

# КОНЦЕПЦИЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ АРИЗ В СИСТЕМУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ю.П.Саламатов

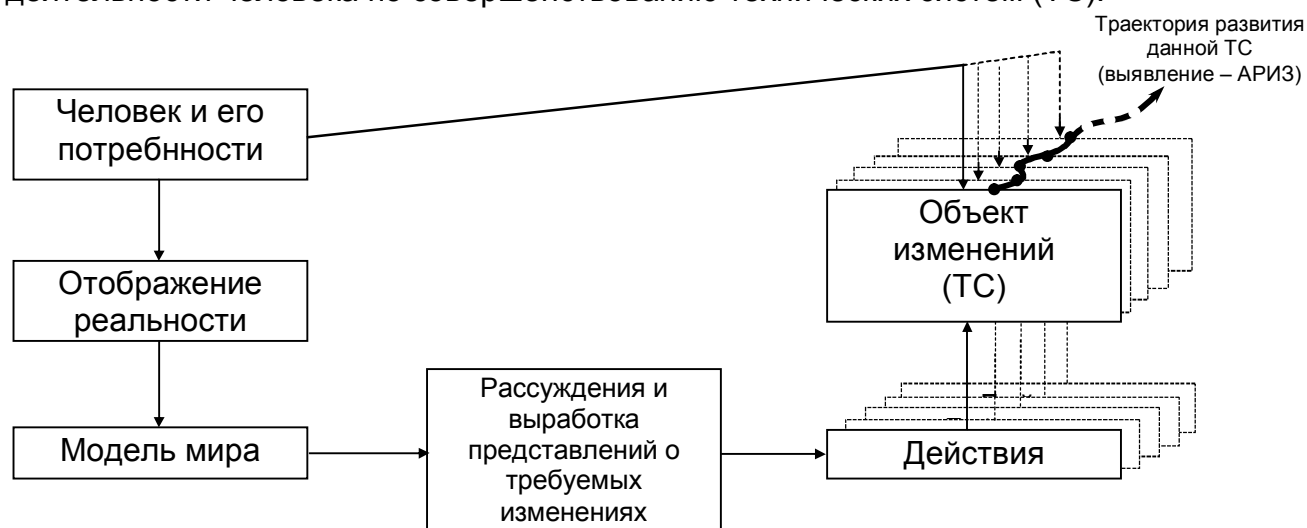
Красноярский филиал лаборатории изобретающих машин

1. Введение.
2. Цели и трудности формализации АРИЗ.
3. Теоретические основы точного моделирования изобретательских ситуаций.
4. Две концепции процесса постановки задачи.
5. Входная часть АРИЗ: синтез и обработка изобретательских ситуаций.
6. Топологический анализ изобретательских ситуаций.
7. Некоторые идеи в развитие входной части ИМ-АРИЗ

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Задачей традиционной науки о ИИ является воссоздание с помощью искусственных устройств разумных рассуждений и действий при решении задач. Попытка создать модель человека, а затем решать задачи, является чрезвычайно трудным путем, возможно неосуществимым самим человеком. Существует другой путь автоматизации процесса решения задач, по крайней мере, в технике.

Процесс решения задачи не является самоцелью, это лишь часть преобразующей деятельности человека по совершенствованию технических систем (ТС).



Объекты (ТС) изменяются по воле человека, поэтому широко распространена иллюзия о неограниченности этих изменений.

Единство технического мира, физичность всех его проявлений, связей и взаимоотношений с природой и обществом обуславливают существование в технике своих законов изменения.

Любые изменения, осуществляемые человеком, лежат на (или вблизи) некоторой траектории развития данной ТС. Можно понять объективные законы развития

техники и, на их основе, эффективно управлять процессом решения задач.

Человек формулирует задачу, а затем функциональная деятельность субъекта в технике теряет свое главенствующее значение - в процессе решения человек должен все в большей степени становиться компонентом человеко-машинной системы по решению изобретательских задач.

В подтверждение объективности развития техники, независимости этого процесса от личностных качеств человека, решающего задачу, можно привести высказывание группы американских психологов<sup>1</sup>, признавших, что до сих пор так и не оправдались надежды найти связь между интеллектуальной деятельностью и такими качествами как умственная одаренность, экстраверсия-интроверсия, нейротизм, когнитивный стиль и др.: *"После 50 лет исследований полученные данные свидетельствуют о том, что личностные качества имеют в лучшем случае слабое отношение к интеллекту и интеллектуальным достижениям"*.

Для четкого выявления траектории развития ТС в СССР создан и успешно опробован на многих тысячах задач универсальный механизм изобретательства в технике - алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) [1]. Практика применения АРИЗ в течении почти трех десятилетий заключалась в использовании человеком текстовой программы, управляющей его мышлением; причем предварительно каждый шаг программы и в целом вся идеология алгоритма тщательно отработывались на учебных задачах.

Первые попытки компьютерного воплощения АРИЗ ничем не отличались от традиционной технологии его применения.

## 2. ЦЕЛИ И ТРУДНОСТИ ФОРМАЛИЗАЦИИ АРИЗ.

Трудности перевода многих механизмов ТРИЗ с уровня "текстовых редакторов", с каким бы то ни было "дружественным интерфейсом", на уровень автоматизированных (хотя бы частично) систем ИИ заключаются, главным образом, в недостаточной разработанности и структурированности баз знаний составляющих область действия того или иного инструмента ТРИЗ. Именно поэтому проект "ИМ" имеет, пока что, единственный и быстро исчерпывающийся ресурс развития - расширение номенклатуры подсистем примерно одного и того же уровня.

Можно выделить три характерных уровня разработки БЗ:

- **вопросники** и простые эвристики (ИМ-эффекты, ИМ-приемы); этот уровень невозможно автоматизировать;
- **правила** моделирования и принятия решений (ИМ-стандарты, можно автоматизировать отдельные моменты);
- **алгебра** конфликта, точные модели, формализация качественных понятий – возможна полная автоматизация.

