней турбины, то возникает «салат» – поломка всех последующих ступеней. Однако эксплуатационники никогда этого салата не наблюдали, более того, никогда не находили обломков лопатки ни в самой турбине, ни за ней. Как это объяснить?

71. Новую линию метро в Киеве прокладывали в водоносном слое грунта. Для этого применили один из рекомендуемых в таких случаях

способов – кессонный метод, заключающийся в вытеснении воды путем подачи в тоннель воздуха под давлением (другой способ – замораживание). При этом метростроители столкнулись с опасным и непонятным явлением. Фантастически быстро ржавело все, что в принципе могло ржаветь. Даже толстые железные болты за месяц «худели» вдвое, что, естественно, приводило к огромным трудностям при проходке и, что даже более важно, могло привести к неприятностям при эксплуатации линии! Непосредственная причина коррозии обнаружилась быстро: грунтовые воды содержали огромное количество серной кислоты очень высокой концентрации (содержание ионов водорода в грунтовых водах оказалось в 300 раз выше, чем в уксусной .Кислоте). Но откуда взялось столько серной кислоты?

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ⁵⁰

1. Обращенная задача. Дана система, включающая боксера, перчатки, соперника. Как сделать, чтобы слабый боксер смог наносить сильнейшие удары?

Решение. Сильный удар можно нанести, например, камнем. Но перчатки перед боем проверяет судья. ФП: В перчатке должен быть камень, чтобы удар был сильным и не должен быть, чтобы его не обнаружили при проверке.

Разрешение во времени: камня не должно быть во время проверки, но он должен появиться во время боя. **Ресурсы:** перчатка, бинты, тальк, пот, ресурсное время (сделать заранее).

Ответ: Боксер присыпал бинты быстро схватывающимся цементом. Во время матча рука потела и цемент затвердевал.

2. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая листы титана, присадочную проволоку и аргоновую атмосферу. Как обеспечить наличие пор в сварном шве?

Решение. Нужно достроить веполь: ввести B_2 (или B_3 в зависимости от исходной схемы) – влагу или кислород воздуха и порообразующее поле.

Ресурсы: Влагу или воздух можно внести либо с титаном, либо с присадочной проволокой (получается комплексный веполь). Поскольку проволоки идет на сварной шов много, пор будет больше, если примеси будут в проволоке.

Ответ: Влага и воздух абсорбировались поверхностью присадочной проволоки.

Новая задача. Как избавиться от вредных примесей?

Решение. Достроить веполь (вести тепловое поле) или, наоборот, разрушить имеющийся вредный.

Ответ: Нагреть проволоку. Влага и воздух уйдут из зоны сварки, как это происходило при сварке в вакуумной камере.

3. Обращенная задача. Дана система, включающая искусственную

⁵⁰ Условия задач 1-3 приведены в Части 2. Задачи 4-10 разобраны в части 2.

винную кислоту. Как обеспечить, чтобы она не обладала оптической активностью несмотря на то, что других отличий от естественной кислоты у нее нет?

Решение. ФП: Искусственная винная кислота должна быть активной, чтобы не отличаться от естественной, и не должна быть активной, потому что эта активность не наблюдается.

Разрешение ФП системным переходом: вся система не активная, а ее части – активные.

Ответ: Искусственная кислота является смесью молекул с правой и левой поляризацией, поэтому она неактивна в целом.

Новая задача – проверить гипотезу. Задача на обнаружение. По стандарту ее целесообразно перевести в задачу на изменение. Нужно найти способ оставить в растворе молекулы только с одной поляризацией. Исходная модель: V_1 – молекулы кислоты. Задача на достройку веполя. Нужно ввести вещество V_2 и поле Π , которые «умеют» убирать один из видов поляризации.

Ответ: Ввести микроорганизмы, которые «привыкли» превращать левосторонние молекулы в уксус. Пастер запустил в раствор искусственной кислоты микроорганизмы, пропускал через раствор свет и наблюдал, как свет постепенно (по мере работы микроорганизмов) приобретал правую поляризацию.

11. Обратная задача. Дана система, включающая ЭВМ и девушку. Как заставить ФВМ ошибаться?

Решение. Исходная модель: V_1 – ЭВМ, V_2 – девушка. По стандарту 1.1.1 необходимо достроить веполь, введя недостающее поле Π . Наиболее подходящее поле – электрическое.

Ответ: У машин тех поколений не было электростатической защиты. Девушка носила синтетическую одежду, которая сильно электризовалась.

12. Обратная задача. Дана техническая система, включающая трущиеся поверхности и слой смазки. Как обеспечить увеличение трения при увеличении чистоты поверхности?

Решение. Универсальный способ увеличить трение – убрать смазку.

Ресурс: чистота поверхностей, то есть величина зазора между поверхностями. Чем лучше обработка, тем меньше зазор и, соответственно, толщина слоя смазки.

Ответ: При очень тонкой пленке смазки последняя не успевает поступать в зону трения, наступает «пленочное голодание».

13. Обратная задача. Дана техническая система, включающая мономер и запаиваемую банку. Как обеспечить порчу мономера?

Решение. Достроить веполь. Ввести вещество и поле, способное испортить мономер. Ресурсы: банка, крышка, припой, паяльная кислота.

Ответ: Мономер портился из-за того, что при запайке иногда в банку с мономером попадали капли паяльной кислоты.

14. Обратная задача. Дана техническая система, включающая передний и задний автомобили. Передний при торможении зажигает тормозные огни, второй автомобиль тормозит, но несмотря на это нужно

обеспечить наезд.

Решение по АРИЗ-85-В

1.1. Мини-задача. ТС для обеспечения столкновения автомобилей включает передний и задний автомобили. ТП-1: Если задний автомобиль не тормозит, то, он наезжает на передний, но это не соответствует условиям задачи. ТП-2: Если задний автомобиль тормозит, то это соответствует условиям задачи, но мешает наезду.

Необходимо при минимальных изменениях в системе обеспечить наезд автомобиля при заданных условиях задачи.

1.2. Изделие – передний автомобиль (A_1). Инструмент – задний автомобиль (A_2) (тормозит, не тормозит).



1.4. Выбираем ТП-2 (по соответствию условиям задачи).

1.5. Даны два автомобиля. Задний автомобиль тормозит и это мешает наезду. Необходимо ввести икс-элемент, который, не препятствуя торможению, обеспечит наезд заднего автомобиля на передний.

2.1.03 – пространство между автомобилями.

2.2. ОВ – конфликтное: время столкновения; ресурсное: время торможения.

2.3. Ресурсы в 03: Полевые – скорости движения автомобилей.

Информационные – тормозные огни. Пространственные – расстояние между автомобилями. Временные: время торможения.

3.1. Икс-элемент, абсолютно не изменяя систему и не вызывая других явлений, обеспечивает столкновение машин, не мешая торможению задней машины.

3.2. Икс-элемент – из ресурсов.

3.3. ФП: расстояние между машинами должно сокращаться, чтобы столкновение произошло, и не должно сокращаться, потому что задняя машина тормозит, чтобы избежать столкновения.

Или: Скорость торможения заднего автомобиля должна быть меньше, чтобы машины столкнулись, и не должна быть меньше, потому что водитель задней машины рассчитывает скорость торможения по первой.

5.3. Разрешение противоречия во времени. Скорость торможения второго водителя должна быть то больше, то меньше, чем первого. Причем, меньше

она должна стать неожиданно для второго водителя.

Это может произойти, если скорость торможения первого водителя изменится неожиданно для второго и настолько быстро, что второй не успеет среагировать на это изменение. Это произойдет, если, начав тормозить с одной скоростью, водитель первой машины неожиданно затормозит резко, например, кто-то выбежал на дорогу. Поскольку тормозные огни уже были зажжены, водитель второй машины не сразу увидит изменение скорости торможения и не сразу изменит свою. Это приведет к наезду.

Как избежать таких наездов? Необходимо, чтобы тормозные огни давали информацию не только о факте торможения, но и о скорости торможения. При этом желательно не вводить новых элементов. Можно менять либо интенсивность света, либо частоту (непрерывную или импульсную). Непрерывное изменение частоты – это изменение цвета. Импульсная – мигание тормозных огней. Частота мигания зависит от скорости торможения. Последний способ, введенный в одном из таксопарков США, сократил количество наездов на 60 %.

15. Обращенная задача. Дана техническая система – самолет, включающая фюзеляж, крылья, двигатели. Необходимо обеспечить скорость выше расчетной.

Решение. Для увеличения скорости два пути: увеличение мощности двигателя и улучшение аэродинамических характеристик самолета, включающих лобовое сопротивление и сопротивление трению во время полета. Мощность двигателей известна, и здесь резервов нет. Лобовое сопротивление рассчитывается достаточно точно. Как можно уменьшить сопротивление трения? Сдуванием приграничного слоя воздуха у фюзеляжа.

Ресурсы: реактивная струя, расположение двигателей.

Ответ: ТУ-16 был первым самолетом, в котором двигатели были размещены очень близко к фюзеляжу. У винтомоторных самолетов двигатели размещались на расстоянии, определяемом радиусом винта, у первых реактивных двигатели ставили далеко по инерции. Реактивная струя омывает фюзеляж, сдувая приграничный слой воздуха.

16. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая капилляр, масло, воздушный пузырек и пробку. Как обеспечить перемещение пузырька по капилляру при отсутствии расхода жидкости?

Решение: Достроить веполь. Ввести B_2 и поле Π ,двигающее пузырек.

Ресурсы: резиновая пробка, упругость резины, введение пузырька.

Ответ: При закручивании колпачка резиновая пробка сжимается и потом постепенно расширяется (резина под нагрузкой «течет»), вытесняя масло и двигая пузырек.

17. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая снаряд и орудие. Необходимо обеспечить взрыв снаряда сразу после вылета из ствола орудия.

Ответ. При выстреле довольно массивный боек под действием сил инерции давит на дно стакана, прогибая его. Из-за большого калибра снаряда этот прогиб получается довольно существенным. После прекращения разгона

(то есть после вылета снаряда из ствола) дно за счет собственной упругости резко возвращается на место, и как мощная пружина, толкает боек вперед на капсюль.

Примечание. Подробный разбор данной задачи приведен в [10, с. 128].

18. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая стеклянный капилляр с металлической жилой внутри, постепенно остывающий. Как обеспечить разрушение металлической жилы?

Ресурсы: Увеличение объема металла при застывании. Кристаллизация металла.

Ответ: Капилляр заперся пробкой, роль которой выполнял второй фронт кристаллизации, отстоящий от первого на некотором расстоянии. Между двумя фронтами оставался жидкий металл, которому некуда было деваться.

