Ю.П.Саламатов

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ИМ-ТРИЗ-ТЕХНОЛОГИИ
(доклад на выставке-симпозиуме "Изобретающая машина", Минск,19-21 мая 1992 г.)

1.Введение.
2.Основной метод и содержание ТРИЗ как науки.
    2.1. Краткая историческая справка.
    2.2. Принципы, идеология и основной метод науки ТРИЗ как БЗ для ИМ.
    2.3. Место ТРИЗ в общей схеме совершенствования техники.
    2.4. Область притязаний ИМ-ТРИЗ-технологии.
3.Современное состояние ИМ-ТРИЗ-технологии: исследования и разработки.
    3.1.ТРТС.
    3.2.ФСА.
    3.3.ФП.
    3.4.Исследования за рубежом.
    3.5.ИМ-АРИЗ.
    3.6.Принципы построения дидактической системы ИМ-учитель.
4.Цели и задачи развития ИМ-ТРИЗ-технологии.

1.ВВЕДЕНИЕ.

ИМ-технология одержала безусловную победу на рынке, в сфере образования, в области рекламы и научно-популярных публикаций...

Это не случайная победа: соединились два интереснейших направления современной науки - технология творчества и компьютерная технология. С помощью клавиатуры ИМ вы общаетесь с коллективом изобретателей высочайшего класса - именно их опыт заложен в базу знаний ИМ. Таким образом ИМ представляет собой рабочее средство для преодоления границы вашего интеллекта с целью расширения творческих возможностей и управления обьективными процессами в технике.

Вместе с успехами ИМ-технологии возникли серьезные трудности в ТРИЗ-движении.

До ИМ ТРИЗ развивалась совершенно иным способом: был сильный лидер, руководитель целого научного направления, оформившегося в ОЛТИ (Общественная Лаборатория Теории Изобретательства), руководитель координационного общественного совета школ ТРИЗ (методика преподавания и организация учебных семинаров), организатор массовых компаний по публикациям и издательской деятельности - а в целом: по разработке и внедрению ТРИЗ. Речь идет, разумеется, об одном человеке - Г.С.Альтшуллере.

Сегодня ТРИЗ переживает тяжелое, может быть критическое время. В обществе резко снизился интерес к творчеству, изобретательству. После того, как ушел от

активной деятельности руководитель ТРИЗ-движения, прекратилась координация исследовательских работ, методических разработок и преподавания. В настоящее время школы ТРИЗ разрознены, их количество резко сократилось, а практически работают всего 2-3. Инерция, набранная в предыдущие годы, пока еще дает энергию движению вперед, хотя многие, зациклившись на старых идеях и разработках, ходят по кругу, а не двигаются вперед... В ЧОУНБ, например, накопилось около 2000 работ, статей, рукописей - они никем не обобщаются, не оцениваются - полный самотек и самодеятельность; т.е. нет целевых обзоров по разделам, нет предложений по перспективе развития теории - отсюда слабость 90% разработок и концептуальная пустота еще 9% (из оставшихся 10%)...

Ассоциация ТРИЗ не осуществляет функцию координации, да и не в состоянии этого делать..

Между тем, в ТРИЗ осталось множество белых пятен, неисследованных и недостаточно понятых проблем и разделов. Да и в целом теория, пока что, не представляет собой цельную хорошо структурированную базу знаний. Самодвижение науки заставляет искать новые пути разработки теории. Сегодня НИЛИМ новый лидер, центр ТРИЗ, где ведутся самые серьезные исследования по ИМ-ТРИЗ-технологии; основное направление исследований развитие ТРИЗ как базы знаний для автоматизации процесса решения изобретательских задач.

Мощный исследовательский центр, созданный в Минске, позволит в ближайшем будущем совершить качественный скачок в исследованиях планируется переход к системам искусственного интеллекта нового поколения.

В ходе этих работ идет интенсивная проверка степени разработанности, истинности, зрелости всех разделов ТРИЗ - базы знаний новых компьютерных систем. Вскрываются новые пласты теории, по-новому представляются некоторые разделы, четко проявляются недостатки, недоработки, становятся видными перспективы развития теории изобретательства.

2.ОСНОВНОЙ МЕТОД И СОДЕРЖАНИЕ ТРИЗ КАК НАУКИ.

2.1.Краткая историческая справка.

Первая публикация по ТРИЗ появилась, как известно, в 1956 г. в журнале "Вопросы психологии" № 6 - статья "*О психологии изобретательского творчества*" и речь в этой статье шла не столько о психологии, сколько об обьективных закономерностях развития техники. Здесь же была приведена первая программа (из 10 пунктов) управления процессом изобретательства, которую через два десятилетия назвали АРИЗ-56; программа эта являлась, в некотором роде, обобщением опыта предыдущих исследователей творчества, и, может быть поэтому, была в сильной степени декларативной.

Да и сам автор говорит,что АРИЗ-56 это еще не алгоритм и даже не программа, а перечень этапов решения задачи (аннотация книги, но не сама книга). АРИЗ-56 построен с оглядкой на опыт великих изобретателей, анализ патентного фонда еще не стал главным инструментом конструирования АРИЗ. Оперативная часть сходна с синектикой расчет - на аналогию (прежде всего на использование природных прототипов).

Однако уже в первой публикации была и принципиальная для исследователей технического творчества новизна - **ТП**. Понятие **технического противоречия** было взято из передовой на то время идеологии - философии М-Л; это не шутка, идеология впитала в себя многие неглупые мысли предшественников. Автором ТРИЗ, собственно говоря, была использована единственная часть этой философии - *диалектика*, а если еще точнее - мысль о ней, высказанная еще *Аристотелем;* мысль эта проста - *каждый предмет имеет множество свойств, в т.ч. противоположные, образующиеся противоречия надо разрешать*...

Итак, **первый АРИЗ** включал в себя следующие пункты:

- *выбор задачи (ВЗ),*
- *техническое противоречие (ТП)*,
- *приемы (Пр)* разрешения ТП (поиск типичных в природе и технике, новые приемы изменение в системе, во внешней среде, в сопредельных системах); сами приемы не были приведены,
- *изменение ТС* (ответ на изобретательскую задачу).

АРИЗ-59: **ВЗ** → **ИКР** → **ТП** → **Пр** (детализация) → **изменение ТС**

Появился второй, принципиально новый для области исследования творчества, элемент программы - ИКР.

ИКР - ориентир, конечный пункт программы, цель, к которой следует стремиться при решении задачи.

Об идеальном решении говорил американский исследователь творчества Рассел Акофф (Пенсильванский университет), но мне неизвестно был ли он первый. Томас Арцишевский (Университет Уэйн, Детройт) в своей статье об АРИЗ-77 упоминает о первой работе по идеальным системам некоего Надлера и указывает, что Альтшуллер видимо не знал об этой работе.

АРИЗ-61: **ВЗ** → **ИКР** → **ТП** → **Пр** (все более подробные) → **изменение ТС**

АРИЗ-64: **ВЗ** (прямая, обходная) → **ИКР** → **ТП** → **Пр** (1-я таблица) → **изменение ТС и ее окружения**

АРИЗ-65:

ВЗ → **ИКР** → **ТП** → **Пр** → **изменение ТС и ее окружения**

(35 приемов, таблица 16 х 16)

АРИЗ-68 .: **ВЗ** → **ИКР** → **ТП** → **Пр** → **изменение ТС и ее окружения**

(35 приемов, таблица 32 х 32)

Изменилась часть ВЗ:
- что менять,
- обходной путь,
- прямая или обратная задача,
- что требуется получить,
- уточнить условия (патентная литература, прообраз оператора РВС, отказ от терминов).

Причина изменения части ВЗ - большое число ошибок из-за неправильного выбора задачи, неумения выделить главную задачу, психинерция терминов. Т.е. если на предыдущих шагах развивалась решательная часть (приемы), то здесь пришла пора "подтянуть" постановочную часть и снизить влияние психологических факторов.

АРИЗ-71: **ВЗ** → **ИКР** → **ТП** → **Пр** → **изменение ТС и ее окружения**

(35 приемов, таблица 39 х 39)

Из предисловия:
- трудно было в 68-м однозначно сформулировать ИКР,
- появился оператор РВС (в окончательном виде),
- введена новая часть - предварительная оценка найденной идеи решения,
- уточнена и расширена таблица устранения ТП.

Появились элементы системного анализа - схема развития ТС.

Изменения части ВЗ:
- определить конечную цель решения,
- обходной путь с использованием системного анализа,
- выбор прямой или обходной задачи,
- указать количественные показатели.

Уточнение условий задачи (исходной ситуации):
- по патентной литературе,
- оператор РВС,
- использование не-терминов,
- выбор наиболее изменяемого элемента.

Впервые ИКР начинает формулироваться по форме (шаблону) со словом "сам".

Итак, в первых семи модификациях АРИЗ фигурируют приемы, они занимают важное место в решательной части программы; предыдущие шаги направлены на все более лучшее препарирование задачи, ее подготовки для применения приемов.

В дальнейшем приемы исчезли из АРИЗ - это не случайно:

- программа стала настолько радикально и вместе с тем тонко обрабатывать задачу, что решательной мощности приемов стало не хватать для получения сильных ответов,
- появилось понятие физического противоречия - именно на его выявление было направлено острие АРИЗа,
- появились и новые механизмы решения.

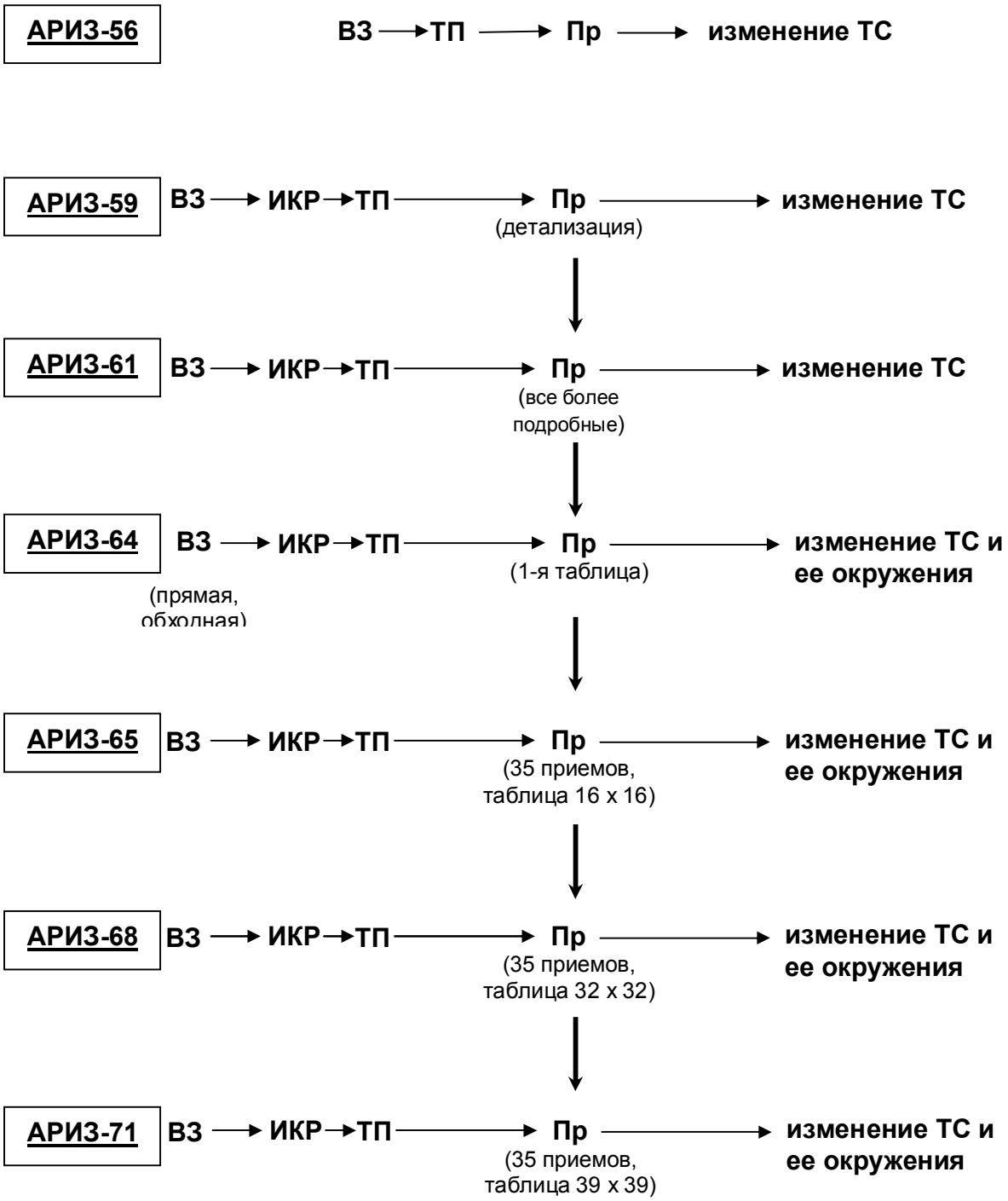


Рис.1. Фрагмент линии развития АРИЗ.