Даже наиболее развитый инструмент для решения трудных изобретательских

---

<sup>1</sup> Mayer J.D., Caruso D.R., Zigler E., Dreyden J.I. Intelligence and intelligence-related personality traits. Intelligence. Norwood (N.Y.), 1989. vol.13, N 2, P.119-133

задач - АРИЗ – это "смесь" двух уровней – вопросников и правил, он страдает концептуальной неполнотой и неопределенностью; например, в 1-й части алгоритма:

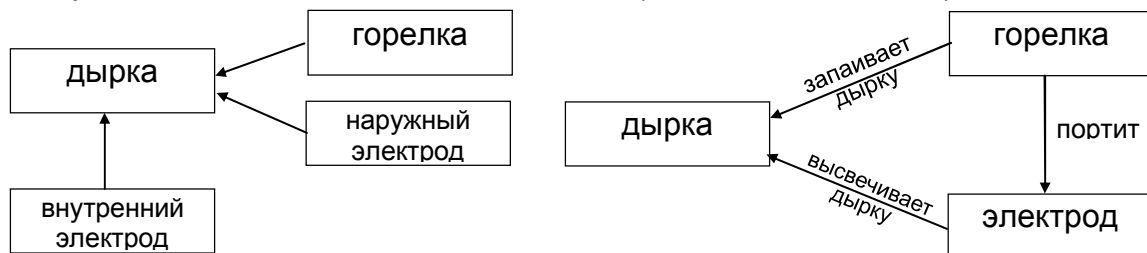
- нет подпрограммы синтеза и обработки изобретательских ситуаций;
  - отсутствует механизм синтеза ТС (если нет прототипа для мини-задачи);
  - нет четких критериев выбора задачи из некоторого множества;
  - неизвестен полный набор схем конфликтов в моделях задач;
  - в части задач трудно четко сформулировать цель изменений (ГПФ, ГПП).
- поэтому АРИЗ в нынешнем виде невозможно автоматизировать.

Разработка каждого из этих вопросов до уровня формализации шагов алгоритма позволила бы внести в ИМ элементы автоматической обработки изобретательских задач. Под формализацией здесь понимается метод выявления и объяснения изучаемых закономерностей, при котором одна и та же мысль всегда выражается при помощи одних и тех же рядов слов и знаков, расположенных одним и тем же способом.

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 [1]: изобретательская ситуация (ИС) очищается от лишних слов, упрощается и изображается в виде семантической сети (объекты - действия).



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 объясняется объективными и субъективными причинами:

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

Пользователь оперирует не реальными техническими объектами, 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, понаслышке; 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!;

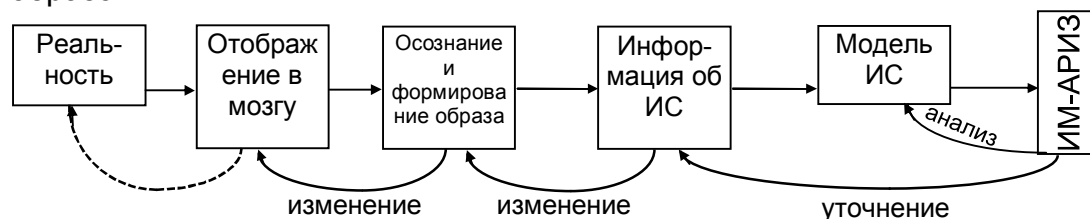
- **не-ИС** - нетехническая; пример: как оптимизировать движение общественного транспорта в городе, требуется подобрать условия химической реакции;
- **ИС-глоб** - на "осчастливливание" человечества, одномоментное решение глобальных задач; пример: пробурить Землю насквозь, использовать вулканы для нужд 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 объем 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:



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).

Следует считать ИС обработанной тогда, когда в схеме представлены все элементы, порождающие в совокупности конфликт, и эти элементы представлены без избыточности и многозначности. Тогда пространство ИС будет хорошо определено и, при этом, прагматику и семантику задачи можно будет представить

в формализованном виде. Формализация качественных понятий сводит к минимуму неоднозначность толкования, неизбежную на интуитивном (языковом, образном) уровне. ИС станет более абстрактной и более строгой. Такую формулировку ИС можно назвать **замкнутой**, в отличие от начальной - **открытой**. Полученную замкнутую формулировку ИС далее следует уменьшить путем введения ограничений и получить мини-задачу.

### 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТОЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ СИТУАЦИЙ.

Перевод условий задачи (ИС, мини-задачи) с естественного языка на формализованный - первый необходимый этап перехода к действительному ИИ, вместо его иммитации.

Сущность этого этапа состоит в переходе от описательных к точным моделям, а значит к возможности применения математических методов. Это, как правило, уже на первых шагах приносит новые важные результаты.

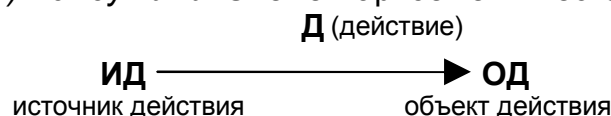
Ведь с моделями легче оперировать, изменять их, искать решения а, значит, находить и отрабатывать новые методические приемы. Кроме того, модель (формула, уравнение) снимает проблему терминов (психинерция специальности, психинерция образов) в каких бы терминах ни ставили задачу, в формуле их нет.

Идея данной работы состоит в **выработке механизма построения и обработки системной модели исходной проблемы - изобретательской ситуации**, которая бы связывала реальные объекты (их отражения), факторы действующие в техносфере и мотивации субъекта (пользователя - изобретателя).