Новая задача. Как убрать второй фронт кристаллизации?

Дополнительный подогрев ничего не дал. Нужно, чтобы вместо двух фронтов был один. Для этого нужно устранить промежуток жидкого металла.

Это можно сделать охлаждением (вместо подогрева) зоны кристаллизации.

Примечание. Это была первая задача, решенная слушателем после освоения методики решения исследовательских задач, предложенной авторами. Во время обучения на семинаре по ТРИЗ в 1984 году в Кишиневе А.М.Иойшер нашел решение, которое не мог ли найти ученые более 10 лет. Гипотеза была сразу же проверена на практике и полностью подтвердилась. Подробный разбор этой задачи приведен в [10, с. 124].

19. Обращенная задача. Дана прозрачная жидкость. Как обеспечить в ней люминесценцию (импульсное свечение)?

Решение. Источником свечения может быть электролюминесценция – свечение под действием постоянного электрического поля. Это поле должно быть получено из ресурсов. **Ресурсы:** замораживание – тепловое поле. Изменение агрегатного состояния. В частности, при замораживании жидкостей обычно происходит увеличение объема – возникает давление, которое можно преобразовать в электрическое.

Ответ: При быстром замораживании возникает пьезоэлектрический эффект, являющийся причиной электролюминесценции.

20. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая водород при низком давлении и электрический разряд в нем, а также вольфрамовую проволочку. Необходимо обеспечить нагрев вольфрамовой проволочки.

Решение. Достройка веполя. V_1 – вольфрам. Нужно ввести V_2 и поле Π (тепловое или могущее превращаться в тепловое). Тепло можно получить либо из высокочастотного электромагнитного поля, либо при химической реакции. **Ресурсы:** водород и электрический разряд. Электрический разряд – в принципе постоянный ток, поэтому не должен давать электромагнитное высокочастотное поле, хотя какие-то переменные флуктуации могут быть. Рассмотрим вариант с химической реакцией. Это может быть либо водород с

вольфрамом, либо водород с водородом. Поскольку в процессе реакции вольфрам не расходуется, то остается реакция водорода с водородом. Такая реакция может идти, если в системе есть атомарный водород, который активно рекомбинирует в молекулы с выделением энергии.

Ответ: Вольфрам служит катализатором реакции рекомбинации атомов водорода в молекулы. Атомарный водород образуется в трубке под действием электрического разряда. При рекомбинации идет выделение тепла.

21. Обращенная задача. Как отравить содержимое бутылки на затонувшем судне?

Решение. Здесь три задачи: 1) как откупорить бутылку; 2) как ввести в бутылку отраву; 3) как снова закупорить бутылку. **Ресурсы:** давление воды, удобрения. Рассмотрим задачи по порядку. Исходная модель для первой задачи: V_1 – бутылка, V_2 – пробка, Π – силы упругости, распирающие пробку в горле бутылки. Имеем вредный веполь. По стандарту 1.2.4 для его разрушения нужно ввести противополо. Это может быть давление воды, которое является ресурсом. Исходная модель для второй задачи: V_1 – бутылка. По стандарту 1.1.1 необходимо достроить веполь, введя V_2 и поле Π . V_2 – отраву (удобрения), поле Π то же, что и в первой задаче – давление воды. Исходная модель для третьей задачи: (V_1, V_2) – бутылка с отравой. Снова достройка веполя, в этом случае комплексного: V_3 – пробка, поле Π – давление внутри бутылки.

Ответ: Давление воды вмяло корковую пробку внутрь бутылки и уда попало немного морской воды с растворенными в ней удобрениями. При подъеме бутылки на поверхность давление снизилось и пробка вернулась на место.

22. Обращенная задача. Как обеспечить взрыв пороха при сушке? **Решение.** Достройка веполя. Нужно ввести вещество V_2 и поле. Поле может подойти механическое (удар), тепловое, электрическое (искра). Ударов нет, за температурой пороха усиленно следят. Как получить электрическое поле? **Ресурсы:** воздух, движение воздуха. Электрическое поле можно получить трением.

Ответ: При сушке пороха продуванием воздухом происходит электризация порошинок о воздух. Проскакивающие искры подрывают порох.

Новая задача. Как предотвратить электризацию? Нужно заменить V_2 и поле трения на более взрывобезопасное. Как еще можно убрать влагу из пороха?

Ответ: Поглощение влаги спиртом (решение Д.И. Менделеева). Или вымораживание жидким воздухом или азотом.

23. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая круг из магнитного материала, стальной порошок и деталь. Необходимо обеспечить возможность эффективной полировки деталей из материала, гораздо более твердого, чем сталь.

Ответ: Обработка твердого материала мягким порошком шла за счет появления электрических микроразрядов, как при электроискровой

обработке. Подробный разбор задачи приведен в [10, с. 127, 9 с. 161].

24. Обращенная задача. Как вывести из строя электроприбор при наличии громоотвода (без прямого удара молнии в сеть)?

Решение. Вывести прибор из строя можно, увеличив напряжение сети в несколько раз. Ресурсы: молния, громоотвод.

Ответ: Ток разряда, проходящий по громоотводу, через индуктивные связи наводит в расположенных вблизи него электрических проводах огромные напряжения.

25. Обращенная задача. Дана полимерная СОЖ. Охлаждение зоны резания позволяет увеличить скорость резания. Как добиться, чтобы можно было существенно увеличить эту скорость.

Решение. Скорость резания зависит от прочности инструмента и от податливости (мягкости) обрабатываемой детали. Известны способы упрочнения режущего инструмента цианированием. Соединение углерода и азота (циановая группа) при соответствующей температуре внедряется в поверхность инструмента, повышая его прочность. Известно также, что водород способен охрупчивать, разупрочнять металл. Как обеспечить оба этих процесса? **Ресурсы:** полимерная СОЖ (водород, углерод, азот) и тепловое поле.

Ответ: Полимерная СОЖ разлагается в зоне резания. Циановая группа (или только углерод, он тоже способен упрочнять металл, такой процесс называется науглероживанием или цементацией) внедряется в ту поверхность, где выше температура (температура всегда выше у инструмента), а водород идет к более холодной поверхности (детали). В результате твердость реза растет, а детали – падает, и скорость резания повышается дополнительно в несколько раз.

26. Обращенная задача. Как обеспечить электризацию снаряда при ударе?

Решение. Для того чтобы тело получило электрический заряд, необходимо либо дать ему избыток электронов, либо часть их забрать. Возможные способы создания заряда: электрическое поле, химические реакции, трение, механическое перемещение электронов. **Ресурсы:** движение снаряда, силы инерции, удар. Из возможных способов остается только трение, силы инерции, но трение плохо электризует проводящие тела.

Ответ: При ударе некоторая часть свободно движущихся в металле электронов по инерции вылетает из снаряда. Снаряд получает положительный заряд.

27. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая подшипник компрессора холодильника. Как повысить его износостойкость во много раз?

Решение. Повысить износостойкость можно двумя путями: исключением трения или постоянным восстановлением трущихся поверхностей. Известен эффект аномально низкого трения, но только в специальных материалах, прошедших особую обработку. Для обеспечения постоянного самовосстановления нужно достроить веполь: ввести вещество и

поле. **Ресурсы:** масло, фреон, медь (трубки охлаждения выполнены из меди). Поля: механическое, химическое. Здесь для получения ответа может потребоваться несколько устных экспериментов.

Ответ: Эффект Гаркунова – Крагельского – безыносное трение. Ионы меди обладают свойством переходить из масла на поверхность трущихся деталей и обратно. На поверхности деталей при этом обнаруживается тонкая пленка меди.

28. Обратная задача. Как уменьшить расход бензина в автомобиле с помощью металлической пудры?

Ответ: Эффект, аналогичный действию металлоплакирующей смазки. Металлическая пудра добавляется в смазку двигателя. Металлические частицы пристают к неплотно сопрягаемым деталям (эти неплотности образуются вследствие износа), происходит как бы восстановление изношенных частей, в результате расход бензина остается постоянным даже после 100 000 км пробега.

29. Обратная задача. Как увеличить скорость прохождения СОЖ по капиллярам?

Решение. Ресурсы: температура, давление, вибрации. Первые два только мешают. Остается вибрация.

Ответ: Ультразвуковой капиллярный эффект. Возможны и другие механизмы.

30. Обратная задача. Дана система, включающая двух жуликов и Крукса. Как сделать, чтобы жулики могли передавать друг другу информацию о задуманном Круксом слове?

Решение. Носитель информации должен быть из имеющихся ресурсов. **Ресурс:** сам Крукс.

Ответ: Первый брат незаметно писал слово на бумажке, которую прикреплял к спине Крукса во время заглядывания ему в глаза. Второй брат незаметно это слово прочитывал. **Примечание.** Подробный разбор этой задачи приведен в [1, с. 127].

31. Обратная задача. Дана техническая система, включающая папку с секретными документами, фотоаппарат и вспышку. Как засветить пленку шпиона во время съемки?

Ответ: Бумага, на которой изображены секретные чертежи, должна сама засвечивать пленку. Для этого ее покрыли люминесцентным составом, ярко светящимся под действием вспышки. В папку же был вмонтирован небольшой кусочек фотоматериала, засвечивающийся только от вспышки, поэтому у хозяев архива была информация о том, что кто-то фотографировал чертежи.

32. Обратная задача. Дана система, включающая трех шахматистов: двух более сильных и одного более слабого. Как обеспечить гарантированную возможность получения слабым игроком не менее одного очка в сеансе одновременной игры с более сильными, да еще вслепую?

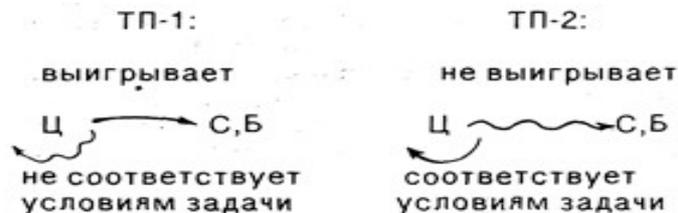
1.1. Мини-задача. ТС для выигрышивания пари включает трех шахматистов: Цукерторта (Ц), Стейница (С) и Блекберна (Б). ТП-1: Если Ц сильнее С и Б,

то он может легко выиграть пари, но это противоречит условиям задачи. ТП-2: Если Ц слабее С и Б, то это соответствует условиям задачи, но не гарантирует выигрыш.

Необходимо без изменений в системе обеспечить гарантированный выигрыш пари без нарушения условий задачи.

1.2. Изделие – С и Б.

Инструмент – Ц (сильный, слабый).



1.4. Выбираем ТП-2 (по соответствию условиям задачи).