- *Как возникла ТРИЗ?* У автора появилось стремление решить некую задачу, он затрачивает большие усилия, много времени - наконец задача решена; вывод: перебор вариантов это чрезвычайно неэффективный путь. Еще несколько задач... Растет ненависть к МПиО. Надо искать приемы и правила решения ИЗ. Оказывается: их почти нет; есть разрозненные - у многих авторов - приемы, рекомендации, все перепутано - одни приемы направлены на мышление человека, другие - на совершенствование техники. Появляется мысль о научном анализе:
- берем решенную задачу,
- смотрим как она была решена,
- что изменилось в ТС,
- какой прием .применен.

Выделено несколько новых приемов. Много задач - много приемов ., следует отобрать наиболее сильные и характерные; совместная работа приемов еще более эффективна - система приемов .. Несколько приемов работают в одном направлении, развивают ТС в определенную сторону - появляется мысль о законах ., а затем о системе законов .. Новый виток анализа задач - задачи с физикой, приемы с физическим уклоном .; много задач "с физикой" - указатель ФЭ .. Законы плюс приемы, плюс некоторые ФЭ - стандарты ....

Само развитие ТРИЗ, как науки, было закономерно - одно вытекало из другого, под действием претензий (неудач при решении задач) развивались механизмы решения, появлялись новые...

Возьмем, например, Александра Леонидовича Чижевского: как происходила выработка концепции гелиобиологии, космической биологии? До него уже была идея о влиянии Луны на земную жизнь; А.Л. выдвигает следующую идею - Солнце также влияет на жизнь, но в еще большей степени; расширяет идею - полная взаимосвязь жизни Земли с деятельностью Солнца; проверка гипотезы, много подтверждений, но есть и расхождения - накладываются социальные условия; обрушивается сильная критика со стороны вульгарных социологов; ученый все глубже уходит в исследование подсистем организма - до частиц крови, бактерий (во время отсидки в лагере); создана теория прогнозирования на основе взаимосвязи солнечной активности и эпидемий... Развитие научных теорий - во многом схожий процесс.

2.2. Принципы, идеология и основной метод науки ТРИЗ как БЗ для ИМ.

Традиционное мышление чрезвычайно консервативно, тысячелетиями в сознании закреплялся единственный метод - МПиО. Лишь очень небольшая часть людей обладает склонностью к *диалектическому мышлению*. Необходимо сделать его доступным каждому. Это основная цель ТРИЗ - новой технологии творчества.

ТРИЗ содержит не только **стратегию** (*общие закономерности развития техники*), но и **тактику** (*методы и приемы разрешения противоречий*). Кроме того, учитываются особенности применения "орудия", которым пользуется изобретатель, а это орудие весьма своеобразно - мозг человека. При правильной организации

творческого процесса используются сильные стороны человеческого мышления - *воображение, фантазия*, гасятся мешающие свойства мышления - *психологическая инерция.*

Жизнь полна неожиданностей. Мы постоянно сталкиваемся с проблемами, которые надо решать. Решаем мы их двумя способами:

- **по стереотипу** .(правилу, рецепту, готовому ответу), если он есть, конечно;
- **методом проб и ошибок** .(перебор вариантов решения), если готового рецепта нет.

Пример на использование стереотипа решения.

В лаборатории НИИ сельского хоз-ва исследовали новые способы интенсивного выращивания растений и нужно было определять площадь поверхности листьев (для сравнения процессов фотосинтеза при разных способах выращивания). Требовалась идея как это делать быстро и точно?

Сработал стереотип: измерять на милиметровой бумаге; после окончания эксперимента по выращиванию с растения обрывали листья, укладывали их плотно друг к другу на большой формат милиметровой бумаги и подсчитывали общую площадь.

Некоторое время этот способ удовлетворял, но вот потребовалось определять площадь листьев нескольких сотен растений одновременно, а главное точнее (без лишней площади зазоров между уложенными листьями). Требовался способ, позволяющий определять площадь листьев быстро и точно. Как быть? Готового стереотипа в головах исследователей не было и задача надолго затормозила эксперименты...

Пример на МПиО.

Во время войны, металлургический завод, допустили оплошность - домна остыла и образовался "козел" в домне - куда его девать?! А главное - как побыстрее это сделать, чтобы "органы" не успели заинтересоваться происшествием.

Перебрали два десятка идей, ни одна не осуществима; нет техники для погрузки и вывозки слитка, нет такой подкатной тележки, нет мощных тягачей... Наконец пришла в голову удачная идея: решили, раз нельзя вывезти - оставим его тут же в цехе; рядом с домной вырыли яму, частично разобрали стенку домны, перевернули "козла" в яму и засыпали. К утру утрамбовали пол, восстановили стенку и разожгли домну...

Но наиболее сложными проблемами являются ситуации третьего типа, когда вам требуется найти решение удовлетворяющее двум противоположным требованиям. В этом случае и метод проб и ошибок (МПиО) не помогает, т.к. **все** варианты решений представляются вам невозможными!

Пример на техническое противоречие.

Фильтр для очистки авиационного топлива при заправке самолетов. Для того, чтобы задерживались частицы как можно более мелкие ячейки сетки фильтра должны быть как можно меньшего размера, но при этом резко возрастает гидравлическое сопротивление, падает производительность; если же увеличить размеры ячеек сетки для снижения гидравлического сопротивления, то проскакивают крупные частицы загрязнений. Как быть?

Здесь сильное, но, в общем-то типичное, ***техническое противоречие***. Необходимо разрешать его, т.е. удовлетворять обоим противоположным требованиям: ячейки должны быть маленькими, но при этом и сопротивление должно быть маленьким (а расход топлива достаточно большим).

Кто-то может сформулировать задачу с противоположной стороны: ячейки должны быть большими, но при этом задерживать даже мелкие частицы.

Такие формулировки правомерны и решение задачи может идти по любому из этих направлений - главное, чтобы противоречие было разрешено, а полезная функция системы увеличена.

Возможные ответы: по первому направлению нужно активизирвоать отверстия в сетке, надо, чтобы они не только задерживали загрязнения, но и проталкивали жидкость через себя - наложение УЗ-колебаний на сетку, решение внедрено (журнал "Авиационная пром-сть"); по второму направлению надо активизировать частицы, чтобы они сами не проходили через большие отверстия в сетке –
наложение электостатического поля на сетку, электризация частиц, слипание, укрупнение.

Такое же противоречие содержится в задаче об измерении площади листьев:

- если взять несколько сотен листов милиметровой бумаги, разложить на них листья растений, то их площадь будет определена быстро, но не точно;
- если же определять площадь каждого листика и затем суммировать общую площадь по каждому растению, то определение будет точным, но очень медленным.

Исследователи пошли привычным путем - МПиО. Перерыли массу литературы, безрезультатно. Однажды, одному из сотрудников попалась книга о Галилее, там описывался найденный им способ решения одной научной задачи: когда он понял какую кривую описывает точка окружности, катящейся без скольжения по неподвижной прямой, - он назвал ее циклоидой, - ему потребовалось сравнить площадь арки циклоиды с площадью образующего ее круга. Г.Галилей остроумно решил задачу: он вырезал круг и арку циклоиды из картона, взвесил их и установил, что арка втрое тяжелее круга (следовательно и площади их также соотносятся).

Кстати, тот же прием решения впоследствии применил знаменитый астроном и геофизик Эдмонд Галлей для определения площадей английских графств: он вырезал их из карты и взвесил.

Исследователи передовой сельскохозяйственной науки поступили точно также[1]: из листа растения вырезали квадратик заданной площади, взвешивали его, затем взвешивали кучу листьев первого растения, второго...

Способом успешно пользовались много лет, до тех пор, пока не изменились условия экспериментов: потребовалось измерять площадь листьев не после, а в течение эксперимента, т.е. листья срывать нельзя, а площадь требуется определять точно, быстро и без порчи растения.

В 1987 г. появилось а.с. 1 259 980 - способ определения фотосинтетической поверхности растений, по которому растение покрывают сферическим электродом, вторым электродом касаются стебля, электроды включены в одно из плеч моста переменного тока и по вольтметру определяют емкость конденсатора "растение - сферический электрод".

2.3. Место ТРИЗ в общей схеме совершенствования техники.

Как сегодня создаются новые технические системы? - рис.2.

До сих пор блуждает в популярных изданиях мысль о том, что у нас есть 1,5 млн изобретений - вот освоить их... начать их промышленное освоение - хватит на десятилетия, мы - страна богатая идеями...

Это очень большая глупость! Избыток идей миф. Новых и ценных идей почти нет.

Приведем небольшой расчет.

4-я редакция МКИ содержит 8 разделов, 118 классов, 614 подклассов, 6701 групп, 51 395 подгрупп. Иными словами существует примерно 52 тыс. технических систем обьектов изобретательства.

В последние пять лет в среднем в год выдавалось 87 тыс а.с., т.е. 1,63 изобретения на 1 техническую систему. Много это или мало?

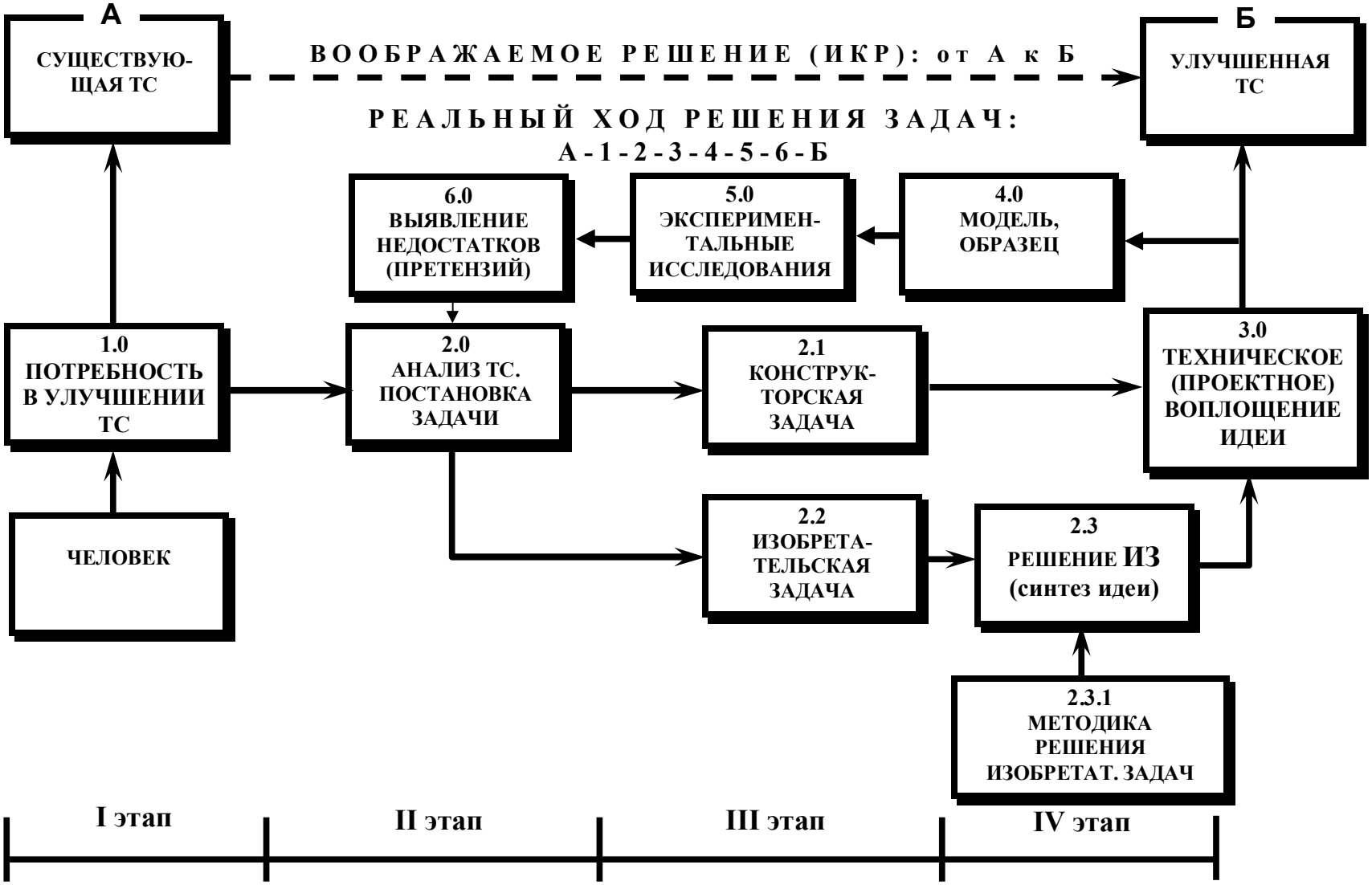
По среднемировой статистике на каждое новое изделие, метод или процесс требуется 540 идей (539 отсеиваются, одна внедряется).