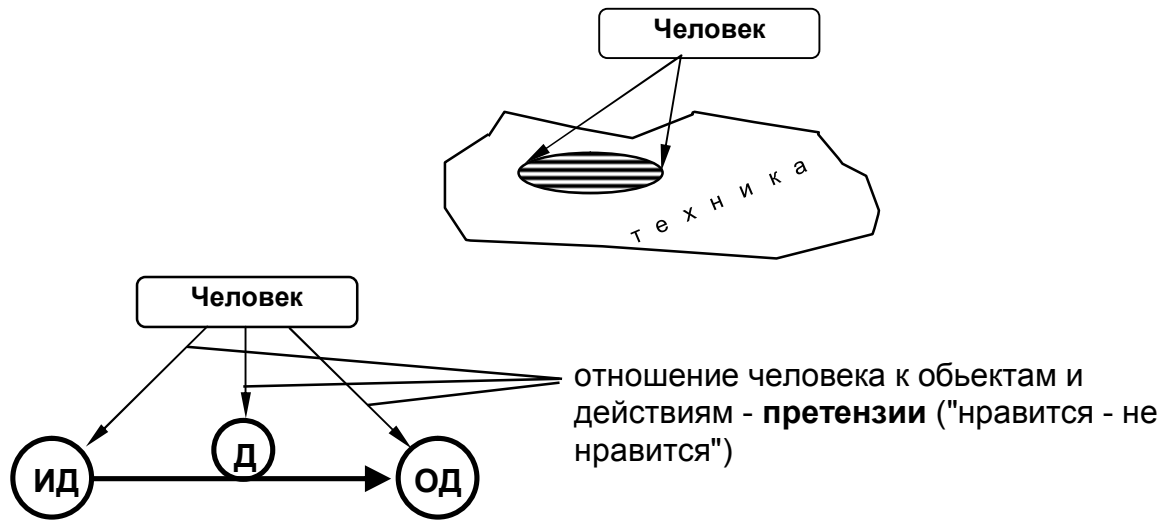
Представление ИС в виде семантической сети можно считать удачным способом, позволяющим выяснять некоторые важные особенности проблемных ситуаций; способ также дал возможность начать формализацию и обработку ИС, что, в свою очередь, приносит новые знания о свойствах и методах преобразований ИС. Например, оказалось неверным ранее существовавшее представление об ИС, как о части иерархической схемы ТС ("больное место системы"); *ситуация не совпадает с иерархией в этом месте технической системы.*

Что такое АРИЗ - инструмент для человека или для преобразования технических систем? И то и другое - **это инструмент для управления мозгом человека в процессе преобразования в технике.**

В общем случае, *техника - это совокупность объектов и отношений (взаимодействий) между ними.* Элементарное техническое звено:

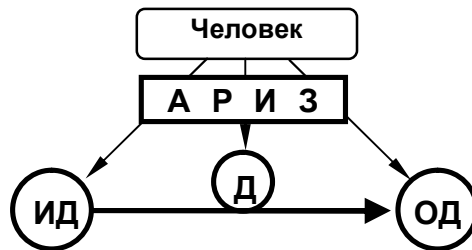


Но все процессы в технике идут с участием (опосредованным) человека, важно именно его отношение к этим процессам, его субъективная оценка. Т.е. элементарное звено, попавшее в поле зрения человека, всегда включает в себя субъект (связано с ним):



Движущая сила изменений в технике - возникновение претензий<sup>2</sup>, направленных на исключение недостатка или увеличение полезности (есть претензии - будут изменения, нет претензий - не будет изменений).

Где в этой схеме место АРИЗ? - это область оптимизации воздействий человека на технические системы.



АРИЗ - это набор операторов по оптимальному управлению интеллектом в процессе изменения техники. Что значит оптимально?

- экономный, кратчайший путь к сильным изобретениям, т.е. к высокоэффективным изменениям в ТС;
- подчинение мышления человека объективным законам развития техники, запрет на бессмысленные попытки внесения антропоморфных притязаний в процессы развития техники.

Итак, направление изменений в технике не зависит от психики человека, а обусловлено объективной реальностью. Интересно, что примерно о том же говорит известный исследователь сказок В.Я.Пропп [2]: "Мы нашли, что композиционное единство сказки кроется не в каких-нибудь особенностях человеческой психики, не в особенности художественного творчества, оно кроется в исторической реальности прошлого"(с.353).

<sup>2</sup> К понятию "претензии". В процессе создания и развития технических систем человек частично перекладывает на технику одно из своих основных свойств: аккумулировать и передавать жизненный опыт, используя его для адаптации к среде по принципу обратной связи и для удовлетворения постоянно возрастающих потребностей человека - это и есть претензии, стимул и стабилизатор развития техники.

Этот исследователь открыл "явление всемирного сходства фольклорных сюжетов" (с.360). Всего лишь 21 сюжет состоящий, примерно, из 175 элементов. Из этих сюжетов и элементов складываются конкретные композиции сказок, которые подчиняются "закону сохранения композиции". Движущей силой развития сюжета является борьба против какого-либо *нанесенного ущерба* или *вреда* или *желание иметь что-либо* (с.18), то есть (в наших терминах) - *исключение недостатка* или *увеличение пользы*.

Есть ли сюжеты в изобретательстве? Если взять за основу отношение субъекта к элементарному техническому звену, то можно составить 27 ситуаций, с которых начинается процесс изобретательства. При этом, каждый из трех элементов может быть (с точки зрения человека) - «хорошим» (в табл. - плюс), «плохим» (минус), «отсутствующим» (ноль).

### Изобретательские "сюжеты"

табл.1

#	ИД	Д	КД
1	+	+	+
2	+	+	-
3	+	-	-
4	-	+	-
5	-	-	+
6	-	+	+
7	+	-	+
8	-	-	-
9	+	+	0
10	+	0	+
11	0	+	+
12	-	-	0
13	-	0	-
14	0	-	-
15	+	-	0
16	+	0	-
17	0	+	-
18	-	+	0
19	-	0	+
20	0	-	+
21	+	0	0
22	-	0	0
23	0	+	0
24	0	-	0
25	0	0	+
26	0	0	-
27	0	0	0

Анализ множества изобретательских задач позволяет классифицировать отношение «плохо» следующим образом:

#### 1. для действия:

- избыточное,

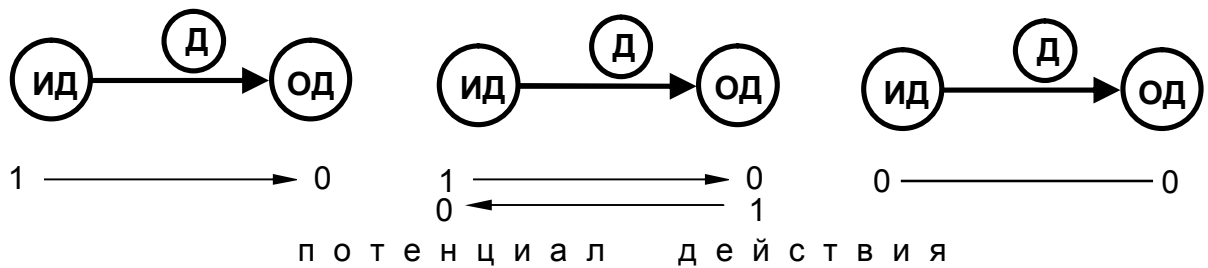


- недостаточное,
- нерегулируемое,
- нет информации о нем,
- выполняется человеком,
- вредно для других объектов,

