

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 науковед Пола Фейерабенда¹, 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»².

«...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»³.**

¹ Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. - М.: Прогресс. 1986. С. 297, 298.

² Там же. с. 158.

³ 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)»⁴.

«Изобретение теорий зависит от наших способностей и других счастливых обстоятельств, таких, например, как удовлетворительная сексуальная жизнь»⁵.

«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!»⁶

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,

⁴ Фейерабенд П. Указ, произведение. С. 316.

⁵ Там же, с. 315.

⁶ 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 другие⁷.

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,

⁷ 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**»⁸:

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

⁸ 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»⁹, 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

⁹ См.: Кун Т. Структура научных революций. - М.: Прогресс. 1975.

советские философы А.Д.Урсул и Т.А.Урсул¹⁰.

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

¹⁰ 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 гомеостазиса (сохранение существующего состояния) и известны для самых разных систем. Механизм гомеостазиса – 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.Гринберг¹¹ 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

¹¹ 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, неустранимые 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 нерешен¹².

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]:

¹² 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» функции¹³. 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 неудовольствиями¹⁴. 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 медленнее¹⁵.

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

¹³ См.: Уголев А.М. Естественные технологии биологических систем. - Л.: Наука, 1987.

¹⁴ См.: Фрейд З. Введение в психоанализ/ Лекции. - М.: Наука. 1989.

¹⁵ 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»¹⁶. 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

¹⁶ Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. - М.: Наука. 1987. С. 56.

может теперь без труда взойти на вершину»¹⁷. 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.

¹⁷ 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 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 демонстрировал 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 изменению 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 исчислений, 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 прослеживается 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»¹⁸. 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.

¹⁸ 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 грицинам 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 цистерны¹⁹.

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

¹⁹ 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.

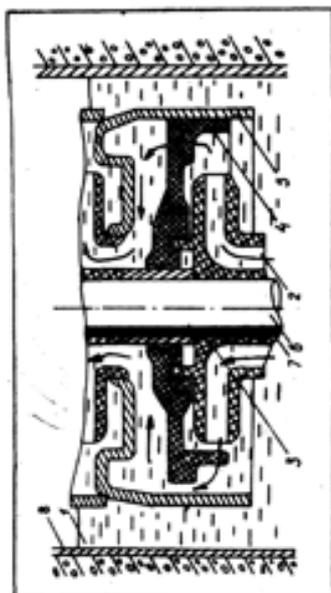


Рис. 1.
 Ступень скважинного центробежного насоса:
 1 – вода; 2 – направление движения воды; 3 – рабочее колесо; 4 – направляющий аппарат; 5 – обойма; 6 – вал; 7 – шпонка; 8 – обсадная труба скважины



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 получен 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**²⁰, 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, те скорее всего верной

²⁰ Предположено З.Е.Ройzenом

окажется та, которая проще всего может быть реализована, то есть наиболее простое решение – наиболее вероятное.

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 АРИЗ²¹. 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...»

²¹АРИЗ - алгоритм решения изобретательских задач.

На базе накопленного опыта по решению исследовательских задач были разработаны методические рекомендации по их формулированию и 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 идеальное 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: B_1 – вещество, B_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

физиков²², посвященной участию ленинградских ученых (из Физико-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 P . 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?

²² См.: Иванов Ю. Ледовая вахта физиков. / В сб. „Глобус” - Л.: Детская литература, 1988. С. 318.

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 Π – 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 замерзать 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 груженые?

Слушатели: Наверно, груженые 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 успевает 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 курс 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»²³. 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.

²³ 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 исключающий 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»²⁴,

ad hoc - по случаю, для данной цели. Так называют гипотезы, специально

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.

Пример построения новой концепции в области

построенные для объяснения как-то нового факта, не связанные с другими объяснениями.

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 эти 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.Берга²⁵) или наличии в природе какого-то целеполагающего фактора,двигающего эволюцию в определенном направлении (финалистически теории эволюции²⁶). 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.

²⁵ Берг Л.С. Труды по теории эволюции 1922-1930 гг.-Л.: Наука. 1977.

²⁶ 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.Геодакяном²⁷. 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 естественного отбора пришел и А.Уоллес, впоследствии отказавшийся от нее из-за невозможности объяснить появление и быстрое развитие мозга

²⁷ См.: Геодакян В.А. Теория дифференциации полов в проблемах человека / В сб.: „Человек в системе наук“. - М.: Наука, 1989.

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 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 заблокированном 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»²⁸. 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» справедливой или со временем будет признана лишь сюжетом для

²⁸ Яблоков А.В., Юсупов А.Г. Эволюционное учение. 2-е издание, перераб и дополн. - М : Высшая школа. 1981.

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 трудностей, 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 Исикавы²⁹.

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

²⁹ 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 твёрдости 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 твёрдых 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.



Триггер 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...»³⁰

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

³⁰ 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 кратко 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 переквалификации.

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 «ад 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 фикции 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 привлекать 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 пущать» 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 уравнительное 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 застой 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; страст 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 сплачивание 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 исполняется 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»³¹: 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

³¹ 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 невинности его самого и непосредственного начальства в провале порученного ему Дела, находить объективные причины и конкретных «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»³²; 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.

³² 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 незнание. 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.Андреев³³, 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

³³ 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, лишённая 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 Лорианом³⁴. Многие из этих явлений проанализированы в книгах С.Паркинсона³⁵ 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.

³⁴ См.: Райт Дж. П. „Дженерал Моторс“ в истинном свете: автомобильный гигант - взгляд изнутри / Пер. с англ. - М.: Прогресс. 1986.

³⁵ 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 Японии³⁶, Англии³⁷ и других странах. Исключительно интересной оказалась книга американских исследователей Т.Питерса и Р.Уотермена³⁸, 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 третьестадное 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

³⁶ См.: Пронников В.А., Ладанов И.Д. Управление персоналом в Японии / Очерки. - М.: Наука. 1989.

³⁷ См.: Цзе К. К. Методы эффективной торговли. - М.: Экономика. 1988.

³⁸ 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 мэньюфэкчуринг 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»³⁹;

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 третьеступное.

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

³⁹ 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»⁴⁰ 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, на зубок 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

⁴⁰ См.: Медведев Г.У. Чернобыльская хроника. - М.: Современник. 1989.

позиций ТРИЗ является признание принципа универсальности 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 НАУКИ⁴¹

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.

⁴¹ Краткие аннотации обращают внимание читателей на главы и разделы, которые оответствуют теме настоящей книги.

Книга двух опытных специалистов по ТРИЗ излагает основы ТРИЗ и посвящена практике ее применения. Большой интерес с точки зрения подход 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 эшешения 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 зешений 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 неприятию 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.