1.5. Усиление конфликта. Ц совсем не умеет играть в шахматы.

1.6. Дано: Ц, не умеющий играть в шахматы, и два сильнейших шахматиста мира. У Ц нет шансов выиграть пари (набрать не менее одного очка, то есть выиграть одну партию или сыграть обе вничью).

Необходимо ввести икс-элемент, который обеспечит Ц выигрыш пари без нарушения условий задачи.

2.1.03 – место игры.

2.2.ОВ – время игры.

2.3. Ресурсы:противники,их мастерство, сведения о ходах.

3.1. ИКР: Икс-элемент, не изменяя систему и не вызывая других явлений, обеспечивает выигрыш пари, не меняя условия задачи.

3.2. Икс-элемент из ресурсов: сами противники, их мастерство.

3.3. ФП: С и Б должны быть слабыми, чтобы Ц выиграл, и не должны быть слабыми, чтобы это не противоречило условиям задачи.

3.5.03 сама обеспечивает слабость шахматистов во время игры.

5.1. Исходная вепольная схема: V_1 – Цукерторт, (V_2, V_3) – С,Б. По стандарту 1.1.1 необходимо достроить веполь, введя поле П.Поле должно быть из ресурсов. Из ресурсов имеется только одно поле – информационное – сведения о ходах противников.

5.3. Разрешение ФП системным переходом: С и Б по отдельности сильнее, а вместе слабее, чем Ц.

Ответ: С и Б будут вместе слабее, если ослабят друг друга, то есть будут играть между собой, а Ц будет лишь передавать их ходы друг другу. Так пари может выиграть и человек, не умеющий играть в шахматы.

33. Обращенная задача. Дана техническая систему, включающая жидкость с взвешенной мутью в пробирке. Как в несколько раз уменьшить время осаждения мути на дно пробирки ?

Решение. Время осаждения зависит от двух параметров: от скорости осаждения и от расстояния, которое должны пройти частички мути. Изменить

скорость по условиям задачи мы не можем, она зависит от физико-химических свойств частичек мути и жидкости. Можно ли изменить расстояние? **Ресурс:** пространство пробирки.

Ответ: Уменьшить расстояние можно, положив пробирку на бок, а затем, когда муть соберется на стенке, осторожно вернуть пробирку в вертикальное положение.

Примечание. Возможно, здесь может быть использован еще один эффект: передвижение частичек с помощью края поверхности жидкости. Так, если взять чашку с остатками мелкого чая и осторожно поочередно наклонить ее сначала в одну, а потом в другую сторону, легко собрать все чайинки в одном углу.

34. Обращенная задача. Как изготовить часы, не требующие подзаводки?

Решение. Нужен энергетический ресурс, причем постоянно действующий в течение неограниченного времени. Возможные **ресурсы:** тепло, ветер, посетители, атмосферное давление. Тепло и ветер исключаются, так как часы расположены в закрытой комнате. Посетители могут открывать двери, давить своим весом на какие-то рычаги в полу.

Ответ: Использовались перепады атмосферного давления. Изменение высоты столба ртути большого ртутного барометра заводило часы.

35. Обращенная задача. Дана система, включающая водолаза, судно, воду. Как сделать, чтобы водолаз мог напиться пьяным?

Решение. Найти спиртное, очевидно, несложно (судно пассажирское, наверняка оно имелось в буфете). Но как выпить что-либо под водой?

ФП: Шлем водолаза должен быть снят, чтобы можно было пить, и шлем нельзя снимать, чтобы не захлебнуться. **Уточненное ФП:** Вокруг водолаза должен быть воздух, чтобы можно было снять шлем, и не может быть воздух, потому что все происходит под водой. Значит, нужно создать воздушный пузырь. **Ресурсы:** выдыхаемый воздух.

Ответ: Водолаз забрался в каюту и в течение некоторого времени стравливал туда воздух, пока не образовался воздушный пузырь. После этого можно было снять шлем (или отвернуть передний иллюминатор шлема).

36. Обращенная задача. Как заставить медвежат залезть на дерево?

Решение. Самое простое – испугать. Но почему они станут пугаться матери? Только в том случае, если они ее не узнают. Остается второй вопрос: почему они лезут именно на тонкие деревья? Очевидно, чтобы за ними не мог полезть взрослый медведь – дерево сломается.

Ответ: Медведи близоруки, издали не могут отличить мать от других взрослых медведей, поэтому на всякий случай залезают на тонкое дерево, не способное выдержать взрослого медведя.

37. Обращенная задача. Дана система, включающая собаку и холодильник. Как заставить собаку забеспокоиться?

Решение. Собака – V_1 , холодильник – V_2 . По стандарту 1.1.1 нужно достроить веполь, введя недостающее поле Π . Перебор полей по MaTXЭМ позволяет остановиться только на двух полях, которые может воспринимать

собака, но не воспринимает человек: запах (при таянии льда выделяются абсорбированные им запахи) и ультразвук (у собаки более широкий диапазон восприятия звука – до 30 кГц в отличие от человека, у которого – до 20).

Ресурсы – изменение агрегатного состояния льда.

Ответ: Таяние льда сопровождается разрушением его монокристаллов, при этом каждый кристалл «кричит» на ультразвуковой частоте.

38. Обратная задача. Дана пуговица, оторванная от рубашки. Как сделать, чтобы на ней остались целые стежки несмотря на то, что она вырвана «не с мясом»?

Решение. ФП: Нитки должны проходить через ткань рубашки, чтобы пуговица была пришита, и не должны проходить через ткань, чтобы на ней при отрыве не образовалась дыра. Разрешение ФП во времени: сначала прошить пуговицу нитками без ткани (несколько стежков), а потом подложить ткань и прошить снова.

Ответ: Выяснилось, что такие случаи на фабрике бывают. Работница случайно закладывает в машину пуговицу без ткани, делает несколько стежков, а потом, заметив ошибку, подкладывает ткань и пришивает пуговицу правильно. При отрыве пришитой таким образом пуговицы часть стежков может остаться целыми, а дыры в рубашке не будет.

39. Обратная задача. Дана система, включающая петуха и магнит. Как заставить петуха реагировать на магнитное поле?

Решение. Исходная модель: B_1 – петух. Для решения задачи по стандарту 1.1.1 необходимо достроить вектор, введя B_2 и поле П. Какие поля могут быть использованы? В первую очередь тепловое (нагрев вполне способен вызвать у петуха беспокойство) и механическое. **Ресурсы:** магнит. Он может быть источником магнитного, теплового и механического полей. Поскольку нужно «оправдать» магнитное поле, необходимо проверить два других. Выяснилось, что тепловое поле практически отсутствует, а вот механическое может появиться при плохом креплении полюсов магнита.

Ответ: Полюса магнита были плохо укреплены и при включении тока начинали притягиваться друг к другу, сжимая петуху голову.

Примечание. Эта кажущаяся шуточной задача доставила немало забот большому коллективу ученых. Эксперимент ставили снова и снова, поверили, что сделали открытие. Истина открылась случайно, когда перед приездом ответственной комиссии для проверки результатов решили подновить экспериментальную установку, покрасили ее и заодно затянули ослабленные крепления, после чего эффект полностью исчез.

40. Обратная задача. Как сделать, чтобы на фальшивой картине оказалась печать нотариуса?

Решение. ФП: Картина должна быть подлинной, чтобы это признали эксперты и нотариус поставил печать, и картина должна быть фальшивой, так как именно на ней печать нотариуса. Разрешение противоречия в пространстве: картина должна быть подлинной с лицевой стороны (для экспертов) и фальшивой с обратной (для нотариуса). Сделать это можно переходом к бисистеме (из двух картин).

Ответ: Во время экспертизы на подрамнике находились две картины, сложенные вместе.

41. Обращенная задача. Как сделать, чтобы из опечатанной посылки пропал груз?

Решение. ФП: груз должен быть, чтобы это зафиксировал приемщик посылки, и груза не должна быть, так как он отсутствует на пункте прибытия посылки. Разрешение ФП во времени: груз должен быть при приеме посылки и исчезнуть при транспортировке. Для этого можно подобрать подходящий физический эффект, например, сублимацию.

Ответ. Злоумышленник закладывал в посылки сухой лед.

42. Обращенная задача. Дана система, включающая реактор с реагентами, ферропорршок и вращающееся магнитное поле. Как существенно повысить скорость химической реакции?

Решение. Исходная модель: V_1 – реагент, V_2 – ферропорошок, Π – механическое поле. Это неэффективный веполю. По стандарту 2.1.2 его эффективность можно повысить переходом к двойному веполю, то есть введя второе поле. Второе поле можно было бы получить из ресурсов (в готовом виде или производный). **Ресурсы:** бегущее магнитное поле, механическое поле перемешивания. В качестве производных полей могут быть: движение и вращение частиц порошка, вибрации, магнитострикционные колебания, в том числе инфразвуковой, звуковой и ультразвуковой диапазоны; тепловое поле; электрическое (перемещение магнитных и электропроводных частиц в магнитном поле генерирует электрические искры, см. задачу 23).

Ответ: Опыт показал, что практически все эти поля способны активизировать химическую реакцию. Вибрации и колебания увеличивают подвижность частиц, вызывая микроперемешивание; электрические микрозаряды ионизируют реагент, создают локальные перегревы, активизирующие реакцию, а также свечение, ультрафиолет, даже рентгеновское излучение, порождающие активные химически радикалы.

43. Обращенная задача. Как сделать, чтобы человека можно было легко найти?

Ответ: Самое простое – дать его адрес. Это реальный случай из уголовной хроники: вор оставил в старом костюме свой паспорт.

44. Обращенная задача. Как сделать удава медлительным?

Ответ: Удав – существо холоднокровное, скорость его реакций зависит от температуры тела. Перед выступлением его держат в холодильнике или в проточной холодной воде.

45. Обращенная задача. Как сделать, чтобы на фотографии появились клубы дыма, которых никто не видит наяву?

Ответ: Самый простой способ – нарисовать! С реальности так и было. Фотограф, ничего не зная о цели своей работы (секретность!), но стараясь выполнить ее как можно лучше, украшал фотографии, чтобы корабль «лучше смотрелся» (как он сам потом объяснил).

Примечание. Как показал опыт преподавания, слушатели с большим трудом и многочисленными ошибками приходят к этому простейшему ответу

– именно из-за его простоты. Приходится неоднократно настаивать на поиске самых простейших способов реализации необходимых действий.

46. Обращенная задача. Как сделать, чтобы дельфин плыл со скоростью большей, чем он физически способен развивать?

Решение. Увеличить скорость можно за счет какого-то ресурса. Ресурсы: движение корабля.