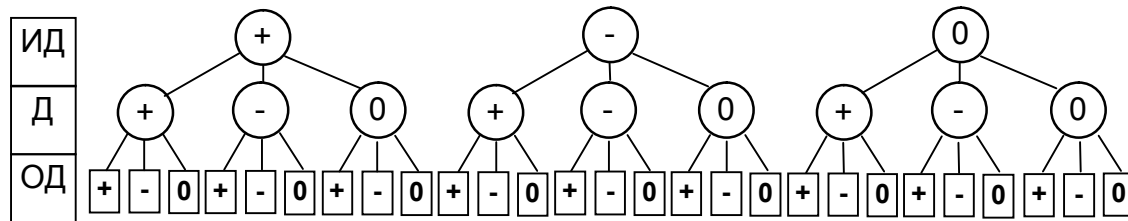
**2. для объектов (ИД, ОД):**

- не обеспечивает действия/результата - **не О**,
- неидеальный (имеет М,Г,Э); трудоемкий, дорогой, сложный - **не И**,
- нетехнический - **не Т**.

Действия можно подразделить на: собственно **действие** (одностороннее), **взаимодействие** (двустороннее действие) и **состояние** (вырожденное действие). Схематично это можно изобразить так:

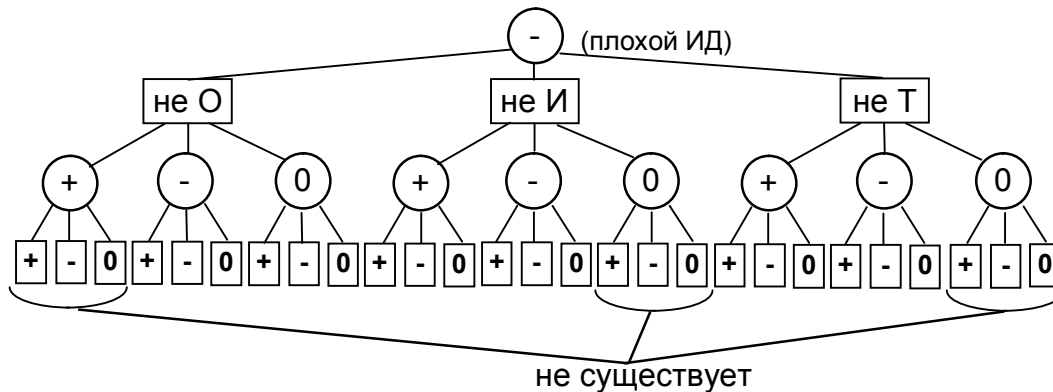


Таблицу 1 можно представить в виде дерева:



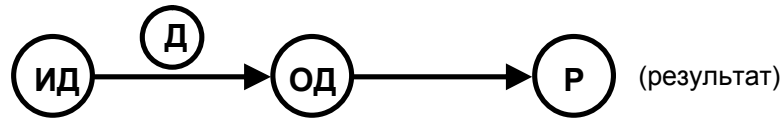
Если же продолжить детализацию дерева и ввести признаки "что такое плохо" для действия и для объектов, то количество вариантов возможных ИС быстро возрастает ("комбинаторный взрыв"). Для их сокращения необходимо часть из них отбросить, как не отвечающие реальным условиям.

Например, для ветви "плохой ИД" набор ситуаций будет следующий:



Необходимо довести анализ до конца и выявить список типовых ИС.

Прежде, чем интерпретировать ИС, надо установить, что такое "хорошо" и что такое "плохо" по отношению к результату:



- ИД хороший, потому, что дает хорошее действие;
- ИД плохой, потому, что не дает хорошего действия, неидеальный, нетехнический;
- Д хорошо потому, что преобразовывает ОД в результат, удовлетворяющий потребности человека;
- Д плохо потому, что неоптимально, нерегулируемо, неизмеряемо, выполняется человеком, вредно для других объектов;
- ОД хороший потому, что преобразуется в результат нужный человеку;
- ОД плох потому, что не преобразуется в нужный результат или вредит другим объектам.

Любая проблема может быть решена изменением любого из трех элементов сюжета (ИД,Д,ОД) или их сочетаний.

Например, проблему в которой ИД плохой можно решить изменением ИД, или Д, исходящего из ИД, или ОД, или их сочетаний. Это объясняется тем, что элементы взаимосвязаны в системе. В принципе, задачу можно решить изменением Субъекта (отказ от претензий).

Спектр ИС располагается между крайними ситуациями:

ИД	Д	ОД	
+	+	+	- полностью решенная проблема
0	0	0	- полностью вырожденная проблема; или нет прототипа и необходимо сначала придумать ИС, а затем решать ее;
-	-	-	- сводится к предыдущей, но с прототипом.

Все остальные ИС можно разделить на три группы: имеющие претензии ("плохо" или "отсутствует") к одному элементу, к двум, ко всем трем.

Рассмотрим ИС третьей группы (две из них рассмотрены выше: три нуля, три минуса):

12)	-	-	0
13)	-	0	-
14)	0	-	-
22)	-	0	0
24)	0	-	0
25)	0	0	-

Даже беглый анализ показывает, что это нереальные ИС, они не имеют смысла в техническом изобретательстве.

Таким образом, остаются только ИС имеющие в своем составе обязательно "плюс" (один или два) и "минус"/"ноль" (соответственно: один или два).