Итак, для получения 540 идей по каждой ТС нам надо ждать 540/1,63 = 331 год.

---

[1] **Томилин В.Ф., Лукьянов В.М. Быстрое определение площади листьев у яблони. Вестник с/х науки, 1972, N 2, с.107-108**

Рис.2 СХЕМА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (СИНТЕЗА И РАЗВИТИЯ) ТС



Без IV этапа Вы никогда не будете первыми в технике.
Если Вы решаете задачу медленнее, чем кто-либо в мире, то ее не надо решать.
В технике нет вторых, третьих, четвертых мест. Есть только два места: первое и последнее.

Но идеи бывают разные, слабые и сильные, имеют разную "цену". Образно говоря, на одну ТС можно иметь 540 идей по цене 1 рубль за штуку, или 6 идей по цене 100 рублей каждая, а еще лучше одну идею ценой 540 рублей! Одна идея - и задача решена. Т.е. одна идея - и техническая система развилась, сделала крупный шаг в увеличении своей полезной функции.

Вот этим производством сильных идей и занимается ИМ-ТРИЗ-технология.

Знакомясь с ИМ-ТРИЗ-технологией вы получите методы решения изобретательских задач без использования МПиО. Здесь целая система инструментов, разработанных в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Эффективность любой теории проверяется на практике. Вы сможете оценить ее эффективность на себе - сравните ваши ответы по задачам в начале и в конце работы с ИМ.

Итак, в основе сильных решений лежат понятие ТП и способы его разрешения. Откуда берутся ТП? Обратимся к схеме (рис.2).

При совершенствовании ТС возможны следующие варианты ситуаций, с которыми сталкивается изобретатель:

- изобретатель, например, утверждает, что для того, чтобы проблема (Х) исчезла, необходимо действие одного объекта на другой объект усилить; удалить; ослабить; регулировать; если ему задать вопрос: Знаете ли вы как усилить/ослабить/удалить/ регулировать это действие? то возможные ответы:

- если он отвечает "да", то каким образом изменится схема взаимодействий в ТС? - появятся ли при этом обьекты или действия, вызывающие недовольство изобретателя?

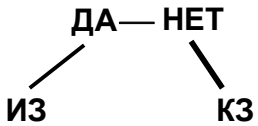


Рис.3. Схема выхода на конструкторские и изобретательские задачи.

Есть недовольство - изобретательская задача, нет недовольства - конструкторская задача.

Т.е. при появлении в ТС места (узла, детали), в котором наши желания не совпадают с реально существующими техническими возможностями, появляется

изобретательская задача. Несовпадение требований человека к функционированию ТС и функциональных возможностей ТС - это и есть ТП.

Поскольку техника постоянно развивается из-за постоянно возрастающих потребностей человека (т.е. его претензий к ТС), то происходит постоянное возобновление ТП - на каждом новом уровне развития ТС.

Что такое совершенствование ТС? - это увеличение ГПФ, уменьшение М,Г,Э, исключение какого-либо недостатка, мешающего выполнению ГПФ. В идеале системы не должно быть, а функция должна выполняться.

Идеальность, идеальные системы - это предел совершенствования ТС, цель конечного развития техники, направление пути развития ТС. На этом пути к идеальности и возникают ИЗ - КЗ.

Конкретные механизмы развития ТС в направлении увеличения степени идеальности должна раскрыть ***теория развития технических систем.***

2.4. Область притязаний ИМ-ТРИЗ-технологии.

Периодически возникают и довольно горячо обсуждаются вопросы, связанные с областью притязаний ИМ-ТРИЗ-технологии:

- для кого она предназначена,
- какие функции должна выполнять,
- какого типа задачи должны решаться с ее помощью,
- что должно быть на ее "выходе" - идеи?, конкретные технические решения? или конструкции и технологические режимы?.

Короче говоря: где грань между изобретательскими и конструкторскими задачами и должна ли она строго соблюдаться? От ответа на этот вопрос зависит направление развития ИМ-ТРИЗ-технологии.

В основе ИМ лежит база знаний ТРИЗ и ничего больше (пока). По сути, ИМ лишь компьютерное переложение (без изменений) части этой БЗ и, пока что, нет предпосылок для расширения БЗ путем захвата соседних "территорий" (областей знания), например, инженерного конструирования (дизайна), которое неизбежно связано с необходимостью технико-экономического обоснования при выборе конкретного материала для технических систем, а также с необходимостью экспериментального исследования потребительских и технологических качеств будущей системы (товара).

Напомним область распространения ТРИЗ (область притязаний БЗ):

- дать инженеру методику (систему методик - теорию) успешного и быстрого решения (нахождения идеи, не противоречащей современным научным представлениям) изобретательских задач (т.е. творческих задач в технике);

- творческие задачи - те, которые не решаются обычными (тривиальными, известными каждому инженеру, специалисту) методами;
- четкий критерий творческих (изобретательских) задач - противоречие между требованиями человека при совершенствовании ТС (его желанием увеличить, или получить новую, полезную функцию) и недостаточными (отсутствующими) возможностями материального мира (природы, техносферы);
- смысл решения ИЗ - получение новой (или увеличенной старой) функции путем создания нового системного свойства (качества); системное свойство всегда есть производное от свойств элементов системы (подсистем, деталей, веществ);
- зная свойства элементов (в т.ч. и веществ-материалов) можно с той или иной степенью точности прогнозировать появление требуемых системных свойств технических функций.

Таким образом, процесс получения идеи изобретения включает два неразрывных звена:
- приемы (принципы, способы) синтеза и преобразования систем, т.е. методы направленного манипулирования мышлением инженера с целью получения в ТС нужных функций,
- знания о свойствах материальных обьектов (предметов, состояний, процессов), могущих дать при направленной их комбинации новое системное качество (функцию).

Последняя по времени дискуссия об области притязаний ИМ-ТРИЗ-технологии развернулась в связи с предложенным лаборатории проектом системы "ИМ-материалы", поэтому рассмотрим данный вопрос под этим углом зрения.

Определим область БЗ (ТРИЗ-ИМ) на приведенной выше схеме совершенствования ТС (рис.2).

Необходимо отметить, что это общепринятая во всем мире (за исключением ИМ-ТРИЗ-технологии) реальная схема совершенствования техники. Здесь она представлена в сокращенном виде только два круга:
- изобретательский (А – 1 - 2 - 2.2 - 2.3 - 2.3.1 - 2 2.1)
- конструкторский (А – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 - Б)

Есть еще один многое определяющий круг - производственно-потребительский: именно в нем формируются основные претензии к ТС, заставляющие ее изменяться и совершенствоваться; и именно здесь определяются запреты и ограничения на применение тех или иных материалов (веществ), элементов, конструкций и технических решений; именно в этом круге решается судьба изобретений - остаться на бумаге или материализоваться в техносфере.

Где в этом процессе совершенствования техники требуются знания о материалах и какие это должны быть знания?

В принципе - везде, на всех стадиях разработки новой техники. Но следует помнить о громадных обьемах этих знаний, о невозможности быстрого подбора справочных данных и еще большей невозможности быстрого просмотра и анализа массива этих данных. Разумнее иметь на каждой стадии разработки некий **необходимый и достаточный** обьем знаний о свойствах материальных обьектов (веществ и полей, эффектов и явлений, технических устройств и деталей).

С этой точки зрения можно определить обьемы знаний по этапам разработки следующим образом:

- **1-й этап: изобретательский**. Знание феноменологии вещественно-полевых структур, эффектов и явлений на качественном уровне с основными граничными условиями; основа БЗ - естественно-научные отраслевые знания с обязательным включением разделов конкретного их применения в изобретательской практике, выявленных при анализе мирового патентного фонда; блоки информации по развитию вещественно-полевых структур в технических системах (примеры: феноли, КПМ, озон).
- **2-й этап: конструкторский.** Справочные сведения об основных свойствах материалов, характеристиках конструкций, деталей и узлов, режимах обработки, особенностях эксплуатации, технико-экономических показателях, эргономических, экологических и токсикологических свойствах, и т.д.
- **3-й этап: экспериментальный.** Знание свойств и особенностей результирующих процессов совместной работы веществ, полей, природных факторов, их совместимости, реакционноспособности, сведения о согласованности-рассогласованности свойств и характеристик; методика исследования и разгадывания вредных и побочных проявлений, выявление новых эффектов и необычных функциональных возможностей.
- **4-й этап: производственно-потребительский.** То же, что и для 3-его этапа плюс методика выявления потребностей и путей развития ТС для удовлетворения новых функциональных запросов потребителя.
- **5-й этап: постановки задач**. .Методика формулирования новой ГПФ, анализ ТС с позиций закона увеличения степени идеальности; выбор одного из четырех путей решения: *устранение недостатка, увеличение ГПФ, уменьшение М,Г,Э, обеспечение появления новой функции в ТС*.

Главная особенность всех этапов - постоянная смена материалов. Это почти 100%-ная закономерность технического развития. Материал (вещество), найденный при решении изобретательской задачи, *как правило*, заменяется на другой или близкий при конструировании (из-за учета массы факторов, влияющих на данную отрасль и производство); игра этих факторов иногда столь причудлива, что в итоге может применяться материал не только не выполняющий ГПФ на 100% (главная цель изобретательства), но и не отвечающая идеалу потребительских качеств (главная задача конструкторов).

Производство накладывает еще более жесткие претензии к материалу - начиная со стадии экспериментального и опытного выпуска продукции (где материалы

меняются из-за выявленных вредных эффектов) и кончая коньнктурными заменами матералов в серийном выпуске.

Вывод. Знание свойств и характеристик материалов на стадии изобретательства и выбор на их основе удовлетворяющего условиям решения задачи конкретного материала (до марки и технологии его получения) не обязательно и излишне.

Стоит ли распространять ИМ на конструкторские задачи? Это специальная область, требующая исследования, создания БЗ, анализа, отработки и пр.. Есть ли время и необходимость в такой работе. Вряд ли. Еще очень мало сделано в изобретательской области - воплощены всего три, не самые главные!, подсистемы (ИМ-П, ИМ-С, ИМ-Э), нет АРИЗ, ЗРТС и т.д., нет единого входного блока...

Все же, сама возможность "выдать" ответ по поставленной задаче не просто в виде идеи с указанием некоего (пусть и не вызывающего сомнения в его существовании) вещества, а в виде точного указания марки и свойств материала, почему-то выглядит привлекательной для определенной группы пользователей ИМ. По-видимому, это можно обьяснить стремлением наиболее экономным способом убедить скептиков (которые всегда есть и должны быть - это естественный процесс) в реальности новой идеи, в возможности ее осуществления. Но, как мы знаем, при осуществлении идеи материал неоднократно меняется и, поэтому, марка материала в принципе не может быть аргументом в споре - это всего лишь подмена предмета спора. Ценность идеи не в 100%-ной осуществимости (почти все изобретения 1-го уровня безусловно осуществимы), а в величине рывка по линии увеличения ГПФ системы при непротиворечивости идеи современным научным представлениям.

Этот рывок характеризуется той или иной степенью **новизны** (это никому раньше не приходило в голову), **полезности** (для человека, в широком смысле - для цивилизации) и **действенности** (обобщенный показатель, характеризующий величину получаемого человечеством выйгрыша времени при внедрении изобретения, т.е. увеличения количества действия в единицу времени; выйгрыш времени - это результат экономии человеческого труда и сокращения массы, габаритов, энергоемкости (М,Г,Э) технических систем).

А, все-таки, существует ли класс задач на поиск материалов?

Мною подготовлен блок задач для новой книги по ТРИЗ, всего 186 задач, по всем разделам ТРИЗ, отбор производился (в основном) по патентному фонду последних 2-3 лет. Представляет интерес структура этой подборки с точки зрения обсуждающегося здесь вопроса.

Достоинства и недостатки такой подборки (рис 4):

1) Изобретения отобраны специалистом по ТРИЗ, для разделов ТРИЗ; стихийное изобретательство намного шире, пользователи ИМ не обязаны знать ТРИЗ, хорошие изобретения не обязательно получены по правилам ТРИЗ.

2) В подборке только сильные изобретения, а именно ради таких и стоит создавать интеллектуальные системы; простенькие изобретения на применение материалов и веществ не являются изобретениями (это неизобретательские изобретения 1-го уровня), поэтому нельзя ориентировать на них будущую систему.

Таким образом, класс задач на поиск материалов, если и существует, то он очень небольшой. Но главное не в этом.

Свойства вещества .проявляются под действием поля .. Значит нужен справочник не по веществам (материалам), а по В-П-структурам. Проявление же свойств вещества - это получение какого-либо изменения, действия, т.е. это эффект, явление. Поэтому нужен справочник эффектов .с указанием свойств веществ. Кроме того, необходимо знать технические функции эффектов ., ведь только их и используют для синтеза и развития систем. Итак, для решения ИЗ необходим хороший Указатель эффектов - он давно разрабатывается в ТРИЗ, но, к сожалению, пока не найдена его оптимальная структура.