Ответ: Дельфин скользит на волне, создаваемой кораблем. Он использует энергию волны как спортсмен на сёрфе – доске для плавания на волне прибоа.

47. Обращенная задача. Как вызвать расхождение лучей в телевизоре?

Ответ: Из-за включений-выключений создавались броски тока, которые по-разному намагничивали сердечники дросселей – элементов, устанавливаемых в телевизорах. Магнитные поля дросселей действовали на электронный луч.

Примечание. Подробный разбор задачи приведен в [11, с. 132].

48. Обращенная задача. Как сделать, чтобы звери не могли перепутать свои вагончики?

Ответ: Эти вагончики были домиками этих зверей, они там жили постоянно и прекрасно их знали.

49. Обращенная задача. Дана система, включающая сплав монель-металла, сталь, морскую воду. Как существенно увеличить коррозию?

Решение. Очевидно, нужно увеличить по сравнению с благополучным экспериментом какой-то фактор (или несколько факторов). **Ресурсы:** ресурс изменения – большое количество монель-металла, большое количество морской воды.

Ответ: Увеличение площади монель-металла приводит к увеличению тока в электрохимической паре и, следовательно, к увеличению разрушающего действия, что не было учтено при эксперименте.

50. Обращенная задача. Как повысить (в первом случае) или понизить (во втором) чувствительность взрывчатки?

Решение. Чувствительность взрывчатки зависит от ее способности передавать импульсы давления. Повысить ее можно, введя концентраторы напряжения, создающие локальные участки более высокого давления. Понизить чувствительность можно, введя мягкое, смягчающее силу удара вещество. **Ресурсы:** песок. Очевидно, в первом случае песок должен быть концентратором напряжений, а во втором – наоборот, смягчителем. Это возможно, если песчинки тверже и острее частичек тола, но мягче кристаллов аммонала.

Ответ: Песчинки имеют острые грани, что позволяет им быть концентраторами энергии импульса давления в аморфном толе. В свою очередь аммиачная селитра (основа аммонала) представляет собой мелкокристаллическое вещество с очень острыми кристалликами.

51. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая гидроцилиндр, тягу (стальной стержень) и закрылок. Как разорвать стержень?

Решение. Имеется B_1 – стержень. Чтобы его разрушить, нужно

достроить веполь: ввести V_2 и поле П. **Ресурсы:** Среди ресурсов поле, достаточное для разрушения, есть – это сила, с которой тянет гидроцилиндр. Но для того, чтобы стержень был разрушен, нужно его закрепить. Должно быть какое-то V_2 – держатель. Но на земле оно не было обнаружено. ФП: держатель тяги должен быть, чтобы разорвать тягу, и его не должно быть, потому что не обнаружили. Разрешение во времени: держатель должен появляться наверху и исчезать на земле. Снова обратимся к **ресурсам:** отличия в давлении и температуре. Давление не поможет, а холод наверху может приморозить тягу, правда, при наличии воды. Может ли появиться вода в полостях, где стояли гидроцилиндры? В принципе может, благодаря конденсации влаги при полетах в облаках. Но такой случай был предусмотрен заранее: полости были снабжены отверстиями для слива влаги. Как сделать, чтобы влага не сливалась?

Ответ: Самое простое – закупорить отверстие. Вода наверху от холода замерзала и намертво заклинивала тягу. А на земле вода таяла. Почему аварии начались только несколько месяцев спустя? Очевидно, испытания начались в теплую погоду, а через несколько месяцев наступили холода.

Примечание. Из-за отсутствия методики решения подобных задач КБ провозилось с обнаружением причин дефекта несколько месяцев, которые оказались роковыми для нового самолета: из-за них оно проиграло «гонку» – вперед вышел самолет другого КБ, который и был в конце-концов принят на вооружение.

52. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая газ, трубу, сеточку. Как сделать, чтобы ячейки сеточки забивались ржавчиной?

Решение. Для создания ржавчины (окиси железа) необходимо железо и окислитель. **Ресурсы:** стальная или чугунная труба, состав газа. Таким образом, железо имеется. А окислителем может быть окись углерода, всегда находящаяся в горючем газе.

Ответ: Ржавчина образовывалась за счет окисления железа со стен трубы окисью углерода.

53. Обращенная задача. Дана система, содержащая породу с включениями. Как придать этим включениям форму, не свойственную материалу?

Решение. Придать кристаллу нужную форму просто, если вырастить его в этой форме. Но откуда может такая форма взяться? Это **новая задача.** **Обращенная задача,** как сделать формы в породе? Очевидно, ее нужно изготовить заранее с помощью веществ, для которых эта форма «своя».

Ответ: Псевдоморфозы возникают, когда вода вымывает растворимые включения в породе и заполняет их потом другими осадочными веществами. Другой возможный вариант: видоизменение исходного вещества при взаимодействии с привнесенными водой веществами.

54. Обращенная задача. Дана система, включающая емкость с жидкостью (кровью) и дверцы-створки. Как сделать, чтобы створки не отрывались?

Решение. Построим модель с помощью моделирования маленькими

человечками (ММЧ). Есть дверь, на которую с разбегу налетает и распахивает толчком толпа школьников. Естественно, что так двери долго, не выдержат. «Усмирить» толпу невозможно, а дверь сбросить нужно, как это сделать? Один из вариантов – поставить около двери швейцара, который будет заранее аккуратно открывать дверь перед толпой.

Ответ: Открытие № 292 заключается в том, что обнаружено неизвестное ранее свойство клапанно-артериального комплекса корня аорты открывать клапан при равенстве давлений в аорте и левом желудочке сердца. То есть в сердце как раз действует такой «швейцар», роль которого играют особые эластичные образования на стенках аорты-синусы, связанные с клапаном особыми жгутиками. Перед ударом синусы переполняются кровью и тянут жгутики. Когда с этим разобрались стало возможным создание долговечного искусственного клапана.

55. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая горящий двигатель и огнетушитель. Как резко усилить пламя?

Ответ: Самое простое – подбросить горючего. В баллон от огнетушителя потихоньку сливали спирт, «сэкономленный» при проведении регламентных работ на самолете.

56. Обращенная задача. Дана система, включающая трюм сухогруза, медную руду. Как создать множественные течи в корпусе сухогруза?

Ответ: Имеется электрохимическая пара: сталь корпуса и медь. А электролит – морская вода, которая попала в трюм при шторме.

57. Обращенная задача. Как обеспечить раскрытие парашюта на малой высоте?

Решение. Для раскрытия парашюта необходим напор воздуха. Как его создать? Ресурсы: взрыв самолета.

Ответ: Парашют раскрыла взрывная волна от самолета.

58. Обращенная задача. Как «сбить с пути» снаряд?

Решение. Для отклонения снаряда нужна отклоняющая сила. **Ресурсы:** вращение снаряда, Кориолисовы силы. Ресурс изменения: раньше флот действовал в Северном полушарии, там же пристреливались пушки.

Ответ: В разных полушариях силы Кориолиса действуют в противоположных направлениях. Пристрелянность пушек в Северном полушарии приводила к ошибкам в Южном.

59. Обращенная задача. Дана система, включающая самолет и выпущенную с него ракету. Как заставить неуправляемую ракету изменить курс на противоположный?

Решение. Самое простое – пустить ракету стабилизатором вперед. Стабилизатор так управляет полетом, чтобы нос ракеты двигался вперед по прямой линии. **Ресурсы:** скорость самолета. Ресурс изменения – обычно ракета и самолет летят в одном направлении, а в данном случае – в противоположных. Так как в момент схода ракеты с направляющих ее скорость значительно меньше, чем скорость самолета, получается, что ракета летела стабилизатором вперед.

Ответ: Стабилизатор развернул летящую задом наперед ракету в

естественном для нее направлении (за самолетом).

60. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая алмаз и мягкое железо. Как сделать, чтобы мягкое железо затупило твердый алмаз?

Решение. Исходная модель: V_1 – алмаз, V_2 – железо, Π – механическое поле. Поскольку механическое поле не в состоянии обеспечить затупление алмазного инструмента, имеем неэффективный веполь. По стандарту 2.1.2 для повышения его эффективности нужно ввести, дополнительное поле.

Ресурсы: мепловое поле. Но оно само по себе недостаточно, чтобы повлиять на твердость алмаза. Но тепловое поле может усилить химическое взаимодействие между углеродом алмаза и железом.

Ответ: Происходит растворение углерода алмаза в железе

61. Обращенная задача. Дана система, включающая орудие, снаряд. Необходимо обеспечить разброс попаданий по дальности.

Решение. Исходная модель: V_1 – снаряд, V_2 – воздух. Π – механическое поле воздействия воздуха на полет снаряда. Но этого недостаточно для получения необходимого разброса. Следовательно, имеем неэффективный веполь. По стандарту 2.1.2 можно попытаться ввести второе поле. **Ресурсы:** боковой ветер, вращение снаряда. Есть подходящий физический эффект — эффект Магнуса, заключающийся в возникновении поперечной силы, действующей на тело, вращающееся в набегающем на него потоке жидкости или газа.

Ответ: На снаряд действует сила, смещающая его в зависимости от направления бокового ветра вверх или вниз по траектории, что меняет дальность полета.

62. Обращенная задача. Дана система, включающая Солнце и человека. Как сделать, чтобы связь между самочувствием человека и солнечной активностью сначала наблюдалась, а потом исчезла?

Решение. Самый простой способ – сделать так, чтобы какое-то явление перестало наблюдаться, то есть сделать, чтобы оно исчезло. Но для того, чтобы заставить что-то исчезнуть, нужно выяснить причины. Поэтому возникает **новая задача:** как может Солнце действовать на человека?

Новая обращенная задача. Необходимо обеспечить воздействие Солнца на человека.

Решение. Исходная модель: V_1 – человек, V_2 – Солнце. По стандарту 1.1.1 необходимо достроить веполь, введя недостающее поле Π . Рассмотрим возможные поля по МаТХЭМ, учитывая имеющиеся **ресурсы:** в период повышенной солнечной активности учащаются ураганы, землетрясения, частая смена погоды, изменение давления, магнитные бури, меняется электрический заряд ионосферы, что отражается на ее способности экранировать Землю от космического излучения, повышается уровень радиации, в том числе и за счет выдавливания из почвы во время землетрясений и горных подвижек радиоактивного радона 202;

M – механические поля, например, при быстрой смене циклонов и антициклонов из-за изменения давления могут возникнуть различные механические колебания, способные генерировать атмосферный инфразвук,

чрезвычайно вредный для человека, особенно на крайне низких частотах;

Т – тепловое поле, например, перепады температур при быстрой смене погоды;

Х – активизация химических процессов при усилении ультрафиолетового и других излучений Солнца;

Э – электрические поля – воздействие во время бесчисленных гроз, изменение способности ионосферы экранировать космическое излучение;

М – магнитные бури, нарушающие электрическую работу сердца;

ЭМ – электромагнитные поля – самое широкое действие во всем диапазоне частот: ультрафиолет, сантиметровые радиоволны, повышение уровня радиации за счет радона 202.