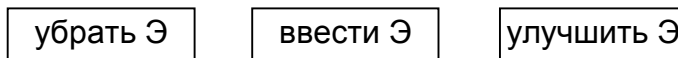
Связь (ИД - Д - ОД) это простейшая (элементарная) причинно-следственная цепочка (ПСЦ). В физическом смысле это ПСЦ-действий (такая цепочка необратима).

В эвристическом смысле это ПСЦ-изменений (цепочка обратима, инверсна). Изменения полностью зависят от изобретателя и объективных ЗРТС. Пользователь должен иметь возможность выбора проблемы и способа ее решения (прямой ПСЦ или обратной).

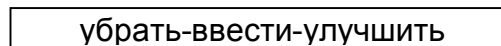
Рассмотрим типы ПСЦ-изменений.

Виды изменений элементов (Э) сюжета:

- одиночные



- комплексные, например,



т.е. убрать элемент и ввести на его место новый улучшенный.

На основании этого можно представить следующие способы решения проблем:

1	Убрать данный элемент и таким образом убрать его недостаток	$(\Theta - \theta) \Rightarrow 0$
2	Ввести данный элемент и получить пользу	$0 \Rightarrow (\Theta + \Delta\Phi)$
3	Улучшить данный элемент до исчезновения его недостатка	$(\Theta - \theta) \Rightarrow \Theta$
4	Убрать данный элемент и тем самым улучшить другой	$\Theta_1 \Rightarrow 0$ ----- $\Rightarrow \Theta_2 + \Delta\Phi$ $\Theta_2$
5	Ввести данный элемент и тем самым улучшить другой	$0 \Rightarrow \Theta_1$ ----- $\Rightarrow \Theta_2 + \Delta\Phi$ $\Theta_2$
6	Улучшить данный элемент и тем самым улучшить другой	$\Theta_1 \quad \Theta_1 + \Delta\Phi$ ---- $\Rightarrow$ ----- $\Theta_2 \quad \Theta_2 + \Delta\Phi$
7	Убрать данный элемент и ввести на его место другой с улучшенными свойствами	$\Theta_1 \Rightarrow \Theta_2 + \Delta\Phi$

#### 4. ДВЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОЦЕССА ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ.

Возможны две концепции перевода АРИЗ в систему ИИ:

1. Вести Пользователя по жесткой программе:

- определить понятие элементарной технической цепочки (ИД -> Д -> ОД -> Р),
- составить и зафиксировать все имеющиеся цепочки,
- опросом выявить место конфликта,

- выйти на типовую схему конфликта.
2. Полностью поддаться Пользователю:
- постепенно выстроить семантическую сеть ИС (схему из объектов и связей),
  - уточнить ее,
  - повысить достоверность,
  - упростить-оставить необходимый и достаточный фрагмент от исходной семантической сети;
  - сформулировать конфликт,
  - выбрать (или составить) схему конфликта.

Иначе говоря, 1-я концепция заключается в выборе ИС из "рецептурного справочника", а 2-я в постепенном формировании "рецепта".

Изобретательская ситуация - это совокупность обстоятельств (объектов и связей) в технической системе, чем-то неудовлетворяющая человека.

Любая ИС состоит из трех блоков:

- структура (объекты и связи);
- указание на то, что плохо (неудовлетворительные обстоятельства);
- что необходимо получить после решения ИС.

Изображение ИС в виде схемы является удобной формой представления проблемы с резко ограниченной, но достаточной, семантикой.

## **5. ВХОДНАЯ ЧАСТЬ ИМ-АРИЗ: СИНТЕЗ И ОБРАБОТКА ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ СИТУАЦИЙ.**

Создание входной части АРИЗ заключалось в формировании четкой подпрограммы синтеза и эффективной обработки изобретательской ситуации на основе активного использования знаний и мотиваций пользователя. В основу разработки была положена идея составления семантической сети; в процессе ее составления проявляются (актуализируются) знания и претензии пользователя, формируется и уточняется структура ИС.

Работы в этом направлении начаты инициативной группой (Саламатов Ю.П., Курьян А.Г., Соловей А.М.) в 1990 г., были нащупаны новые подходы, выработаны идеи дальнейшего развития АРИЗ и превращения его в базу знаний для машинного варианта программы управления мыслительными действиями человека в процессе решения изобретательской задачи. К концу года была собрана картотека реальных изобретательских задач (более 1000 карточек) на основе выборки из заводских *"темников по изобретательству и рационализации"*. Критерии выборки были минимальными:

- задача должна быть технической;
- условия задачи и некоторые обстоятельства "за кадром" должны быть понятны обработчику;
- задача должна быть изобретательской, т.е. иметь сложность примерно второго уровня и выше.

Столь мягкие правила отбора задач объясняются желанием максимально увеличить разнообразие задач и приблизить условия эксплуатации ИМ-АРИЗ к реальности - к тому, что с машинной версией алгоритма будут общаться (в

отличие от традиционного "текстового" АРИЗ) абсолютно неподготовленные пользователи; они не знают логику АРИЗ, не умеют формулировать изобретательские задачи, технические противоречия и т.д.

В 1991 г. последовательность работ была следующей:

- создание фонда изобретательских ситуаций (январь-март); отобрано и обработано около 400 задач, по ним составлены ИС в виде семантических сетей; выявлены трудности и принципиальные методические вопросы, требующие специальной разработки;
- анализ затруднений в составлении ИС, изменения в методике выявления структуры ИС, разработка алгоритма обработки задачи на входе в АРИЗ (март);
- обкатка входной части АРИЗ (v.1.0) в виде "текстово-бумажных" протоколов записей процесса синтеза и обработки ИС по 40 задачам (апрель-май);
- анализ претензий к методике обработки и сбоев алгоритма по блокам, связкам, преобразованиям и общей схеме программы, отладка и уточнение шагов (июнь-июль);
- разработка метода топологического анализа структуры ИС (июль);
- разработка универсального программного обеспечения для формирования и испытания любых версий ИМ-АРИЗ (май-август);
- выработка общей концепции перевода АРИЗ в систему искусственного интеллекта (июль-август);
- компьютерное воплощение входной и первой частей АРИЗ, проверка, обкатка, сбор претензий, корректировка (сентябрь-декабрь).