Распределение задач по классам	Кол-во	%
Решение найдено по приемам, стандартам, ЗРТС, вепанализу; никаких особых веществ и полей не потребовалось.	80	43,0
Для решения необходимо и достаточно было использовать эффект (ФЭ,ХЭ,ГЭ), его свойства и особенности применения (биметалл, ферромагнетик, теполь, фазовые переходы, химэффекты, геометрические изменения)	92	49,5
То же, но феноменология эффекта выражалась в свойствах конкретного вещества (нитинол, сегнетоэлектрик, и пр.).	8	4,3
Требовалось знание точных свойств материала (оптическое волокно, фермент фотосинтеза, дозиметр на монокристалле и пр.)	6	3,2
ВСЕГО:	186	100%

Рис.4. Пример распределения задач по классам.

Примеры

- В конце анализа задачи по АРИЗ пришли к формулировке ФП: необходимо вещество с плотностью во много раз больше 1, но не тонущее в воде. Никакая таблица "легкоплавающих веществ" не поможет найти ответ. [Контр. ответ: вибрация жидкости в определенном режиме, плавающие тела определенной формы]. Использована феноменология физэффекта.
- Задача о разгоне шарика: необходимо вещество, мгновенно сжимающее шарик во время удара гиперволны это ВВ; несомненно такие вещества есть, это знает даже эксперт ВНИИГПЭ; зачем ну жен справочник по ВВ-веществам? Достаточно феномена ВВ
- Вепанализ и стандарты подсказывают, что нужно вещество меняющее свой цвет в таком-то диапазоне температур. Это феноменология фотохромного (термохромного) эффекта - идея решения найдена. Однако неизвестно, есть ли вещества-фотохромы устойчиво работающие при данной температуре. Обращаемся к Указателю эффектов, раздел ФХМ, там должны быть указаны границы применения эффекта и даны примеры веществ. Для оформления патента этого достаточно .. Для продажи патента, лицензии, ноу-хау требуется совсем другая работа (и очень большая!), но причем здесь ИМ-ТРИЗ-технология?! Наша область исследований и коммерческих интересов область идей и предсказаний...
- Изобретатель столкнулся с, казалось бы, неразрешимым противоречием: задача будет решена, если удасться передать тепло по металлическому стержню на расстояние 2 метра за 0,5 с; требуется материал с таким свойством, но нет таких материалов, система "Материал" здесь бесполезна - требуется использование специально организованных вещественно-полевых структур, например, *тепловая труба*, передача в вакууме по ИК-каналу и пр.
- Требуется предложить способ маркировки бриллиантов с целью предотвращения краж или, хотя бы, с целью безусловной их идентификации при обнаружении краденных алмазов (в т.ч. в переделанных украшениях, обточенных алмазов и пр.). Ясно, что нужно преобразование алмаза (материала) под действием какого-то поля для того, чтобы оставить метку и нельзя этого делать, чтобы бриллиант не потерял своих ювелирных качеств. [Контрольный ответ: ионная имплантация + электризация].

3.СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИМ-ТРИЗ-ТЕХНОЛОГИИ: ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

3.1. ТРТС.

Основой ТРТС является система законов, сформулированных в ТРИЗ. Закономерности развития техники не зависят от воли человека - они объективны, а значит и познаваемы.

Цель теории - разработка алгоритма прогнозирования развития технических систем; основной метод создания теории историко-технические исследования по первичным (патентным) материалам. Задача исследований на современном этапе заключается в углубленном анализе всех этапов развития конкретных технических систем для

выявления направленности и внутренней структуры общего механизма развития техники.

Системно-диалектический подход к особенностям и механизму развития техники позволит, в конечном итоге, получить целостную картину эволюции технических систем, что в свою очередь даст возможность перейти к созданию рабочего аппарата прогностического развития техники. Причем ТРИЗ (АРИЗ, вепольный анализ, информационный фонд, система стандартов) будет играть наиболее существенную роль в процессе последовательного решения цепочки задач по развитию (идеализации) технических систем.

Центральной проблемой ТРТС является задача выработки общей концепции развития технических систем, которая объединяла бы в единую иерархическую систему известные законы и выявленные в последнее время тенденции развития техники. Основой такого объединения, стержнем развития, следует, по-видимому, считать закон увеличения степени идеальности. Определяющая роль этого закона видна во всех инструментах современной ТРИЗ.

В чем трудности составления **АРТС (алгоритма развития технических систем)**? Главная причина в неполноте и недостаточной структурированности базы знаний по ЗРТС:

1) Явная количественная недостаточность законов, правил и эвристик для такой огромной области знаний как Технические Системы; пока сформулированы лишь 9 законов.
2) Сильная качественная неоднородность законов; часть из них декларативны (закон неравномерности развития), другие неинструментальны (закон увеличения степени вепольности), третьи лишь указывают направления развития (законы перехода в надсистему и с макро- на микро-уровень).
3) Отсутствует методика определения этапа развития конкретной ТС с целью прогнозирования дальнейших шагов развития и преобразования частей ТС.

Главная трудность в совершенствовании базы знаний по ЗРТС - необходимость аналитического охвата огромного (необьятного!) обьема информации по техническим системам. Законы выявляются при анализе больших групп фактов (изобретения из патентного фонда, историко-технические исследования).

Однако в технике законы действуют как стихийная сила и никогда нет уверенности, что в отобранную группу фактов (малый осколок действительности) попали устойчивые, не случайные и существенные системные отношения. Поэтому познание законов вынужденно идет методом последовательного приближения: отбор сильных изобретений (технических решений), выявление приемов разрешения технических противоречий, выделение устойчивых сочетаний, приемов и физэффектов, а затем стандартных шагов в развитии технических систем. На всех этапах исследования невозможно исключить субъективные факторы (вкусовой подход, индивидуальность оценки, отсутствие количественных критериев).

Единственный всеобъемлющий качественный критерий прогрессивности изменений в развитии любой технической системы - идеальность ; повышение степени идеальности - ориентир в безбрежном море информации о техносфере. Главенствующая роль закона идеализации ТС видна во всех механизмах ТРИЗ и именно этот закон определяет наиболее общие тенденции развития техники. В сущности, все остальные законы являются конкретными воплощениями этого главного закона на разных стадиях развития ТС.

Методика выявления закономерностей развития техники путем анализа больших массивов информации состоит в следующем.

1. Подбирается блок информации по одной ТС. Блок должен содержать исчерпывающую информацию обо всех особенностях и перипетиях развития данной ТС - от момента возникновения ее прообраза, до момента синтеза классической схемы ТС (закон полноты частей системы, период массового применения) и далее до самых последних патентов.
2. Отбор значимых единиц информации и выстраивание их в непрерывную цепочку целенаправленного плавного изменения ТС.

Пояснение:

- **Значимые единицы информации** - только те, которые попадают на главную линию развития ТС; тупиковые и боковые ветви не рассматриваются, "бумажные" патенты и технические решения не воплощенные в реальных ТС и не послужившие прототипом для таковых - выбрасываются.
- **Непрерывная цепочка развития** - технические решения выстраиваются не по датам появления, а по очередности появления и исчезновения элементов в подсистемах ТС; таким образом выстраивается системная логика, а не шкала приоритетов.
- **Целенаправленное изменение ТС -** логика развития системы диктует единственное направление: *увеличение ГПФ*, это единственная цель, подчиняющая все остальные подцели и нюансы развития; требования к ГПФ всегда диктуются материальным производством и потребностями человека, следовательно, ГПФ должна постоянно увеличиваться от одного технического решения к другому; ТС с большим значением ГПФ ставится после ТС с меньшим значением ГПФ.

3. На линии развития с зафиксированными техническими решениями пишутся краткие формулы изменений в ТС при переходе от одного решения к другому: *что сделано, техническая сущность, что это дало для увеличения ГПФ*.
4. Формулы изменений укрупняются (в них включаются несколько последовательных технических решений цепочки решений); здесь должна быть найдена обобщенная техническая формулировка изменений в ТС, которые привели к заметному . увеличению ГПФ.
5. Технические формулировки заменяются эвристиками, т.е. формулировками творческих решений.
6. Эвристики обобщаются в приемы, принципы, операторы преобразований.

7. То же повторяется на другой ТС: с той же ГПФ, но работающей на другом физическом принципе (механические часы, электромеханические и электронные часы).
8. Выводятся наиболее общие эвристики.
9. Находятся эвристики высших уровней (при анализе нескольких разных ТС) - возможно это и будут законы развития и преобразования ТС.

Итак, если выявить большее, чем сейчас, количество законов и правил преобразований ТС, то окажется возможным составление АРТС, на основе которого можно будет разрабатывать компьютерные системы прогностического развития ТС ..

Например, нами разработан план одной из таких систем по измерительной технике.

Примерная схема работы системы ИМ-Изм.
Назначение: поддержка решения изобретательских задач в области создания и совершенствования технических систем для измерения (контроля, обнаружения).
Область знаний: все типы измерительных систем в любой отрасли техники, науки и научных исследований, а также основные системы для измерений в области химии, биологии, медицины.
Основные этапы работы пользователя с системой:
- входная часть, постановка задачи (типовые формулировки) на измерение/обнаружение;
- уточнение области измеряемых параметров; разложение комплексных и сложных параметров на элементарные, определение состава параметров необходимомго и достаточного;
- анализ ситуации и выбор ограничительных условий по: точности, сложности, стоимости, удобству использования и безопасности;
- знакомство с основными известными принципами, способами и методологией измерений в данной области; выбор направления дальнейшей работы с системой;
- рассмотрение и обсуждение основных (типичных) тенденций развития технических систем в этой области; анализ ситуации с позиций законов развития техники;
- блок выхода на конструкторские и изобретательские задачи (ИЗ); формулировка некоторого множества ИЗ, вытекающих из данной ситуации;
- выбор изобретательской задачи;
- решение задачи в диалоговом режиме; обеспечение подключения различных механизмов ТРИЗ;
- синтез измерительной системы (датчик, преобразователь, блок сравнения, показывающий прибор и т.д.).

3.2. ФСА.

ФСА - на грани конструкторских и изобретательских задач; такие системы безусловно имеют право на существование, они заполняют вакуум между "чистым

изобретательством" и реальным миром техники. Название ФСА - неверно, нелогично, не отвечает сущности области исследования (ни о какой стоимости и речи нет, только анализ функций, затем синтез "облегченных" систем, выполняющих те же функции).

Какое название в наибольшей степени отвечает этой области? Надо исходить из того, что главная идея "бывшего ФСА" идеализация ТС. Может быть:

ИДЕАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (ИП-ТС)

Основная идея: идеализация ТС без выявления противоречий; только если идеализация напрямую не удается, наталкивается на ТП-ФП, должны использоваться другие методы ТРИЗ.

База знаний: научно обоснованный функциональный анализ (требуется подробная разработка и формализация анализа и синтеза свойств-функций) и методология идеализации ТС (ТРИЗ-ТРТС).

Отличие 1 от обычных методов ТРИЗ:

- в ТРИЗ-методах берется задача, известна претензия к ТС, выявляется "больное" место в ТС, формулируется ТП-ФП, разрешение противоречия...
- в ИП-ТС обьект анализа - ТС, нет задач, нет претензий, есть желание развивать ТС в сторону идеальной ТС (ИТС); однако тип претензий один и тот же - уменьшение МГЭ, но неизвестно место "удара" по ТС, оно ищется перебором в процессе функционального анализа.

Главный механизм ИП-ТС: механизм свертывания ТС, требуется тщательная систематизация (и доработка) методики свертывания, начать - с классификации работающих на это приемов, стандартов, эффектов; нужна картотека задач на свертывание источник идей по развитию методики.

Модель развития ТС: волна идеализации (требуется разработка и детализация).

Отличие-2: в ИП-ТС претензии исходят как бы не от человека, а от закона увеличения степени идеальности - надо уменьшать МГЭ и все!; но в процессе анализа идет очень важный поток информационной обработки ТС - оценка, замена, исключение и добавление функций; поэтому влияние субьекта неотделимо, неуничтожимо, его нельзя "обьективизировать", этот блок в будущей системе очень важен.

Отличие от АРИЗ: не нужно строить модель исходной ситуации и обрабатывать ее с целью вытаскивания задач из глубин исходной ситуации; в ИП-ТС - четкая направленность на ТРТС, поэтому нужна структура, организация и функциональная схема действующей ТС нужна методология выявления, анализа и преобразования иерархических .структур и систем. Очень важный начальный момент: научиться правильно строить иерархическую схему ТС, вывести правила построения и анализа истинности полученной схемы. Как получается системный эффект, роль каждого элемента, правила формулирования ГПФ и т.д.

3.3. ФП.