Все вышеперечисленные факторы вполне могут влиять на самочувствие человека. Возникает **вторая задача**: при каких обстоятельствах эти воздействия могут исчезнуть, ослабиться?

Вторая новая обращенная задача. Необходимо устранить воздействие перечисленных факторов на человека в наше время.

Решение. Здесь возможны три варианта: изменить человека, сделав его нечувствительным к Солнцу; защитить его от всех этих воздействий; перекрыть действие Солнца каким-то другим фактором, не связанным с ним. Очевидно, что первые два варианта нереальны. А для осуществления третьего необходимо рассмотреть ресурсы: человек стал летать на самолетах и подвергаться куда более сильным перепадам давления, чем естественные (аналогичный эффект производят спуски и подъемы в метро); неподдающиеся учету различные шумы, в том числе инфра – и ультразвуковые, от многочисленных видов новой техники; химические воздействия химического и сельскохозяйственного происхождения; сильные электрические и магнитные поля от многочисленных ЛЭП, в том числе и от домашней электропроводки; ультрафиолетовое облучение от ламп дневного света; увеличение радиоактивного фона от атомных электростанций и других ядерных объектов; резкое увеличение фона сантиметровых радиоволн из-за широчайшего распространения телевидения, в том числе спутникового, и т.п.

Очевидно, что эти новые факторы перекрывают или по крайней мере искажают картину солнечного влияния.

64. Обращенная задача. Как вывести кролика породы, запрещенной к вывозу, не нарушая запрета?

Решение. ФП: Вывезенный кролик должен быть породы «Рекс», чтобы потом развести кроликов такой породы, и он не должен быть породы «Рекс», чтобы не нарушить закона. Разрешение системным переходом: вывозится пара кроликов, каждый из которых в отдельности не «Рекс», а вместе они – «Рекс». Здесь пригодится биологический (генетический) эффект, заключающийся в том, что нужный признак может быть в рецессиве, то есть находиться в скрытом виде в генах животного.

Ответ: Серебровский вывез несколько самцов и самок помесей кроликов «Рекс» с обычными кроликами, которые выглядели, как обычные. После соответствующих скрещиваний была отобрана чистая линия (без

примесей других) кроликов «Рекс».

65. Обратная задача. Как обеспечить разрыв большого парашюта?

Ответ: Причиной разрыва парашюта был сам груз, который из-за больших размеров купола и длинных строп успевал набрать большую скорость, и рывок груза во время раскрытия парашюта оказывался чересчур сильным. После выяснения причины был изобретен новый метод десантирования – метод «срыва», который решил проблему.

Примечание. Подробный разбор задачи приведен в [11, с. 129].

66. Обратная задача. Как обеспечить перенос большого количества тепла через поры, даже если выход пор закрыт?

Ответ: Каждая пора работает как тепловая труба. **Примечание.**

Подробный разбор задачи приведен в [11, с. 210].

67. Обратная задача. Дана техническая система, включающая медную дорожку на поверхности пластиковой платы. Как оторвать дорожку от платы?

Ответ: Медь и слой припоя имеют разные коэффициенты термического расширения. После застывания припоя получается что-то вроде биметаллической пластинки, выгибающейся при охлаждении и отрывающейся из-за этого от платы.

Примечание. Подробный разбор задачи приведен в [11, с. 167].

68. Обратная задача. Как заставить человека быстрее задохнуться при беге?

Решение. Необходимо найти способ тратить больше энергии.

Рассмотрим аналогию легких с насосом. У насоса есть так называемая «насосная характеристика нагрузки», в соответствии с которой он, работая без нагрузки, находится в самых энергетически невыгодных условиях, имеет худший коэффициент полезного действия. Может быть, нос служит при дыхании источником нагрузки в данной пневмосистеме? Нос увеличивает длительность вдоха, возможно, это позволяет лучше усвоить кислород воздуха. Другая аналогия. Самое тяжелое упражнение боксера – «бой с тенью», когда удары наносятся в пустоту. При этом боксер тратит энергию не только на сам удар, но и на то, чтобы погасить энергию набравшего скорость кулака. Для того чтобы излишняя энергия гасилась, нужно сопротивление, как, например, при «бое с мешком». А при плавании грудная клетка находится на глубине 10 – 20 см и при вдохе приходится преодолевать довольно большое сопротивление – порядка 5 – 10 кг. Вот пловец и не задыхается.

В подтверждение этой гипотезы можно привести опыт одного из авторов, который убедился, что если при беге дышать ртом через плотно сжатые зубы, задыхания не происходит. Очевидно, в этом случае сопротивление достаточно. Можно этот способ рекомендовать тем, кто любит бегать, но не всегда может это себе позволить из-за насморка.

69. Типовых ответов на эту задачу, конечно, нет. Приведем в качестве примера «диверсионный» анализ по одному из перечисленных факторов, например, широкое использование мыла.

Обращенная задача. Как нанести максимальный вред человеку при помощи мыла?

Решение (один из вариантов). В природе у человека кожные поры были всегда закрыты. Это не изменилось и с началом цивилизации, например, древние греки парились, очищали тело скребницами, но после этого умащались оливковым маслом, закрывающим поры. В русской парной поры открываются, но быстро закрываются при окунании в холодную воду или снег, либо за счет пота. Только мыло, снимая поверхностный жир, оставляет поры открытыми. Как это может сказаться на здоровье человека? Недавно было опубликовано открытие советских ученых, которое показало, что когда поры открыты (тело в распаренном состоянии), то через них в организм обратным потоком идут практически любые вещества из окружающей среды. Это означает, что человек, лежа в ванне, может практически беспрепятственно получать через поры хлорные соединения, имеющиеся в воде, смытую с себя грязь, различные соли, в том числе добавки, содержащиеся в мыле. Причем все это поступает не в желудок, как-то приспособившийся к вредным веществам в процессе эволюции, а непосредственно в ткани, кровь и лимфу и прекрасно разносится по всему телу...

70. Обращенная задача. Дана техническая система, включающая лопатку, вал и корпус турбины. Как полностью уничтожить обломок лопатки?

Решение. Имеется V_1 – обломок. Нужно достроить веполю: ввести второе вещество и поле. Ресурсы: вал, корпус, вращение (центробежное поле).

Ответ. Обломок лопатки под действием центробежных сил прижимался к корпусу и истирался в порошок, который в дальнейшем и был обнаружен.

71. Обращенная задача. Дана система, включающая тоннель, грунт, грунтовые воды. Как насытить их серной кислотой высокой концентрации?

Решение. Серную кислоту можно получить либо в готовом виде (например, из-за утечки с какого-то химического предприятия), либо она производится на месте из имеющихся ресурсов. Ресурсы: грунт, в том числе пирит-минерал, содержащий до 40 % серы, вода, воздух под давлением. Таким образом, необходимые компоненты (сера, водород, кислород) есть. Как заставить их прореагировать нужным образом? Очевидно, нужен определенного вида катализатор, либо биостимулятор необходимой реакции.

Ответ: Серную кислоту производят так называемые тионовые или серобактерии, получающие энергию за счет окисления серы.

Новая задача. Тионовые бактерии были и в других местах, например, в нескольких десятках метров от трассы, но там их было меньше в сотни миллионов раз. Почему на трассе проходки их оказалось так много?

Новая обращенная задача. Как сделать, чтобы в месте трассы количество тионовых бактерий оказалось выше нормального в сотни миллионов раз?

Решение. Увеличить количество бактерий можно, создав особо благоприятную среду. Так, серобактерии не могут функционировать без

кислорода. **Ресурсы:** резкое повышение содержания кислорода в тоннеле благодаря кессонному методу проходки (много воздуха под давлением).

Ответ: Серобактерии размножились в невероятном количестве именно благодаря насыщению трассы кислородом воздуха.

Как избавиться от нашествия тионовых бактерий? Очевидно, заменить кессонный метод на какой-то другой. Так и сделали: перешли на замораживание.

ИСТОЧНИКИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

Работа по поиску методов решения исследовательских задач требовала большого количества учебных и практических задач для анализа, но в начале казалось, что их крайне мало, находились они с трудом. По мере приобретения опыта стало ясно, что недостатка в учебных исследовательских задачах нет. Источниками могут служить книги об исследователях, выдающихся ученых; книги и статьи, посвященные различным научным проблемам. Много задач можно извлечь из популярных журналов, например, только в пятом номере журнала «Химия и жизнь» за 1985 год имеется ряд интересных исследовательских задач: «Почему у злаков капли росы сверкают только на острых кончиках листьев?» (с. 42); «Как молодые побеги пробиваются через твердый грунт?» (с. 43); «Выяснение причин плохой работы клапанов холодильных машин» (с. 56); «Почему плохо полимеризуется капролактан?» (с. 70); «Как объяснить странные свойства воды?» (с. 94). А заметка «Природные воздухоочистители» (с. 75) может быть использована в дополнение к работе Г.Г. Головченко о ветроэнергетике растений (см. Часть 1).

При постановке и разборе исследовательских задач на занятиях может потребоваться дополнительная информация, поэтому желательно знакомиться с первоисточниками задач. Ниже приведены ссылки на использованные здесь задачи, за исключением взятых из личной практики авторов и их учеников, из бесед с коллегами и их устных сообщений.

2. Блокнот технолога. – Изобретатель и рационализатор, 1984, №11, с. 24.
3. А.Мигдал. Поиски истины. Молодая гвардия, 1983, с. 129.
7. В.Дружанов. Плывун – подземный дирижабль (открытие № 91). – Знание – сила, 1972, № 2, с. 7.
8. Е.Люсин. О физике непопулярной. / В. сб. «Пути в неизвестное». – М.: Советский писатель, 1985, с. 436.
10. Ю.Иванов. Ледовая вахта физиков. / В сб. «Глобус». – Л.: Детская литература, 1988, с. 318.
12. Техника и наука, 1983, № 4.
13. Бальзам, изобретенный Шостаковским. – Химия и жизнь, 1985, № 4, с. 10.
14. МИ 0216. – Изобретатель и рационализатор, 1977, № 2.
15. Л.Лазарев. Коснувшись неба. – М.: Профиздат, 1983, с. 223.
16. Е.Люсин. О физике непопулярной. / В сб. «Пути в неизвестное». – М.: Советский писатель, 1985, с. 440-452.
19. Наука и жизнь, 1984, №8.
20. В.Сибрук. Роберт Вуд. – М.: Наука, 1978, с. 210.
21. Д.Горз. Подъем затонувших кораблей. – Л., Судостроение, 1978, с. 286.
23. На одном станке шлифуют, направляют, упрочняют детали. – Изобретатель и рационализатор, 1969, № 10, с. 14.