Главные идеи входной части ИМ-АРИЗ:

- вести диалог с Пользователем, но в минимальном режиме;
- проводить скрытый анализ ИС;
- уточнять у Пользователя детали;
- автоматически обрабатывать, упрощать, формулировать, создавать модель задачи.

Одна из модификаций входной части ИМ-АРИЗ приведена с краткими комментариями по ходу анализа задачи.

Отсеивание безпроблемных ситуаций	<b>1. У вас есть проблема? ДА/НЕТ</b>
Формулировка проблемы, как она представляется Пользователю	<b>2. Плохо то, что...</b> (проблема X)
Отбор значимых объектов из некоторого множества (концентрация внимания Пользователя)	<b>3. Перечислите объекты относящиеся к данной проблеме:</b> 1) 2) ..... n)
Проявление структуры ИС (объекты + связи): • автоматическое построение таблицы,	<b>4. Укажите в таблице пары элементов, связанных отношением «действует на»<sup>3</sup></b>

<sup>3</sup> Объект строки  $A_i$  действует на объект столбца  $A_j$   
В одной клетке таблицы можно указывать только одно действие (одно слово).

- актуализация связей,
- определение действий/состояний

$A_i \rightarrow A_j = U_{ij}$

	$A_1$	$A_2$		$A_j$
$A_1$				↑
$A_2$				↑
$A_i$	→			$U_{ij}$

### Примечания.

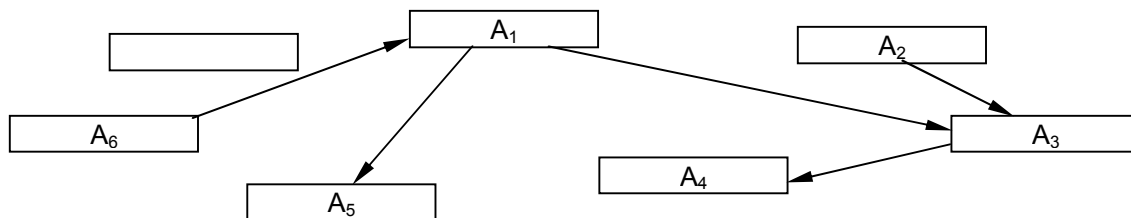
1. Попытка отметки действия на главной диагонали матрицы указывает на то, что объект действует «сам на себя». В этом случае необходимо развернуть объект на два (или более) элемента и актуализировать действия между ними (симметрический подграф - на двух элементах со встречными действиями; мультиграф - на большем числе элементов).

**Пример.** Отливка, остывая в форме, создает неравномерное поле внутренних напряжений - «сама себя портит»; развернутый симметричный подграф: холодный слой ( $\mathcal{E}_1$ ) сжимает горячий ( $\mathcal{E}_2$ ), который противодействует этому; ситуацию можно развернуть и в мультиграф: нерегулируемое тепловое поле ( $\mathcal{E}_1$ ), холодные ( $\mathcal{E}_2$ ) и горячие ( $\mathcal{E}_3$ ) слои и т.д.

2. «Пустой» объект, после подтверждения его «пустоты» (отсутствия связей), исключается из матрицы.

Строится параллельно  
автоматически

матрице **5. Из таблицы элементов построить  
схему взаимодействий**



### Примечания.

3. Уточнение структуры ИС:

- наглядно связи и объекты,
- простой графический редактор

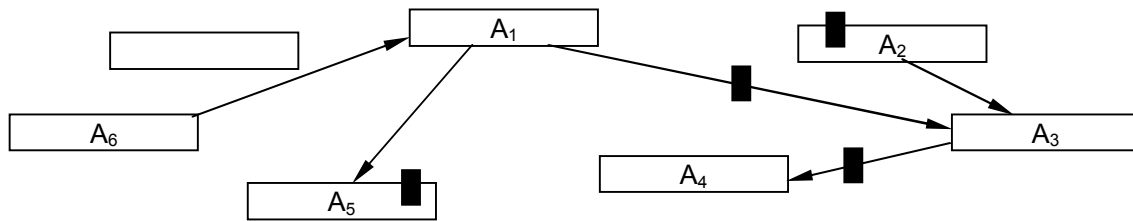
4. Автоматическое упрощение схемы:

- исключение пересечений,
- последовательно-иерархическое расположение элементов

Объявление претензий Пользователя  
Отметка маркером - "окраска" схемы.

**6. Отметьте в полученной схеме  
объекты и действия вызывающие  
Ваше недовольство тем, что  
существует.....(X).....**

окрашенные элементы схемы:  $A^*$ ,  $U^*$



### Примечания.

5. Четкая нацеленность на проблему - выбран определенный угол зрения рассмотрения проблемы.

6. Шаги 1-6 постепенно канализуют мышление Пользователя - от полной свободы до свободы выбора в рамках сформулированной проблемы (схемы)

Актуализация знаний Пользователя о возможных путях решения (по действиям) Блок выхода на конструкторские и изобретательские задачи

### 7. Тестирование действий, вызывающих недовольство.

7-1. Для того, чтобы проблема ....(X)... исчезла, необходимо действие ...Uij... объекта ...Ai... на объект .....Aj....

**усилить;**                    **удалить**  
**ослабить;**                 **регулировать**

Знаете ли вы как усилить/-ослабить/удалить/регулировать действие ..Uij..объекта ...Ai.

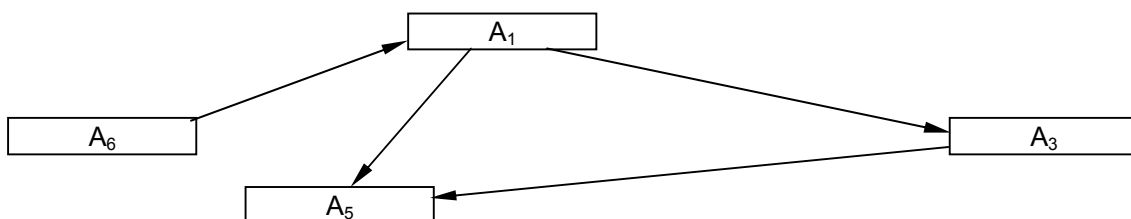
на объект .....Aj..... ?