Вопрос о сущности ФП - коренной вопрос той области исследований, которой мы занимаемся. С одной стороны это понятие обладает сильнейшей эвристической

силой, способно переворачивать представления инженера о глубинных процессах в оперативной зоне ТС, т.е. в зоне радикальных преобразований - именно это ведет к сильным изобретательским решениям. С другой стороны понятие ФП обладает сильным запасом психинерции, мешающей системному видению техники.

В физическом мире нет "противных (противоположных) речей", поскольку там нет субьектов. Только субьект накладывает ("окрашивает" в черно-белые цвета) свою метрику (способ рассуждений координатную сетку) на реальность и придает ей свою интерпретацию: где хорошо, где плохо. Хорошо-плохо с точки зрения своих интересов, удовлетворения потребностей, в данном случае создания требуемых (увеличенных) функций в ТС. Есть несоответствие желаний (потребностей) человека и реальности физического мира (его законов). Т.е. есть не противоречия", а "противо-желания-реальности".

При формулировке ФП складывается ситуация "странная" настолько, насколько сильнее расходятся желания с физической сущностью технического обьекта (узла, подсистемы, детали) в данной ТС. Именно - элементов ТС, уже усложненных по сравнению с самыми нижними этажами иерархии. Ведь поля и вещества невозможно изменить под желания, особенно простые вещества (основные, первоматерию), они - напрямую "выполняют" физические законы; в более сложных веществах, в комбинациях В-П физ. законы преломляются, сталкиваются, "суммируются", нам важен лишь общий вектор им-то мы и управляем (изменяем под желания) путем изменения соотношения и последовательности действия физических закономерностей. Любые технические вещества, детали, а тем более узлы и подсистемы это системы, в которых выделены нужные нам системные свойства, в них "природная игра" физических сил и свойств целенаправленно настроена на выполнение нужных нам функций. Зная способы изменения (или перебором) человек конструирует требуемые системы. Конструкторские задачи занимают подавляющий обьем среди всех задач (проблем), связанных с техникой. Наиболее сложный случай полное несоответствие желаемого и "предписанного физикой" алгоритма функционирования системы, а в конечном счете (после анализа) желаемого и физически-сущностного свойства вещества-детали оперативной зоны. Здесь-то и пасует человеческое сознание, тем более грамотное, знающее физику (но не знающее ТРИЗ). Это изобретательские задачи с ФП.

Все способы разрешения ФП - это обман, обход ФП, мы никогда не сможем совместить в пространстве, времени и на одном и том же обьекте физически противоположные свойства! Любые способы разрешения ФП не нарушают физику, а лишь подсказывают уловку. Смысл таких уловок - новая организация В-П структур для достижения желаемого результата (требуемого свойства-функции). Разделение противоречивых свойств во времени и пространстве простейшие рекомендации понятные даже на бытовом уровне; главная заслуга в том, что они были введены, на них обратили внимание. Самый сложный способ изменение В-П-систем, т.е. вмешательство в микроструктуры веществ. Это запутанный и почти незнакомый нам мир микро-систем, со своими системными законами. Рекомендации по перестройке этих систем (так называемые переходы: системные, фазовые, физ-хим) это лишь

самый верхний срез... Эти переходы принципиально отличаются от временно-пространственных разделений; вместо простого разведения противоположностей, требуется организовать новую систему. Сейчас мы можем только рекомендовать использовать открытые наукой эффекты и явления эти системные ухищрения на микроуровне; в будущем должно быть изменение таких систем по точному прогнозному знанию, по плану. Нужна новая наука: Системная Физико-Химия-Материаловедение-..., обьединяющая все знания о В-П-структурах и законах их развития.

Итак, использование понятия ФП как раз и есть способ описания странных (для обычного сознания) ситуаций; вся странность-то и состоит в том, что инженер знает о невозможности изменения физических законов, но не знает о возможности их обхода путем системных изменений (на макро- или микро-уровнях).

Нужна новая организация нашей базы знания (стандартов, приемов, эффектов) и баз знания из естественных наук на основе новых концептуальных подходов. Направление концептуального развития нашей области единственное - усиление системного начала, углубление системного анализа и синтеза, резкое расширение знания способов и приемов получения новых системных свойств (извлеченных из самой доступной нам системной области - технической).

ФП - всего лишь способ обратить мышление на микроуровень (непривычный для антропо-мыслящего инженера). Вся программа АРИЗ - это путь точного узнавания (моделирования) физической ситуации в конфликтном месте ТС. Причем конфликт происходит не между противоположными свойствами вещества, детали или системы, а между физической сущностью и желанием человека. Техническая система изменяется под желания человека. Поэтому ФП в решенных задачах нет. При появлении новых претензий к ТС (новых желаний), появятся новые ТП-ФП (несоответствия желаний физической макро-микро-реальности), которые будут разрешаться совсем не обязательно теми же способами, что и на предыдущем этапе развития. Нужна систематика способов и правил построения систем и структур, правил получения заданных системных свойств и качеств.

3.4.Исследования за рубежом.

В феврале с.г. в НИЛИМ поступил интересный материал из Голландии под названием: Набросок информационного проекта (Memoranda informatica draft) О КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКЕ КОНСТРУКТОРСКОГО ТВОРЧЕСТВА, БАЗИРУЮЩЕГОСЯ НА ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ АЛЬТШУЛЛЕРА, авторов Ф.Диккер, Г.Д.Лимейджер, П.М.Уогнум и Н.Дж.И.Марс (университет Твенти, Нидерланды); проект этот в лаборатории обычно называют "Меморандум Марса", поскольку проф. Марс был не так давно в НИЛИМ.

О чем проект? Если коротко, то это предложение по новой организации механизмов ТРИЗ - в новую систему знаний для обеспечения поддержки решения

изобретательских задач или, как принято называть на Западе, задач в области творческого конструирования техники дизайна.

Проект производит двойственное впечатление: с одной стороны - слабое знание ТРИЗ, с другой - использование сильного организующего системного начала из области искусственного интеллекта; говоря иначе - высококвалифицированные специалисты по инженерии знаний пытаются осуществить трансформацию ТРИЗ (которую они плохо знают) в базу знаний под систему автоматического (в далекой перспективе) решения творческих задач в технике. Т.е. занимаются почти тем же, чем и мы занимаемся; "почти" - потому что, кроме использования методов и подходов известных в ИИ, мы еще и развиваем саму базу знаний, т.е. ТРИЗ-ТРТС.

Краткое изложение работы голландских коллег.

Во введении они отмечают, что одним из самых интригующих моментов в автоматическом проектировании является автоматизированное изобретательство. Их группа уже несколько лет работает в этой области, пытаясь применять методы ИИ (artifical intelligence) в инженерном конструировании. Однако задача эта чрезвычайно трудная. Как выяснилось,в бывшем Сов.Союзе также предпринималось большое количество попыток по исследованию процесса творчества. Одно из направлений - ТРИЗ, с которой они познакомились на семинаре, проведенном специалистами НИЛИМ.

Далее они излагают основные идеи ТРИЗ, как они их себе представляют. Вот, например, как им видится процесс решения задачи по АРИЗ (рис.5).

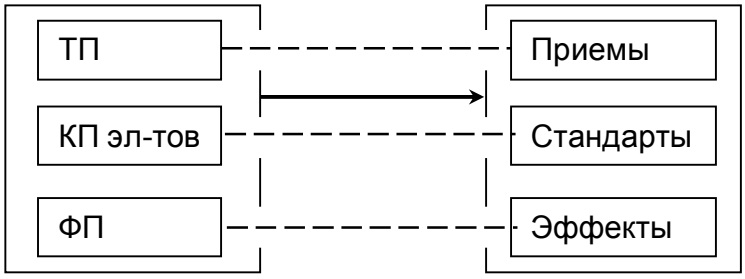


Рис.5. Схема решения задач по АРИЗ
(интерпретация голландских коллег).

На самом деле это не АРИЗ, а процесс использования трех подсистем ИМ для решения задач; следует помнить, что состав ИМ пока еще неполон нет системы АРИЗ, законов, входной части (постановка задач).

Авторы отмечают, что цель их проекта - лучшее использование приемов, стандартов и эффектов путем более рациональной их организации. Они считают, что многие понятия в этих подсистемах неточные (смутные), например, один и тот же эффект (механическая вибрация) используется три раза: в стандартах, в

приемах, в эффектах. По их представлениям каждое понятие должно использоваться в системе один раз и иметь свое точное местонахождение в базе знания.

Кроме того, в ИМ все три подсистемы (Пр, Ст, Эф) работают независимо, задачу можно решать по любой из них - нет критериев выбора наилучшей стратегии обработки задачи. Предлагается организовать обработку задач иначе - в единой системе, состоя щей из трех этапов и четырех уровней (рис.6).

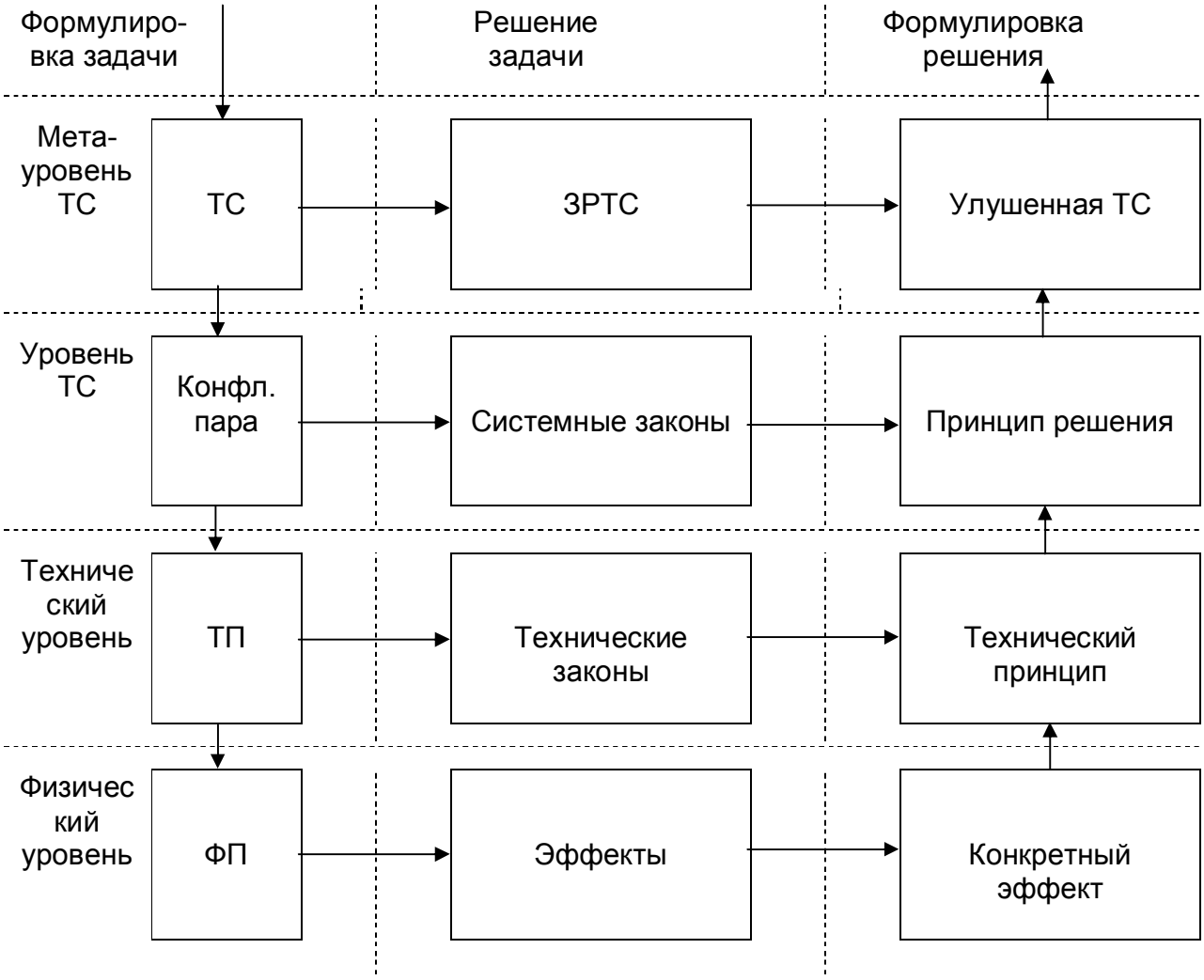


Рис.6. Структурная модель АРИЗ (предложение голландских коллег).

Новая (углубленная - по их мнению) модель базы знаний для системы автоматизированного изобретательства представляет собой следующую схему (рис.7).