24. Вторичные молнии. – Знание – сила, 1982, № 5.
27. Мысль, извлеченная из холодильника. – Изобретатель и рационализатор, 1982, №3, с. 16.
28. Металлическая пудра экономит бензин. – Изобретатель и рационализатор, 1982, № 1.
32. Сельская молодежь, 1982, № 1, с. 59.
33. Мой друг Хоттабыч. – Изобретатель и рационализатор, 1979, № 4.
34. С.Михаль. Часы. – М.: Знание, 1983, с. 250-253.
35. Д.Горз. Подъем затонувших кораблей. – Л.: Судостроение, 1978, с. 286.
37. Химия и жизнь, 1985, №12, с. 95.
42. Универсальный ускоритель реакций. – Изобретатель и рационализатор, 1971, № 5, с. 2.
45. Ю.Стволинский. Конструкторы надводных кораблей. – Л.: Лениздат, 1987, с. 66-67.
47. А.Родин. Перед Новым годом: записки инженера. – Знамя, 1986, №9, с. 202.
49. О.И.Жолондковский, Ю.А.Лебедев. Бой с пожирателями металла. – М.: Знание, 1984, с. 37.
54. Знание – сила, 1985, № 4, с. 33.
56. А.А.Спиридонов. В служеньи ремеслу и музам. – М., 1989, с. 53-54.
57. НТР: Проблемы и решения. 1989, № 13.
62. Знание – сила, 1984, № 10.
63. Золотины поштучно. – Техника и наука, 1982, № 6.
64. Б.Медников. Дарвинизм в XX веке. – М.: Советская Россия, 1975, с. 46.
65. М.Каминский. В небе Чукотки. – М.: Молодая гвардия, 1973, с. 37-39.
66. Ю.П.Саламатов, И.М.Кондраков. Идеализация технических систем. (Рукопись). – Красноярск, 1984.
70. Почему не находились лопатки. – Техника и наука, 1982, № 12.
71. О.И.Жолондковский, Ю.А.Лебедев. Бой с пожирателями металла. – М.: Знание, 1984, с. 114-116.

Приложения

Приложение 1

Г.С.Альтшуллер

СКАЗКА О КАМНЕ

(Отрывок из стенограммы занятия, проведенного Г.С.Альтшуллером на семинаре по ТРИЗ в г. Симферополе в 1986 г.)

«Выбираем объект, например, камень. Первый ход автоматический, как в шахматах е2 – е4. Камень **оживляется**. В сказке камень разумный. Теперь нужно создать светлый образ камня. Для этого наш камень **должен с чем-то взаимодействовать**. С чем? С окружающим миром. Можно не детализировать. Окружающий мир – это жизнь, человек, общество. Следующий шаг: раз мы ввели взаимодействие, нужно сразу строить противоречие. Например, на базе согласования ритмики системы. Допустим, камень мыслит, но медленно, он тугодум. Событие длится час, а камень осмысливает это событие через шесть месяцев.

Итак, части системы специально рассогласованы, чтобы создать конфликт. Число исходных конфликтов невелико. Можно представить себе камень, лежащий на горе, в крепости. Идет осада крепости. Позднее может выясниться, что это, например, была троянская война. Греки воюют с троянцами, а камень напряженно соображает: во-первых, что они делают, во-вторых, кто прав, кто виноват. Какую позицию ему занять. События нагнетаются, в конце концов камень сбрасывают с горы на поднимающееся по ней греческое войско в надежде, что он подавит воинов. Камень летит и с ужасом сознает, что ему первый раз в жизни необходимо быстро сообразить, а он не в состоянии. Давить или не давить? На всякий случай он уклоняется.

Сюжет можно развить дальше. Воспользуемся способностью камня думать медленно. Камень взяли в качестве балласта на корабль и отвезли в город. В городской тюрьме заключенные недавно совершили побег, сделав подкоп. Чтобы пресечь подобные действия в будущем, камнем закрывают выход. Лежать удобно. В тенечке, никто не беспокоит. Но через некоторое время камень соображает, что он мешает людям выйти, они гибнут. При каждом подкопе натываются на камень. Но он не может сразу принять решение, думает медленно. Но однажды неподалеку ударяет молния, камень вздрагивает (можно предположить, что он кварцевый, пьезоэффект). И вот камень обнаружил, что в момент разряда (электрического) он может становиться больше или меньше, вздрагивать, подпрыгивать, даже двигаться. Он быстрее живет, быстрее думает. И вот он начал эту способность неторопливо в себе развивать.

Прошло 1000 лет. Камень научился подпрыгивать на месте. Он уже знал, что может развивать свои способности неограниченно, было бы время. Ему казалось, что временем он не лимитирован. Но тут снова война. Вражеские

корабли подошли и осадили город. Город назывался Сиракузы. В нем тогда Архимед жил. Он придумал множество машин для потопления кораблей, и в одну из них с трудом заложили этот камень. Топить или не топить корабль, на который его сбросили? На этот раз камень уже мог заставить себя на короткое время мыслить быстро. Но он опять не знал, кто прав, кто виноват. На всякий случай снова воздержался. Он пробил палубу, пробил днище и застрял в нем. Матросы, солдаты бросили корабль. Корабль долго носило по Средиземному морю, пока его не прибило к острову Иф. То есть к острову, который впоследствии получил название Иф. Там строили замок. Были уже средние века, рыцарские времена. Камень оказался в стене крепости Иф, которая всем знакома – та самая, куда потом привезут графа Монте-Кристо. Но до этого еще очень далеко, а пока он устроился в крепости и стал заниматься самосовершенствованием. Можно протянуть еще долго, но есть смысл ввести новое противоречие. Или перейти к подсистеме.

Камень научился быстро мыслить и в результате в нем произошло расстройство личности. Одна его часть рвалась к дальнейшему, накоплению мудрости, она не желала участвовать в людских делах. Другой части надоело лежать в крепости, она хотела путешествовать, полететь к звездам, не сидеть на месте. А третья часть, наиболее сложная, хотела справедливости, помогать людям, но не знала, как. Колебалась, все казалось, что предполагаемые действия принесут больше вреда, чем пользы. И вот части захотели разойтись и зажить каждая по своему усмотрению. Камень притянул молнию, которая его разбила на три части.

Получилось три камня, возможности развития сюжета резко возросли. Но, в принципе, можно было остановиться и на первом конфликте.

Что стало с камнями? Первый, который хотел спокойно копить мудрость, стал священным камнем мусульман в Мекке (спокойное место, но в контакте с людьми). Камень-мыслитель занимается чудесами; лечит, слушает чьи-то биополя...

Судьба камня, который искал справедливости, оказалась сложной. Он вновь стал строительным камнем в тюрьме – замковым камнем в главной арке крепости Бастилии. И когда случилась Великая Французская революция, народ пошел на приступ. Камень понял, что этот случай совершенно бесспорный, когда дело абсолютно справедливое. Он рассыпался. Рассыпался замковый камень и вся арка, затем ворота (как известно, Бастилия была разрушена до основания).

А третий камень стал... Тунгусским метеоритом. То, что считают взрывом Тунгусского метеорита, на самом деле было вспышкой на старте накопившего энергию камня, наконец осуществившего свою мечту о полете. Он разогнался, огляделся, где никому не причинит вреда, и рванул в небо. Вот такая сказка».

ОКОЛОНАУЧНЫЕ СТРАСТИ

Изучение закономерностей развития науки натолкнуло авторов на мысль быстренько открыть и оформить какую-нибудь новую науку. Что и было сделано. Правда, для этого пришлось ненадолго «закрыть» другую науку. Впрочем, мы уверены, что она этого и не заметила.

Блеск и нищета падологии⁵¹

Исходные данные:

Число научных работ удваивается каждые 13,5 лет, число ученых – за 6,5 лет. К 2050 году число физиков превысит население Земли, а для издания их научных работ не хватит всей вырабатываемой бумаги.

(Из книг по науковедению)

«Был этот мир глубокой тьмой окутан.

«Да будет свет!» – и вот, явился

Ньютон!»

Александр Поп, английский поэт(1688-1744)

Ньютон не родился, и закон всемирного тяготения не был открыт.

Долгое время никто не задумывался над тем, что происходит с телами при падении. Первым обратил на это внимание ученых профессор А., выступивший на Всемирном конгрессе механиков с развернутой программой исследования процесса и результатов падения тел. «Продолжим дело великого Галилея, на заре науки бросавшего предметы с Пизанской башни!» – вдохновенно призвал он с трибуны. Это был день рождения падологии.

Эмоциональное выступление профессора увлекло нескольких молодых ученых, но было раскритиковано многими авторитетными докладчиками. Итог подвел академик Б., в речи которого прозвучала историческая фраза, ставшая знаменем всех антипадологов: «Что с возу упало, то пропало!» В вечерних газетах появились карикатуры, изображавшие профессора бросающим со стола посуду, популярный комик исполнил в варьете куплеты «Милый бросил, я упала...», и о падологии надолго забыли.

Но падология не умерла. Она росла в тиши кабинетов, набирала силу в лабораториях и на примитивных вначале педологических полигонах с шаткими деревянными вышками. Снова о ней заговорили после того, как

⁵¹ Впервые опубликовано в журнале „Техника и наука“. № 5. 1985 (под псевдонимом Б.Львов).

доцент В., один их блестящих учеников умершего непризнанным профессора А., получил важные результаты по расчету падения бомб с только что изобретенных аэропланов.

Первые специальные падологические лаборатории были созданы в рамках военных департаментов различных стран, но потом выяснилось, что подобные исследования важны и для промышленности. Кафедры падологии открылись в политехнических институтах, а затем и в университетах разных городов.

Статьи по падологии печатались сначала в журналах по механике. Первый выпуск специального журнала «Вопросы падологии», ставший через десяток лет библиографической редкостью, состоял из двух тонких тетрадок серой бумаги, но он породил десятки изданий: «Журнал падологии», «Письма в журнал падологии», «Экспериментальная падология», «Вопросы падения тел», «Ученые записки падологического общества» и т.д. Для широкой публики начал издаваться популярный журнал «Падология и жизнь».