**ДА** - (констр. или изобр. зад.)

**НЕТ** - (изобрет. зад)

Если "да", то каким образом ? .....Y-изменение

Как изменится схема взаимодействий, полученная в п.5, если действие Uij объекта Ai на объект Aj усилить/-ослабить/удалить/регулировать с т.з. решения проблемы (X).



### Примечание.

Исчезают или появляются  $A_{ij}$ ,  $U_{ij}$ ; возможны новые  $A^*$ ,  $U^*$ .

Отметьте на схеме, какие объекты и воздействия вызывают ваше недовольство ?

Если нет недовольства задача конструкторская.

Если есть недовольство задача изобретательская.





объекта:

При изменении параметра ( $Z$ ); замене или удалении объекта ( $A_{ij}$ ) проблема ( $X$ ) решается, но при этом появляется недостаток ( $A^*, U^*$ ).

Вы согласны? **ДА / НЕТ**

Необходимо, чтобы проблема ..... была решена и при этом не появлялся недостаток ( $A^*, U^*$ ).

И т.д.

## 6. ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ СИТУАЦИЙ

Синтез ИС с одновременным ее представлением в наглядной матричной (*табличной*) и графической (*семантическая сеть*) формах требует на следующем шаге быстрой обработки полученной ИС для выявления степени её достоверности, уточнения, упрощения и перестройки; **цель упрощения и перестройки** - автоматический выход на мини-задачу и схему конфликта.

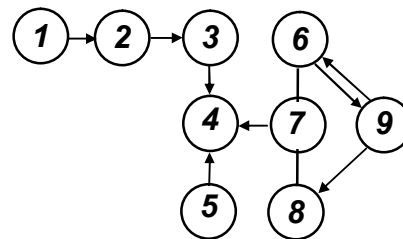
Механизм формулирования ИС оказался весьма удобным для применения хорошо разработанных разделов математики таких как: теория множеств, теория графов, теория вопросников, логика (исчисление высказываний), теория моделей и др.

Покажем один из механизмов обработки топологический анализ семантической сети ИС на реальном примере.

**Проблема.** Высоковольтные ЛЭП переменного тока, проходящие в районах с повышенной химической загрязненностью атмосферы и с частыми осадками в виде рос и туманов, требуют специальных мер для предотвращения тока утечки. Ток утечки может идти по образуемому из загрязнений и влаги электропроводному слою на поверхности подвесных тарельчатых фарфоровых изоляторов - между проводом и заземлением (траверсой опоры).

Одна из версий ИС, составленная пользователем:

1-провод ЛЭП;	1-2 -проводит
2-электр.ток;	2-3 -производит
3-ток утечки;	3-4 -течет
4-электропроводный слой;	4-5 -стекает
5-Земля	7-4 -держит
6-влага	6-7 -оседает
7-изолятор	6-9 -испаряется
8-загрязнения	9-6 -производит
9-атмосфера	9-8 -производит
	8-7 -оседает



### 6.1. Анализ элементов структуры.

Прежде всего необходимо обнаружить особые элементы:

6.1.1. изолированные (неинцидентные<sup>4</sup> ни одной из связей);

6.1.2. входные (в которые нельзя попасть ни из одного другого элемента);

6.1.3. выходные (из которых нельзя попасть в другие элементы).

Отыскание этих элементов проведем по матрице смежности<sup>5</sup>  $\|A = a_{i,j}\|$ , по которой для каждого элемента  $k = 1, n$  (где  $n$  число элементов в топологической структуре) определяется вектор  $a(k) = (a_k, a^k)$  с компонентами:

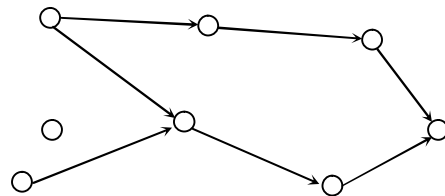
$$a_k = \sum_{i=1}^n a_{ki}, \quad a^k = \sum_{j=1}^n a_{jk}$$

т.е.  $a_k$  - есть сумма элементов  $k$ -й строки матрицы,  
 $a^k$  - есть сумма элементов  $k$ -ого столбца

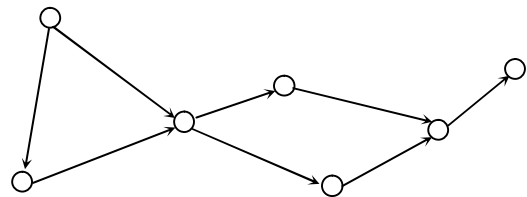
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$a_k$
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
$a^k$	0	1	1	2	1	1	2	1	1	10

Величина  $a_k$  - определяет число связей выходящих из  $k$ -го элемента, а  $a^k$  - число связей входящих в него.

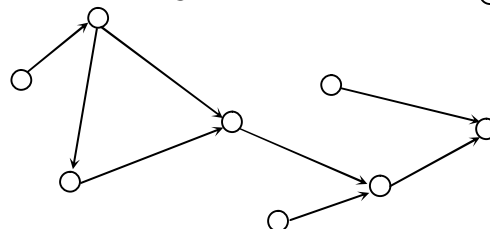
Если  $a_k = a^k = 0$ , то элемент  $k$  изолирован,



Если  $a_k = 0$ , то элемент  $k$  выходной,



Если  $a^k = 0$ , то элемент  $k$  входной.



Наличие в структуре изолированных элементов свидетельствует об ошибках в описании ИС.

<sup>4</sup> Связи входящие или исходящие из элемента  $a$  называются инцидентными элементу  $a$ .

<sup>5</sup> Элементы называются смежными, если они: 1) различны, 2) существует связь между ними.

Один из выходных элементов является "результатом (продукцией)" в структуре ИС, предшествующий элемент - "изделием"; таких элементов, как правило, должно быть по одной в структурах ИС.

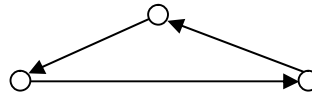
Через входные и выходные элементы осуществляется процесс взаимодействия данной структуры ИС с другими системами, уровнями, внешней средой.