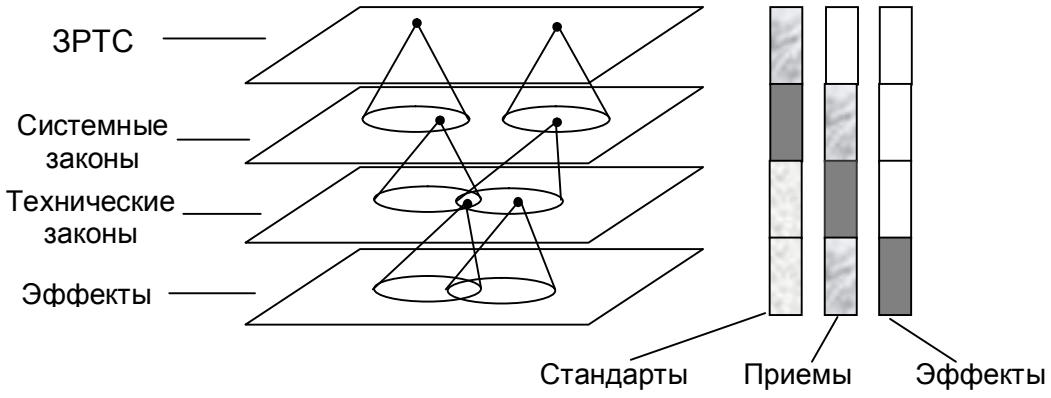


Рис.7 Связь между стандартами, приемами и эффектами
(предложение голландских коллег)

Связь между несколькими разделами знания представляет собой комбинацию элементов знания на нижнем уровне абстракции и может быть использована для улучшения качества знания на высшем уровне абстракции.

Перекрещивание знаний на рисунке показывает, что элементы знаний могут использоваться в различных абстрактных фрагментах знаний; также и боковые колонки показывают как используются знания. Они разделены между несколькими уровнями абстракции.

В заключение авторы проекта делают следующие выводы.

Нам еще долго и долго идти до тех пор, пока мы создадим автоматическое изобретательство. Однако мы уже сделали два первых шага к этой цели. Первым шагом было принятие идей Альтшуллера. Вторым шагом было создание системы знаний, в которой можно было бы применить знания из АРИЗа.

Наша конечная цель - автоматическое творческое конструирование. Однако, мы не надеемся, что эта цель будет достигнута в ближайшем будущем. Поэтому мы наметили более реалистичную цель. В настоящее время мы нацелены на автоматизацию АРИЗ в такой степени, сколько это возможно. Практически это делается путем переструктурирования баз знания, используемых в АРИЗ, чтобы они могли быть использованы в автоматических рассуждениях. Эта цель требует некоторого видоизменения идей Альтшуллера, чтобы внести в них ясность.

3.5.ИМ-АРИЗ.

Наибольшие ожидания пользователи ИМ связывают с появлением компьютерной версии АРИЗ и это не случайно, как не случайно и то, что появление системы задерживается вот уже более, чем на год. Попробую обьяснить это.

АРИЗ - самый развитый и наиболее подробно разработанный инструмент ТРИЗ. Опыт решения многих тысяч задач показал его достаточно высокую эффективность.

АРИЗ - один из наиболее совершенных механизмов современной теории решения изобретательских задач, возникший в 1956 г., бурно развивавшийся в течении тридцати лет и претерпевший к 1985 г. не менее семнадцати модификаций (часть из которых была весьма радикальной), остановился в своем развитии по воле автора на версии АРИЗ-85В.

В целом АРИЗ доказал свою эффективность, с его помощью "дилетанты"-изобретатели успешно решают достаточно трудные задачи. Таким образом, создана компактная система логически последовательных правил-рекомендаций (шагов), отражающая объективные особенности взаимодействия интеллекта и техники. Однако, как и любая использующаяся в человеческой практике система, эта алгоритмическая программа управления мыслительными действиями изобретателя *не может оставаться неизменной в меняющемся мире*. Толчок к развитию дают претензии, получаемые системой из внешней среды; если мы хотим сохранить систему жизнеспособной, необходимо развивать ее, адаптировать к изменяющимся условиям (интеллектуальным, социальным, техносферным). АРИЗ - это своего рода системная оболочка (надсистема) для человеческого сознания и она не может не меняться.

Все понимают, что АРИЗ не может оставаться на уровне 1985 года; нужно развитие, но куда? в какую сторону? на основе каких принципов?

Принципиально различаются два подхода: традиционно-текстовый и компьютерный с элементами автоматических рассуждений.

К первому подходу относятся следующие три направления разработки:

1)**"предельная детализация"** - подробное разбиение шагов на микрошаги, введение новых операций, страховочных и проверочных подшагов; это традиционное направление - обнаружить сбой, в программе уточнить его причину и устранить его введением более мелких промежуточных шагов;

2)**"радикальная перестройка"** - полное изменение схемы алгоритма, попытка втиснуть в АРИЗ все инструменты ТРИЗ, придание алгоритму некой надфункции - распоряжения всеми решательными механизмами; по сути это завуалированное возвращение к МПиО, перебор всех инструментов ТРИЗ и задач-аналогов на стадии формулирования и анализа исходной ситуации;

3)**"свертывание алгоритма"** - буквально до одной страницы, краткий перечень основных шагов без детализации и обьяснений как ими пользоваться; это превращение алгоритмического механизма в набор лозунгов обозначающих отдельные узлы бывшего алгоритма - если это и работоспособно, то только для опытных пользователей АРИЗ, обладающих элементами "аризного" мышления.
Все эти три направления представляют собой попытку спасти текстовый алгоритм. Такие попытки могут, в конечном итоге, привести к резкому увеличению значения предварительного обучения пользователя, ведь любое новое правило, пояснение, примечание, потребуют многократной отработки правильности их выполнения на занятиях с преподавателем.

Поставленная нами задача противоположна: **алгоритмом должен успешно и безошибочно пользоваться любой неподготовленный человек**. Никаких предварительных тренировок. Единственное требование: он должен знать свою задачу, т.е. обладать (или уметь собрать по требованию программы) необходимую для процесса решения задачи информацию. В машинном варианте алгоритма должно быть минимум пояснений, правил и примеров.

Главная трудность, как и в любой компьютерной программе, состоит в учете всех возможных направлений, поворотов и сбоев мышления пользователей; учесть все варианты чрезвычайно трудно. В грубых компьютерных программах делают просто: пользователя лишают всяких вариантов продвижения вперед, кроме одного "зашитого" в программе, обычно это простой диалог ("да-нет"). Этот путь абсолютно не подходит к области решения творческих задач. Программа должна быть "мягкой", позволять изобретателю свободно оперировать элементами текстово-графического интерфейса для описания задачи. В то же время сама суть АРИЗ довольно строгая регламентация процесса решения задачи. Единственный выход - полное описание области "работы" алгоритма, составление всех возможных комбинаций конфликтов в технических системах, формализация переходов между шагами; все это позволит автоматизировать часть мыслительных преобразований решаемой задачи.

Система ИМ-АРИЗ 2.0 предназначена для того, чтобы на основе исходной ситуации (ИС), предложенной Пользователем и описывающей неудовлетворяющее его состояние в некоторой технической системе (ТС), а также на основе его потребностей и представлений о пользе тех или иных изменений в ТС, выявить изобретательские задачи (ИЗ), содержащие противоречия и предложить способы их разрешения. Поэтому в системе ИМ-АРИЗ должны быть реализованы следующие возможности:

- анализировать ИС и недостатки в ней,
- выявлять ИЗ, содержащие противоречия,
- осуществлять поиск способа изменения ИС, позволяющего разрешить противоречие.

Работа над этой системой продолжается уже более двух лет.

В 1991 г. был разработан исследовательский прототип системы - АРИЗ 1.0, написанный на языке PROLOG. Лабораторный "прогон" системы показал ее недостатки и недоработки, но преимущества принятой концепции были очевидны и поэтому было принято решение о продолжении работ в этом направлении, причем без выпуска промышленной системы версии 1.0 - для экономии времени. Основное внимание в разработке 2-й версии было обращено на анализ изобретательской (исходной) ситуации.

Те, кто преподает и изучает АРИЗ, знают, что самым трудным шагом программы является 1-й шаг. Попытки изложить условия задачи и тут же "с ходу" сформулировать мини-задачу часто оказываются неудачными. Традиционный путь - описание изобретательской ситуации (ИС) на естественном языке несет массу информации, в том числе ненужной; язык неточен, расплывчат, часто неадекватен реальности. Требуется иногда многоцикловое мысленное "прокручивание" исходных условий с составлением приемлемого технического противоречия. С самого начала своей преподавательской практики я пытался рационализировать этот шаг. Один из путей такой рационализации использован в книге "Как стать изобретателем": изобретательская ситуация (ИС) очищается от лишних слов, упрощается и изображается в виде семантической сети "обьекты - действия" (рис.8).

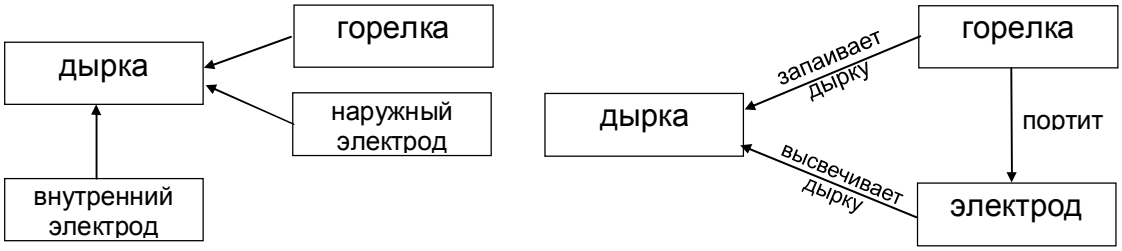


Рис.8. Пример семантической сети при изображении изобретательской ситуации.

Правда, со временем, стало ясно, что истинность изображаемых ИС прямо пропорциональна степени профессиональной подготовки пользователя в ТРИЗ и обратно пропорциональна сложности проблемы... Главная трудность - в составлении истинной семантической сети ИС. Обнаружилась и польза: такой подход позволил проводить сравнительные эксперименты по составлению ИС. Выяснилось, что даже хорошо известные учебные задачи (с известным контрольным ответом!) изображаются группой пользователей по-разному, но этот разброс возрастал на порядок, если предлагалась формулировка новой сложной задачи. Можно с уверенностью предположить, что, если вместо готовой формулировки пользователи самостоятельно ознакомятся с проблемной ситуацией на реальной ТС и ее окружении, то количество вариантов изображений ИС возрастет еще на один порядок. С большой степенью вероятности можно утверждать, что минимальное количество изображений новой ИС равно числу участников эксперимента.

Итак, одна и та же ИС может иметь множество изображений семантических сетей. Это обьясняется обьективными и субьективными причинами:

- обьективно одну и ту же ИС можно изобразить разными способами, не искажая смысла;
- субьективный выбор изображения полностью зависит от знаний, способа мышления и внутренних побуждений пользователя.

Пользователь оперирует не реальными техническими обьектами, а их отображением в мозгу, причем он располагает о них доступной ему информацией в собственной, всегда оригинальной, ее интерпретации. В результате пользователь может дать весьма приблизительную, а то и сильно искаженную, модель реальности. Наиболее часто встречаются следующие отклонения от истинной ИС (необходимой и достаточной для выбора и решения задачи):

- **над-ИС** - чрезмерно общее изложение, неконкретное, надсистемное, в то время как конфликт - на нижнем системном уровне; Пример: как обеспечить безаварийность воздушного транспорта и 100%-ное соблюдение расписания;
- **под-ИС** - чрезмерно конкретное, детализированное, с показом множества элементов и связей; на уровне вещества-детали, а конфликт - на более высоком системном уровне; пример: предложить встроенную в подошву обуви систему нейтрализации вредного действия поваренной соли, которой посыпают тротуары зимой;
- **часть-ИС** - неполная, частичная, фрагментарная ситуация; пример: требуется способ резкого форсажа двигателя самолета в аварийной ситуации для ускоренного сжигания горючего перед посадкой (предотвращение взрыва баков);
- **ИС-const** - с чрезмерно жесткими ограничениями на изменения, "все нельзя", тупиковая статичная ситуация; пример: исключить бой стеклянных труб при их размерной резке в специальном станке, при этом состав стекла, инструмент, режимы и станок не менять!;
- **до-ИС** - с ложной причинно-следственной связью (ошибочная причина); пример: предотвратить индукционный нагрев стенок сосуда с сжиженным газом от измерительной обмотки датчика уровня;
- **после-ИС** - на устранение следствия, а не причины, борьба с видимыми внешними проявлениями; пример: предложить способ эффективной быстрой заделки дефектов в пластмассовом корпусе от брызг металла;
- **ИС-версия** - случайная для пользователя задача, плохо понятая, "чужая" по специальности; пример: предложить способ защиты денег от подделки, как доить пчел с помощью электричества, защита орбитальной станции от метеоритов;
- **ИС-фантом** - придуманная "для примера", взятая не из реальности, по-наслышке; пример: как буксировать два трала одним траулером с той же скоростью, что и один;
- **ИС-монстр** - с чрезмерно усиленными претензиями, приувеличенной значимостью; пример: все автобусные компостеры в стране должны иметь разную кодировку!;
- **не-ИС** - нетехническая; пример: как оптимизировать движение общественного транспорта в городе, требуется подобрать условия химической реакции;

- **ИС-глоб** - на "осчастливливание" человечества, одномоментное решение глобальных задач; пример: пробурить Землю насквозь, использовать вулканы для нужд теплоснабжения.