Падология бурно развивалась. К столетию со дня первого выступления профессора А. в Академии Наук было создано отделение падологии и смежных наук. Чего только ни исследовали любознательные падологи! Падение тел жестких и мягких, больших и малых, геометрически правильных и бесформенных, твердых тел с полостями, заполненными жидкостью, и жидкостей с твердыми включениями... О широте исследований свидетельствуют названия разделов науки: водопадология, газопадология, статистическая падология, микропадо-огия, разбирника, повреждаемость, падомеханика, падохимил, пагодинамика, электропадология, падофизика, падопсихология...

Славные страницы в историю развития науки вписали отважные путешественники. Поднялся на Эверест с портативным падоскопом профессор Г., провел годичный цикл исследований на дне Марианской впадины мореплаватель Д. Герой-аэронавт Е. выполнил серию измерений в верхних слоях атмосферы, а среди приборов, взятых путешественником Ж. в последний бросок к Полюсу, был и микропадометр.

Улучшалась экспериментальная база падологии. Ушли в прошлое скрипучие деревянные вышки. Под исследовательские лаборатории и полигоны были заняты Эйфелева башня, Эмпайр Стейт Билдинг, Бангкокская пагода. Мощные падологические установки создавались в горах, где прозрачность и чистота воздуха, огромные скалы и глубокие ущелья обеспечивали уникальные возможности для проведения опытов. Были разработаны сотни высокоточных приборов, позволявших фиксировать сокровенные тайны процессов на всех этапах падения, в особенности на самом интересном – завершающем. Миниатюрные падомеры и весопады, ударомеры и отскокопоказатели, датчики повреждаемости и микропады, позволяющие наблюдать падение тел под микроскопом. С наступлением эры электроники родились универсальные измерительные комплексы, например, электронный падопоказатель, записывающий одновременно на магнитную ленту до 16 различных падологических характеристик более чем в 10^4 точках

падающего тела. Миллионы выделялись на строительство гигантских синхротронов, в которых изучали падение тел под действием разгоняющих полей.

Не было недостатка и в смелых теориях, обосновывающих и разъясняющих экспериментальные данные. Одно время приобрела чрезвычайную популярность теория, увязывающая скорость падения с объемом падающего объекта. С появлением вычислительных машин математическая обработка опытных данных позволила установить, что одна из важнейших практических характеристик – повреждаемость – связана со стоимостью объекта по биномиальному закону. Более поздние исследования уточнили характер закона, который оказался ближе к Гауссову распределению.

Огромную роль в дальнейшем прогрессе сыграла биопадология. Отчаянные энтузиасты, несмотря на выговоры и депремирования, проводили эксперименты на себе. «За краткий миг падения передо мной промелькнула вся жизнь», – сказал оказывающим ему первую помощь коллегам биопадолог З., экспериментально доказавший казавшийся поэтической выдумкой древних факт ускоренного течения времени в падающей системе. Эти опыты позволили молодому теоретику И. создать релятивистскую механику падения, известную также под названием общей теории относительности, которая логично объяснила многие таинственные факты и вывела науку на новый путь. Одновременно исследователь К., изучал мельчайшие осколки разбившихся при падении тел, доказал дискретность структуры материи и заложил основы квантовой падологии.

Решающее значение имели падологические эксперименты, выполненные на первой орбитальной станции-лаборатории. Было обнаружено, что в условиях невесомости тела не падают, а медленно сближаются, притягиваемые силой, пропорциональной произведению масс. Эти наблюдения положили начало массопадологии – величайшего достижения человеческой мысли.

Практически в то же время профессор Л., подведя итог многолетним исследованиям, обосновал теорию, согласно которой скорость сближения тел в вакууме обратно пропорциональна расстоянию между ними в степени, близкой к двум. Так появилось другое крупное достижение науки – падологическая теория расстояний.

Эти теории оказались совершенно несовместимыми, и мир ученых-падологов раскололся на «массовиков» и «расстоянцев». Накал борьбы между ведущими школами соперничающих направлений несколько снизился, когда ученый М. выдвинул оказавшееся чрезвычайно плодотворным в науке методологическое положение, получившее название «принцип дополненности» или «массово-расстоянческого дуализма», согласно которому описание падающей системы с точки зрения теории расстояний всегда необходимо дополнять описанием ее же с точки зрения теории масс и наоборот.

Прекрасно было здание падологии в период ее наивысшего расцвета!

Многолетняя работа тысяч специалистов, использование достижений вычислительной техники, изучение сверхтонких эффектов падения позволили найти сложные зависимости и построить всеобъемлющие таблицы, с помощью которых рассчитывались результаты падения любых тел в любых условиях. Справочники, монографии, учебники и популярные книги по падологии заполнили библиотечные полки. Один журналист подсчитал, что если уложить друг на друга все книги, журналы и брошюры по падологии, хранящиеся в Государственной публичной библиотеке, то получится гора, превышающая суммарную высоту всех когда-либо созданных педологических экспериментальных установок, начиная с Пизанской башни и кончая гигантскими синхропадотронами и высокогорными падоскопами. На Всемирном конгрессе падологов, посвященном 250-летию великой науки, признанный глава всемирной падологии академик М. подчеркнул, что со дня основания темпы развития науки неуклонно росли по экспоненте: количество ученых удваивалось каждые 6-7 лет, а количество публикаций – каждые 13-14 лет, и что если такие темпы развития сохранятся и в дальнейшем, то через какие-то 50 лет число падологов с учеными степенями превысит население Земли, а на издание падологической литературы потребуется больше бумаги, чем ее сможет произвести вся земная промышленность за это время.

Закат великой науки начался в тот день, когда студент последнего курса Калькуттского падологического колледжа Н., еще не получивший распределения и потому не примыкавший ни к «массовикам», ни к «расстоянцам», пытаясь угадать, по какой теории можно быстрее защитить диссертацию, смеясь ради скрестил обе и получил простое выражение, впоследствии названное законом Н.:

$$f = K \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

где f – сила притяжения тел, m_1, m_2 – массы притягивающихся тел, r – расстояние между центрами тяжести тел, а K – экспериментально определяемый коэффициент.

С изумлением он обнаружил, что данное выражение с большой точностью описывает процесс падения любых тел, что оно заменяет сложнейшие формулы обеих ведущих теорий и решает многие вопросы, перед которыми они были бессильны...

Один из столпов массопадологии опубликовал первую (оказавшуюся и последней!) статью Н. в сборнике студенческих работ, сочтя, что она косвенно подтверждает его изыскания. Юный Н. мечтал о мировой славе... Тем тяжелее было разочарование, когда на его детище обрушился шквал несправедливых нападок. Его не оставили в аспирантуре, ни один падологический институт не согласился взять к себе печально прославившегося молодого специалиста. Разочаровавшись в науке, Н. перешел в корпус Разведчиков Космоса и через несколько лет погиб во время экспедиции в район вспышки Сверхновой.

Сейчас каждый может увидеть гигантский памятник из бирюзового сатурнианского граната у въезда в Международный Сахарский космопорт. Н. стоит в академической мантии и шапочке (которые не надел ни разу в жизни), опираясь на кафедру, в опущенной руке держит свиток с начертанной на нем великой формулой.

А падология умирала. Прикладники, а за ними и теоретики все охотнее пользовались простым законом Н. На его основе быстро создавалась принципиально новая, логичная и доступная даже школьникам механика. Постепенно закрывались кафедры, пустели аудитории падологических институтов, переплавлялось оборудование синхротронов, а опустевшие корпуса приспособлялись под склады...

Некоторое время по инерции еще защищались диссертации, выходили монографии и обзоры. Последней каплей некогда могучего потока, захлестнувшего библиотеки, стала брошюра «Популярно о падологии» из серии «Новое в науке и технике».

И в день полутысячелетнего юбилея некогда великой науки мало кто помнит о ней, кроме бабушек, которые ворчат, глядя на разбитые коленки вечно падающих внуков, да науковедов, для которых история падологии – предупреждение тем, кто считает экспоненциальный рост признаком зрелости и склонен мерить научные достижения количеством публикаций и тоннажем израсходованной бумаги.

«Открыв» и «закрыв» падологию, авторы на этом не успокоились и решили выяснить, как обстоят дела у коллег – тех, кто столь же смело открывает и закрывает другие падологоподобные науки? Оказалось, что коллег немало, но в силу разобщенности и отсутствия обмена информацией они делают одни и те же типовые ошибки, которых можно было бы легко избежать. Поэтому, основываясь на своем падологическом опыте и обобщая доступный по публикациям опыт других, авторы решили подготовить небольшую инструкцию по этому вопросу. Эта инструкция не предназначена для чудаков, которые готовы потратить лучшие свои годы на сидение в лаборатории или за письменным столом, пробивание инстанций и комитетов, получение неприятностей от корифеев и т.п. только для того, чтобы после их смерти кто-то сказал: «Это был Ученый!». Нет. Мы обращаемся к умным людям, реалистам, которые понимают, что любая наука – не более чем средство, а цель...

Как забраться на пьедестал

(типовые рекомендации по созданию новой науки)

1. Мест у академического пирога мало и все они давно заняты. Для того чтобы получить доступ к вкусному, лучше всего самому создать отдельный пирожок, то бишь новую науку, и с самого начала занять место котлового

(раздающего).

2. Создание новой науки начинается с Главного Дела – придумывания названия. Именно здесь кроется корень будущего успеха или неудачи. К заглавию предъявляются многочисленные противоречивые требования: оно должно быть, с одной стороны, понятным и привлекательным, с другой – свидетельствовать о сложности, значительности и прогрессивности. В качестве основы годятся иностранные, но желательно примелькавшиеся, понятные интеллигентному человеку слова. Далее используются стандартные суффиксы типа – ика, – истика, – оника и т.п. Например: «креативика», «диалогика», «интеллектуалист-тика», «эволюционика», «соционика», «системодинамика», «гомеоста-тика», «эвристика», «эврология» и т.п. Годятся также составные названия, при условии включения слова «общая», придающего солидность. Например, очень неплохо звучит сочетание «общая теория систем», «общая теория развития» и т.п. Появляется прекрасная возможность пользоваться сокращениями типа «ОТО», «ОТР». Поскольку название тоже «общее», теорий с одинаковыми названиями может быть несколько, и чтобы исключить споры между авторами, кто у кого что «увел», рекомендуется к названию присоединять фамилию автора и вводить ее в сокращение. Тогда получаются хорошо отличимые сочетания типа ОТРА, ОТРБ и т.д., вплоть до ОТРЯ.