Несовершенство (нестрогость) АРИЗ и неточность модели ИС могут дать, и часто дают, весьма причудливую картину обработки задачи и полученных результатов.

Степень неадекватности ИС реальной ситуации обусловлена сложным комплексом интеллектуально-чувственных причин: мешающие влияния, пониженная отражательная способность, небольшой обьем впечатлений, незнание физики процесса, принципа действия технических элементов и др.

Необходим механизм выявления истинных причинно-следственных связей. Если такой инструмент будет в ИМ, то возникнет линия обратного влияния на пользователя. Процесс формирования ИС, в этом случае, можно представить следующим образом (рис.9)

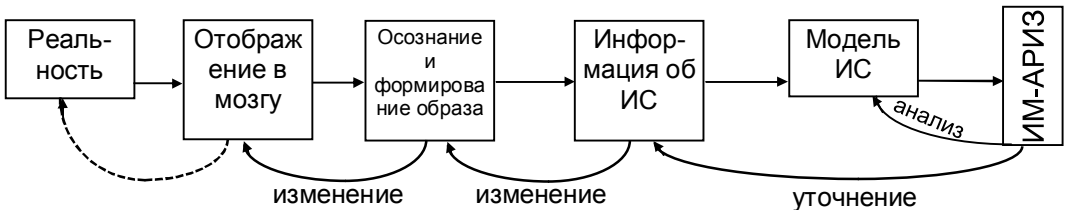


Рис.9. Процесс формирования изобретательской ситуации.

Т.е. формирование ИС - активный процесс, требующий времени, навыков, предрасположенности; часто это - творческий процесс "извлечения" изобретательской задачи из реальной техники. В этом процессе пользователь одновременно является и источником информации, и экспертом, и критиком; задача ИМ - инициация экспертизы и уточнений, оценка степени достоверности.

В безмашинном использовании АРИЗ модель ИС возникает, обрабатывается в мозгу человека и "выдается" в какой-то момент на шаге 1.1. в виде мини-задачи. Процесс обработки до сих пор не был структурирован и формализован, он осуществлялся в головах пользователей АРИЗ в доступной каждому сценарной форме. Выводы были весьма приблизительными, далеко не каждый был уверен в правильности формулировки мини-задачи.
Вместо естественного языка необходимо использовать другой тип представления графический или графо-языковый (семантические сети).

3.6.Принципы построения дидактической системы ИМ-учитель.

Эффективность системы ИМ-учитель: максимальное количество усвоенных дидактических единиц (понятий ТРИЗ) за ограниченное время, умение пользоваться ими при решении изобретательских задач.

С другой стороны, количество усваиваемых пользователем дидактических единиц почти неизменно и соответствует средней скорости усвоения знаний человеком.

Таким образом, необходимо уметь разрешать противоречие "время - обьем материала". Некоторые способы разрешения данного противоречия:

- укрупнение дидактической единицы (обобщение понятий, схематизация типа опорного листа);
- совмещение различных материалов во времени (частичное наложение);
- использование сквозных примеров (экономится время на вникание в изобретательскую ситуацию).

Поясним понятие "укрупнение дидактической единицы".

Система ИМ-учитель должна иметь четкую организационную иерархию уроков (рис 10).

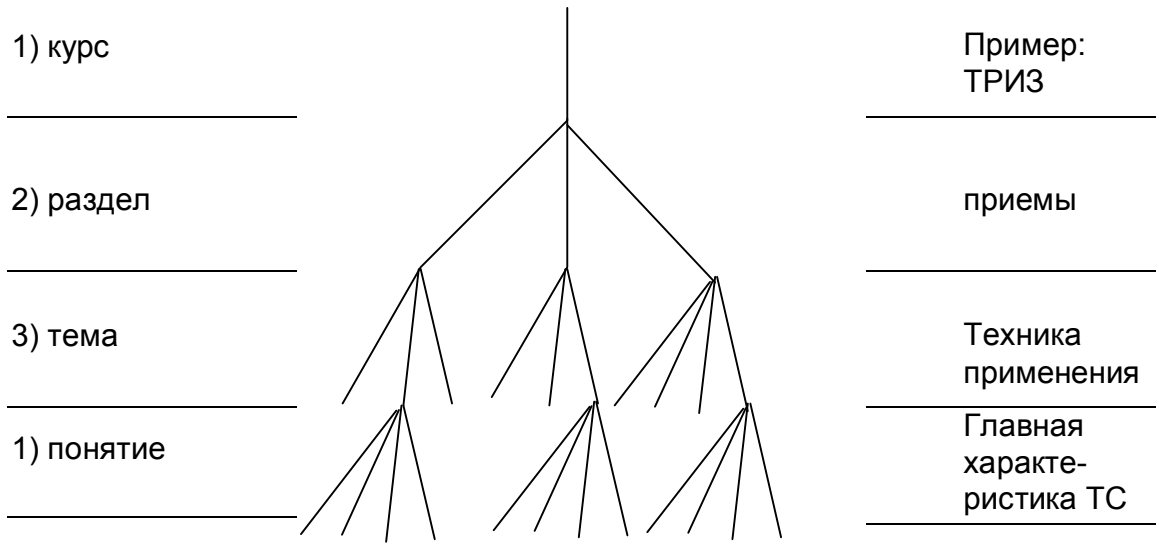


Рис. 10. Иерархия системы ИМ-учитель.

Внимание пользователя фиксируется не только на данном (только что изученном) понятии, но для него также проясняется вся иерархия - куда и зачем входит это понятие. Постоянное сканирование по иерархическому дереву укрупняет понятия, облегчает их запоминание.

Схема должна постоянно "сопровождать" пользователя, быть рядом, за кадром, должна автоматически отражать обьем изученного материала (веточки дерева окрашиваются другим цветом) - так до самого конца обучения.

ИМ-учитель - это новая дидактическая система и у нее должен быть системный эффект, к этому нужно стремиться при ее создании. Система должна быть целенаправленной, интенсивной, информативной, прагматичной.

1.Создание положительной (стимулирующей изучение) мотивации у пользователя.

Для всей системы в целом: Вы научитесь изобретать. Изобретательство способ радикального изменения техники; это следующий, более высокий, чем конструирование, уровень творчества. Польза для Вас повышение ваших способностей, для фирмы повышение конкурентноспособности продукции.

Для конкретного урока. Нельзя писать цель урока: "изучить способы разрушения веполя". Пользователь еще не знает что это такое и для чего это нужно. Лучший способ: показать пример решения изобретательской задачи с помощью данного правила; еще лучше дать задачу до изучения данного правила (приема), подчеркнуть красоту и легкость решения задачи данным приемом.

2.Построение дидактической модели системы ИМ-учитель.

Последовательность разработки модели:
- отбор тем и разделов,
- построение иерархического дерева системы,
- распределение материала по урокам.

Типичная дидактическая схема семинара по ТРИЗ (рис. 11).

Характеристика такой организации уроков: почти случайный набор тем для уроков, фрагментарное изложение материала, отсутствие общей схемы уроков (последовательность и взаимосвязи).

Общее правило построения обучающей системы: необходимо структурирование всего материала по вертикали и увеличение связей по горизонтали. Для этого необходима четкая разбивка всего материала на темы, разделы.

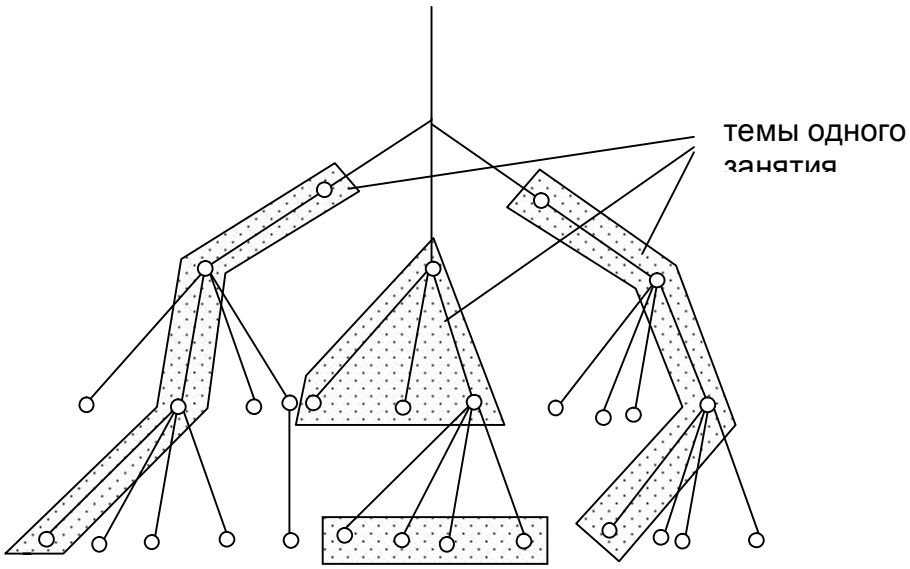


Рис.11.Типичная дидактическая схема семинара по ТРИЗ (без ИМ-технологии).

Все разделы должны быть взаимосвязаны и взаимодостаточны, система должна быть замкнута сама на себя - не должны привлекаться обьяснения извне системы (из других наук), в курсе должен быть весь тезаурус понятий и терминов.

Простейший способ изложения материала урока - линейное (последовательное) изложение (рис 12).

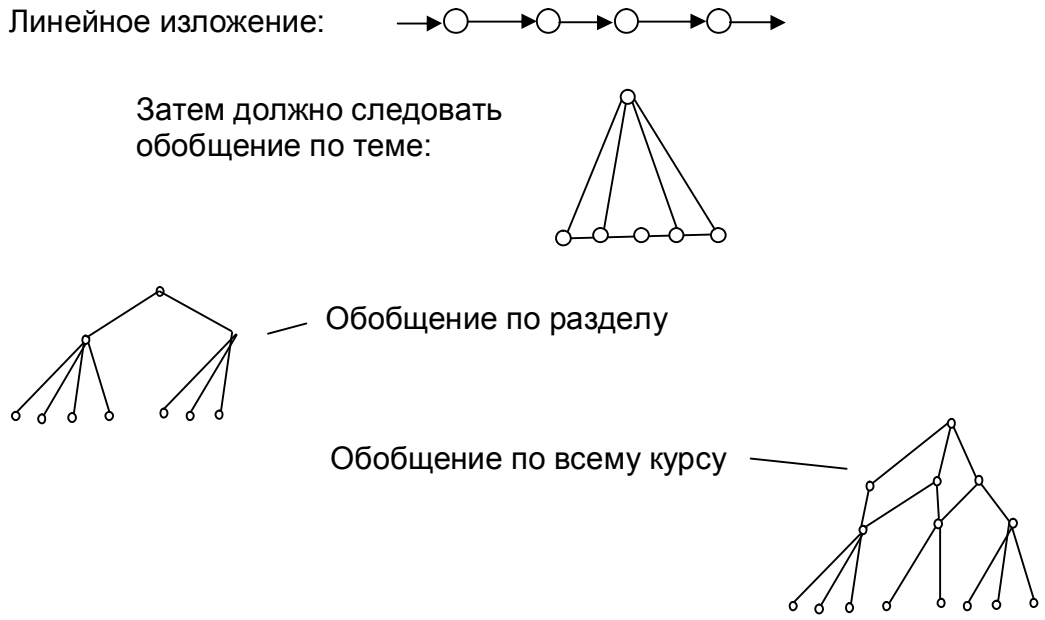
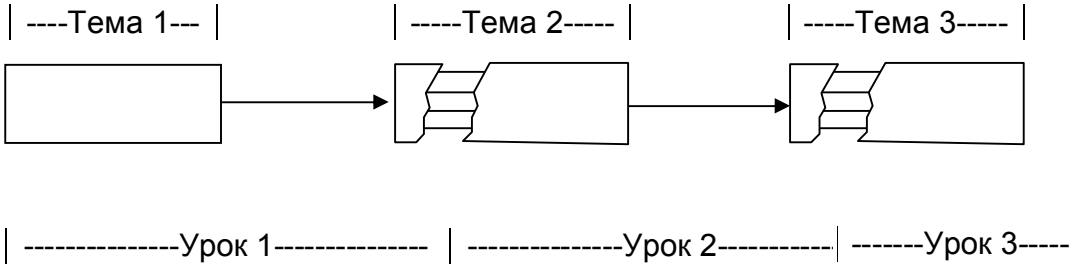


Рис. 12. Линейный способ изложения материала с обобщением понятий

Кроме последовательного (линейного) способа существуют более сложные, но и более эффективные способы:

- с опережением,
- сильносвязный,
- системный.

а) с обеспечением связи по теме:



б) с обеспечением связи по задаче:

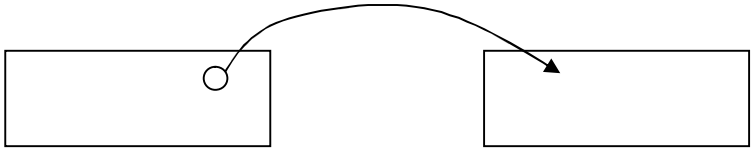


Рис. 13 а,б Изложение материала с опережением.

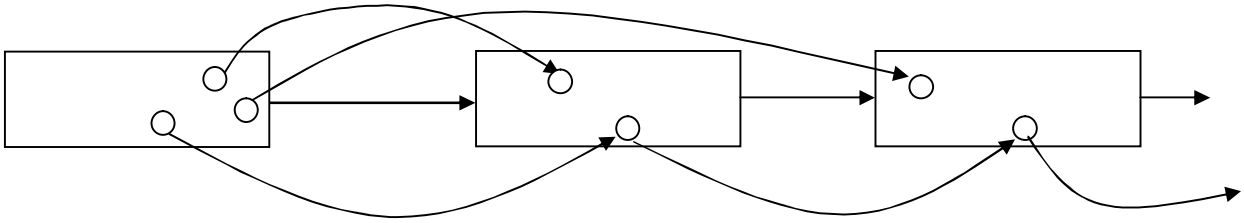


Рис.14. Сильносвязное изложение материала.

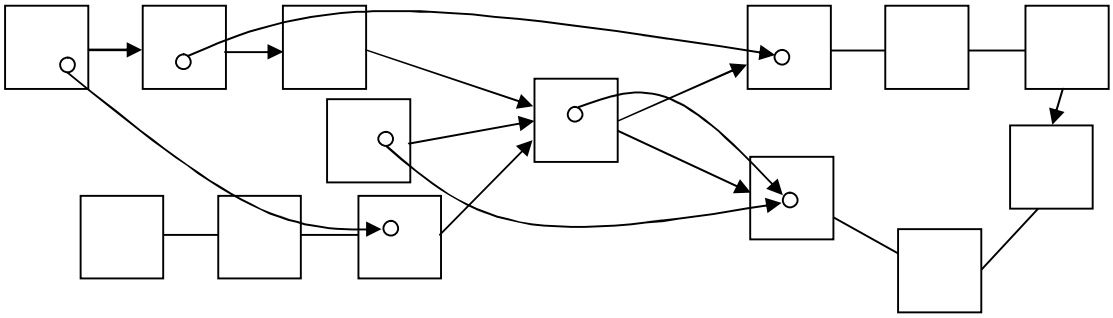


Рис.15. Системное изложение материала.

3. Установление взаимосвязей внутри курса между понятиями, темами, блоками, разделами (рис. 16).

а) связь между каждым новым куском материала и предыдущим материалом

б) иногда надо показывать связь с будущим материалом (для важных разделов)

в) закрепление цепочки связей на задаче

г) сравнение материала на задаче

д) задача на развитие найденного решения новыми механизмами

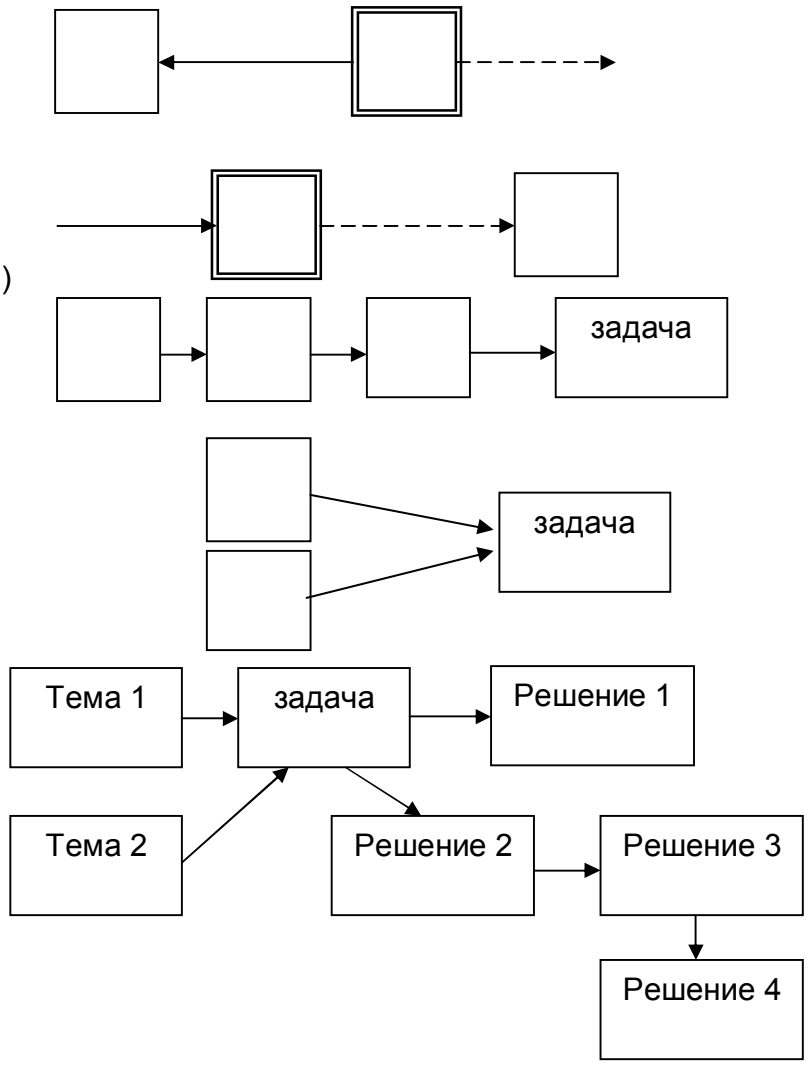


Рис. 16 (а-д) Способы установления взаимосвязей внутри курса.

4. Включение элементов исследований:

- нерешенных вопросов,
- точек роста теории,
- противоречий между темами и разделами,
- частичный показ "кухни" разработки ТРИЗ:
  - как находились приемы разрешения ТП (анализ больших массивов патентной информации, выделение приема),
  - как формулировались стандарты (задача - несколько задач - выделение общего принципа решения),
  - цепочки, деревья, структуры физ-хим-эффектов; как они найдены (КПМ, озон, феполи) и что за ними стоит,
  - и т.п.

5. Сквозные линии идеологии ТРИЗ:

- почему плох и безобразен МПиО,
- всюду, где есть задачи, можно обнаружить приемы их типового решения.

6. Кодирование учебной (теоретической) информации:

- опорные понятия (правила, принципы, термины, формулы) должны обязательно выделяться, подчеркиваться, вбиваться, втолковываться;
- по каждой теме должен быть "опорный экран" в виде схемы (сети, рисунка), показывающей связь между опорными понятиями; должна быть возможность вывода на печать такой странички - "на память";
- по разделу должна быть структурно-логическая схема (структура материала + логика взаимосвязи и практического применения); также - вывод на печать.

7. Способы подачи дидактического материала.

а) Задачи:

- задача в одно действие, З (задача) $\wedge$ О (ответ)
- задача в два действия, З $\wedge$О1 $\wedge$ О2
  (01 - промежуточный ответ)
- задача в цепочку действий, З$\wedge$О1$\wedge$...$\wedge$Оn
- задача с одним вопросом, З? $\wedge$ О
- задача с двумя вопросами, З? $\wedge$ О1 (решение в двух направлениях, ? -> О2 напр., динамизация и переход на микро-уровень)
- задача со слиянием на одном ответе З? $\wedge$ О1+О2 = О (напр., динамизация + микропереход) "гроздь" задач по одной ТС.

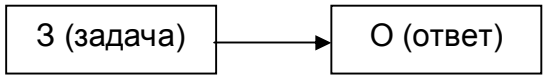
б) Приемы учебной работы:

- вставить недостающее по образцу,
- ответ на один вопрос по образцу,
- заполнение бланка с программной подсказкой (автоматическая функция "помощь" - достраивание правильно начатого ответа до полного),
- сформулировать эвристический прием по ответу на задачу,

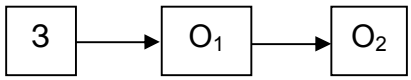
- подобрать пример (задачу) под прием из предложенных или ранее рассмотренных (решенных),
- выстроить цепочку решения (рассуждений, приемов) по имеющимся задаче и ответу,
- найти ошибку в предложенных рассуждениях по задаче,
- всегда разные ошибки в одном и том же месте (подставка вепольных формул из набора),
- контрольная работа,
- итог обучения - решение своей задачи,

8. Дифференциация обучающих программ: для сильных, слабых и очень слабых (не-техников), совмещение программ - выбор направления развития сценария самостоятельно.

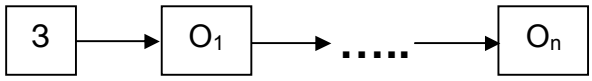
а) задача в одно действие



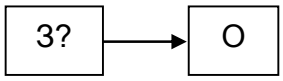
б) задача в два действия
(O_1 – промежуточный ответ)



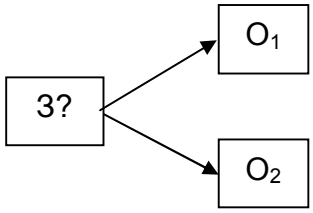
в) задача в цепочку действий



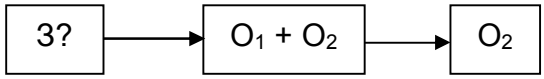
г) задача с одним вопросом



г) задача с двумя вопросами
(решение в двух направлениях, например, динамизация и переход на микро-уровень)

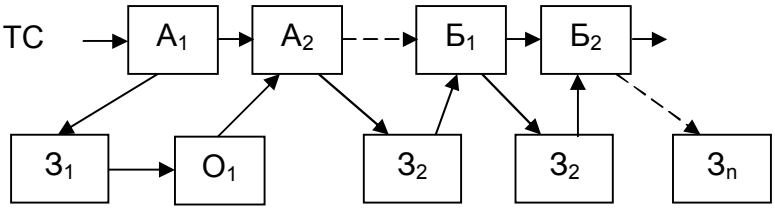


д) задача с со слиянием на одном ответе (например, динамизация + микропереход)



Модификации технической системы (А,Б…)

е) "гроздь" задач по одной ТС



Задачи, возникающие при развитии ТС

Рис.17. Способы включения задач в материал курса.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ИМ-ТРИЗ-ТЕХНОЛОГИИ

Специалисты по инженерии знаний, в частности наши голландские коллеги, правы в том, что база знания, составляющая основу ИМ-ТРИЗ-технологии должна быть хорошо структурирована, т.е. монолитна, описана на едином языке, иметь один вход и один выход, иметь множество связей между отдельными блоками. Любая задача, поставленная пользователем, должна быть обработана системой по единым правилам, классифицирована и должна попасть в соответствующее русло решения со своими специфическими процедурами, часть из которых должна выполняться автоматически.

Сейчас деление задач в ТРИЗ весьма условно - есть "стандартные" и "нестандартные" задачи; первые решаются по системе стандартов, вторые - должны решаться по АРИЗ. Между тем ни в технике, ни в головах потенциальных пользователей такого деления провести невозможно: стандартные задачи для одних часто оказываются нестандартными для других. Раньше такие навыки приблизительной классификации задач отрабатывались на длительных учебных семинарах, сейчас, в ИМ-технологии, это невозможно. Любая задача пользователя, - точнее изобретательская ситуация, должна быть обработана, из нее должны быть извлечены задачи, рассортированы на конструкторские и изобретательские, сделан выбор задачи для решения и, наконец, должно быть определено типовое направление решения.

В целом система ИМ должна содержать в себе три блока:
- постановочный,
- решательный,
- прогностический.

Функции постановочного блока:
- анализ и синтез исходной (изобретательской) ситуации (ИС),
- проверка на достоверность,
- достройка ИС до полной.

Решательный блок должен состоять из одной входной подсистемы и нескольких подсистем для решения задач.

Входная подсистема должна разделять задачи, как минимум, на четыре класса:
- конструкторские,
- задачи-аналоги, по которым в базе знаний имеется аналог с ответом,
- типовые задачи, содержащие типовые структурные формулы (признаки) и решаемые с помощью типовых операторов (стандартов, приемов, эффектов),
- задачи, требующие углубленного анализа по АРИЗ.

Прогностический блок должен основываться на ЗРТС и давать развернутый анализ данного этапа развития ТС, определять конкретные направления дальнейшего развития ТС, формулировать проблемы развития и превращать часть этих проблем

в изобретательские задачи, а часть в исследовательские и экспериментальные. Начало данного блока может быть положено созданием системы ИП-ТС.

май, 1992 г., Красноярск