3. Следующий шаг – подбор великих предшественников и подходящих цитат (в крайнем случае цитаты можно выдумать, их редко проверяют). Здесь нужно быть предельно внимательным, чтобы не ошибиться: еще совсем недавно список допустимых предтеч был невелик и строго определен: Маркс, Энгельс, Ленин (некоторое расширение разрешалось за счет «благонадежных» философов и ученых, например, Тимирязева, Павлова, Мичурина, Менделеева, Макаренко и т.п.). Сегодня ситуация резко изменилась: стало солидно ссылаться на Вернадского, Федорова, Богданова, Фрейда, Бердяева и т.п. Этим списком ограничиваться нельзя, так как конъюнктура постоянно меняется. Впрочем, слишком большое количество предшественников нежелательно, так как умаляет ваш собственный вклад.

4. Очень важно наметить цели новой науки (конечно, не настоящие – место у пирога, а рекламные, придающие вам значительность). Ни в коем случае не мельчите, цели должны быть глобальными, с примеркой на все человечество. И подавать их нужно так, чтобы создавалось впечатление, что они практически достигнуты – так, остались некоторые доделки. Но не увлекайтесь – иначе найдется кто-нибудь неделикатный и спросит, где же результат. Цель тоже должна учитывать конъюнктуру: если вчера «полное и окончательное...», то сегодня «примат общечеловеческих...» и т.п. Удачный выбор цели – лучшая защита от нападков, обвинений в дилетантизме, ошибках, корыстности т.п.: ведь выступить против вас означает выступить против ваших прекрасных целей, а это никому даром не сойдет!

5. Теперь о науке по существу. Этим тоже нельзя пренебрегать, иначе начнутся всякие недоуменные вопросы – всегда найдутся люди, которые во все суют свой нос и мешают заниматься делом: заседаниями, представительством, идейной борьбой. Чтобы имелся предмет разговора, нужно начать с просмотра как можно большего количества разных наук (для простоты – по оглавлениям учебников), и из каждой вытащить по кусочку (небось не обеднеют!), имеющему хоть какое-то отношение к названию, выбранному вами. Все куски нужно расположить в произвольном порядке и переписать «научным языком», то есть используя спецтерминологию, спецматематику, спецграмматику, спецстилистику. Спецтерминов в тексте должно быть не менее 77,7 %. Они легко получаются из слов латинских, древнегреческих и других мертвых языков. Красивый ход – использование терминов, известных в других областях, но в совершенно ином смысле (кому не нравится, пусть меняет свои). Часть терминов нужно определить (разумеется, те, которые понятны и без этого). Особенно хорошо, если определение длинное и малопонятное, что достигается использованием особо изысканных слов типа «артефакт», «промπτуарий», «апподиктикон», «репрезентант», «реликвимация» и т.п. Если встретитесь с затруднениями, обратитесь за помощью к любому пособию по клинической психиатрии (раздел «Шизофрения»: в силу особенностей этой болезни учебники по ней – ценнейший источник словообразований).

Спецграмматика и спецстилистика осваиваются также легко. Нужно только запомнить, что фраза с двумя придаточными предложениями лучше, чем с одним, но хуже, чем с двумя придаточными и четырьмя деепричастными оборотами. Не забудьте, что самыми употребляемыми словами должны быть: «который», «вышеупомянутый», «ниже приведенный» и они должны чередоваться.

Спецматематика отличается от просто математики тем, что приводимые формулы используются не для расчетов, а для придания солидности. Постарайтесь ввести как можно больше типовых форм: лемм, аксиом, теорем и т.п. Что вы будете понимать под ними – ваше дело. Формулы и уравнения должны быть объемистыми, с большим количеством буквенных обозначений, смысл которых объяснять не нужно. Нельзя обойтись также без сложных схем и таблиц, в которых банальные квадратики должны сочетаться с модными кружочками и элегантными, говорящими о причастности к ЭВМ, ромбами. Все геометрические фигуры нужно снабдить надписями внутри и снаружи, соединить сплошными и пунктирными стрелками, многократно изменяя их направление. Неотразимо действует, если это раскрасить во все цвета радуги.

Этот этап в создании новой науки наиболее трудоемок и требует специфических умений. Но согласитесь, если бы новую науку можно было создать совсем без труда, то кто-нибудь наверняка бы вас опередил.

6. Понятно, что в одиночку науку не создашь и к пирогу не пробьешься.

Нужны последователи-помощники, нужна команда (все знают, что короля играет свита). Но будьте осторожны в их выборе – именно здесь кроются будущие опасности, подстерегающие новое движение. Главное требование к последователю – быть «не слишком». Не слишком умным, иначе он чересчур глубоко вникнет в смысл вашей работы. Но нежелателен и слишком глупый – такие могут подвести из самых добрых намерений. Последователь не должен быть слишком честным, чтобы не возмутиться некоторыми неточностями и несоответствиями в ваших речах и делах и не начать вас разоблачать. Но остерегайтесь и бессовестных – еще не хватало вам угодить в лапы к шантажисту. Не годятся слишком образованные – образование позволит слишком хорошо разобраться в источниках ваших идей.

Опасен и полный неуч – может дискредитировать. Тактики «не слишком» нужно придерживаться во всех требованиях к будущим коллегам. Может показаться, что это делает их подбор вообще невозможным – где найти столько «не слишком». Но это опасение ложное. Наша система образования и воспитания поставляет их в неограниченном количестве.

Решив внутренние вопросы, можно переходить к внешнему окружению. Нужно провести тщательную разведку и выявить возможных конкурентов. Вам придется иметь дело со следующими типами:

«Деловые люди» – их цели сходны с вашими, поэтому они наиболее опасны. С ними лучше всего договориться, разделив при необходимости сферы влияния. Если же они окажутся слишком жадными и не захотят мирно сосуществовать – поступайте с ними, как с «врагами» (см. ниже).

С «деловыми», чьи интересы не пересекаются с вашими, всегда можно заключить договор о взаимопомощи. Особенно полезны те, кто уже успел шумно заявить о себе: телепаты, экстрасенсы, кришнаиты и т.п. Нужно участвовать в их сборищах и говорениях (симпозиумах, конференциях и просто вечеринках), рассказывать о себе, не забывая такую же возможность предоставить и им. Не скупитесь на похвалы, но хвалите намеками, осторожно, намекая на то, что хотя это и рискованно, но ради торжества истинной науки...

«Теленки» – чудаки, которые всерьез думают, что делать науку следует, действительно работая в лабораториях, за письменными столами, за пультами и дисплеями. Они, как правило, в жизни ничего не понимают и вам не помеха, так как пока они будут возиться, вы уже будете далеко. Впрочем, они неплохо приручаются, и парочка подобных психов украсит вашу науку.

«Враги» – необходимейшая вещь для новой науки. Если у вас нет врагов, значит, нет и вас самих! Впрочем, так и не бывает, если принять во внимание, что врагом может оказаться любой. Во-первых, враги те, кто уже ест свой кусок пирога и не хочет делиться с вами, либо не знает о вашем существовании (как известно, незнание не освобождает от ответственности). Во-вторых, врагами являются те, у которых вы «увели» куски для своей науки. В-третьих, враг – официальная наука. От нее нужно отмежеваться, чтобы прослыть смелым ниспровергателем, но делать это нужно осторожно, чтобы она ничего об этом не узнала (это на всякий случай, вдруг все-таки

пустят к пирогу?). Ну и наконец, враг – это тот, с кем вы начинали эту титаническую борьбу, кого вы вытащили из ничтожества (или он вас вытащил это не принципиально), сделали его человеком, а он, неблагодарный, захотел сам занять место у пирога, по праву принадлежащее вам.

В борьбе важно создать красноречивый «образ врага», показать, что «тот, кто сегодня поет не с вами, тот против всех», что он гнусен, опасен для всего общества, для дорогих вам гуманных ценностей, культуры, нации, наших великих достижений и нераскрытого потенциала... Параллельно работайте над своим образом, который должен совмещать кота Лепольда («ребята, давайте жить дружно!») и Рыцаря Печального Образа в доспехах Ильи Муромца. И не бойтесь переборщить! Если некоторые гнилые интеллигенты позволят себе иронизировать по вашему поводу – пусть себе, не они караулят пирог, а посчитаться с ними у вас время еще будет. Только не забывайте, что необходимы постоянные тренировки, отработка стратегии и тактики в боях с врагами. И конечно же, хороши любые средства!

7. Самое главное! Немедленно начинайте то, ради чего все это затеяно. Включайтесь в борьбу за ассигнования, штаты, лимиты, степени, фонды и т.п. Публикуйтесь в любых (здесь не нужно быть особо разборчивым) изданиях. Выступайте в любых местах. Давайте интервью журналистам из самых мелких многотиражек. Ищите выходы на академиков, их жен, детей, собак. Будьте неутомимы!

8. Предупреждение! Поскольку велика вероятность, что все приведенные выше шаги не дадут результатов (конкуренция велика), на всякий случай займите очередь и к обычной кормушке – не нужно сбрасывать со счетов и этот путь.

9. И последнее. Авторы не настолько бескорыстны, чтобы не оставить за пазухой «know how». Как его получить? Это отдельный разговор, надеемся, вы понимаете...

* * *

В заключение авторы хотят ответить на вопрос, который наверняка будет задан: «А не является ли ТРИЗ, которую авторы столь усердно пропагандируют в своих книгах и статьях, и в особенности то, что изложено в данной книге, лженаукой? Некоторые признаки явно совпадают...»

Конечно, совпадают! Ведь лженаука маскируется под настоящую. И отличить ее от настоящей не помогут никакие общие философские соображения и критерии. Критерий один – практический результат: конкретные машины, вылеченные люди, хорошо воспитанные дети, закономерности, позволяющие двигаться вперед. С помощью ТРИЗ и основанных на ней методик решены десятки тысяч изобретательских, десятки

исследовательских задач и проблем, тысячи людей повысили свой творческий потенциал – это и есть «свидетельство о годности».

СОДЕРЖАНИЕ

Часть I. ТРИЗ и НАУКА

Г.С.Альтшуллер. Как делаются открытия (мысли о методике научной работы)

В.В.Митрофанов. По следам возбужденной молекулы

В.М.Цуриков. Даешь радиоконтакт

Г.Г.Головченко. Ветроэнергетика растений

Часть II. Б.Л.Злотин, А.В.Зусман. Поиск новых идей в науке

Введение

Развитие научных систем

Решение исследовательских задач приемом «обращение»

Создание новых научных систем

Выявление и прогнозирование нежелательных явлений («диверсионный» подход)

Развитие научных коллективов

Заключение

Литература по ТРИЗ и проблемам науки

Часть III. Б.Л.Злотин, А.В.Зусман. Задачи и решения

Исследовательские задачи

Ответы и решения

Источники исследовательских задач

Приложения

1. Сказка о камне (отрывок из стенограммы занятия Г.С.Альтшуллера)

2. Околонаучные страсти

ИНФОРМАЦИЯ МНТЦ «ПРОГРЕСС»