## 6.2. Анализ связей.

6.2.1. Петли (наличие связи между входом и выходом одного и того же элемента) - нет (простейший признак этого - отсутствие единицы на главной диагонали матрицы).



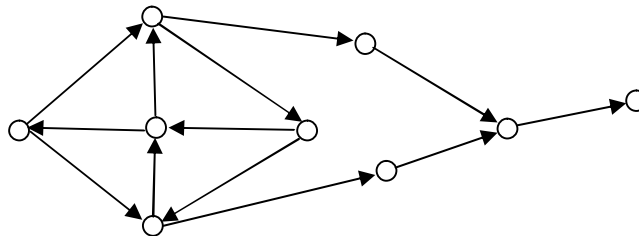
6.2.2. Контур (чередующаяся последовательность элементов  $a$  и связей  $u$  в которой начальный и конечный элемент совпадает, при  $k > 2$ ).



6.2.3. Определение связных подструктур производится по пересечению множеств:  $\mathbf{B}(i) = \mathbf{B}_i \mathbf{V}^i$

где  $\mathbf{B}_i$  - множество элементов структуры, которые можно достичь по связям из данного элемента  $i$ .

$\mathbf{V}^i$  - множество элементов структуры, из которых можно достичь элемент  $i$ .



Это пересечение содержит элементы принадлежащие одной связной подструктуре. Последовательно перебирая элементы  $i$  и определяя множество  $\mathbf{B}(i)$  до тех пор, пока в эти множества не войдут все элементы структуры, можно найти его разбиение на связные подструктуры.

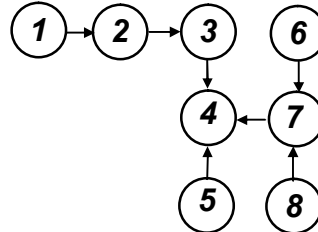
Связные подструктуры можно интерпретировать как подсистемы ТС или как подробно раскрытые понятия. И то и другое для упрощения ИС можно свернуть в один элемент. Кроме того, выгодно свертывать те участки структуры, где имеются петли и контуры. Санкцию на свертывание дает пользователь.

Пересечение	Кол-во общих элементов (кроме своего №)
$\mathbf{B}(1) = \{1,2,3,4,5\} \cap \{1\} = \{1\}$	0
$\mathbf{B}(2) = \{2,3,4,5\} \cap \{2\} = \{1,2\}$	0
$\mathbf{B}(3) = \{3,4,5\} \cap \{3\} = \{1,2,3\}$	0
$\mathbf{B}(4) = \{4,5\} \cap \{4\} = \{1,2,3,4\}$	0
$\mathbf{B}(5) = \{5\} \cap \{5\} = \{1,2,3,4,5\}$	0

$V(6) = \{4,5,6,7,8,9\} \cap \{6\} = \{6,9\}$	1
$V(7) = \{4,5,7\} \cap \{7\} = \{6,7,8,9\}$	0
$V(8) = \{4,5,7,8\} \cap \{8\} = \{6,8,9\}$	0
$V(9) = \{4,5,6,7,8,9\} \cap \{9\} = \{9,6\}$	1

Единственной связной подструктурой можно считать симметрический подграф (6-9), необходимо свернуть его в один элемент.

Полученная (после этого) структура:



### 6.3. Определение степени связности

6.3.1. Элементная связность: наименьшее количество элементов, удаление которых из структуры приводит к несвязной структуре, содержащей изолированные элементы.

Эта операция имеет двойное значение:

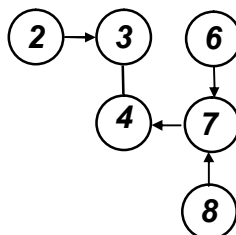
1)нахождение элементов, удаление которых не отражается на ИС; 2)нахождение элементов, удаление которых ведет к наиболее полному (радикальному) распаду ИС.

Здесь же необходимо найти один главный (наиболее значимый для ИС) элемент. В итоге нужно получить минимально необходимую и достаточную структуру ИС.

Ранжирование элементов по важности:

удаляемый элемент	кол-во образовавшихся осколков ИС (изолированные эл-ты и структуры)	отметка важности (-) - можно удалять (+) - важный для ИС (++) - главный эл-т
1	0	-
2	1	+
3	2	+
4	3	++
5	0	-
6	0	+
7	3	++
8	0	+

Новая структура :



6.3.2. Связность по действиям: определение наиболее важного действия, удаление которого приводит к устранению конфликта.

Опрос пользователя: главное действие - (6-7) оседание влаги на изолятор.

6.3.3. Оценка избыточности связности. Если  $R$  - количество действий (связей), а  $n$  - количество элементов, то минимально необходимое число связей для связности структуры ИС должно быть:

$$R_{\min} = n - 1.$$

Тогда степень избыточности связности:

$$g = \frac{R - R_{\min}}{R_{\min}} = \frac{R}{n - 1} - 1$$

Для исходной структуры ИС:

$$g = \frac{10}{9 - 1} - 1 = 0,25$$

Для полученной структуры ИС:

$$g = \frac{5}{6 - 1} - 1 = 0$$

При  $g = 0$  - минимальная неизбыточная структура ИС.  
 $g \geq 1$  сильносвязная избыточная структура.

Необходимо стремиться преобразовать в ИС с  $g = 0$ .

#### 6.4. Анализ функциональных преобразований.

Элементарная цепочка функциональных преобразований (или минимальная ИС):

**ИД** (источник действия) - **Д** (действие) - **ОД** (объект действия) - **Р** (результат)

Смысловая формула: **Х** действует на **У** в результате чего получается **Р**.

Таких цепочек три: 2-3-4; 6-7-4; 8-7-4. [4 главный функционер].

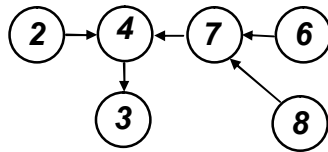
Смысловой анализ цепочек:

высказывание	оценка
2 образует 3 в результате чего получается 4	неверно
6 оседает на 7 в результате чего получается 4	верно
8 оседает на 7 в результате чего получается 4	верно

Перестройка первой цепочки:

2 течет по 4 в результате чего получается 3

Новая структура:



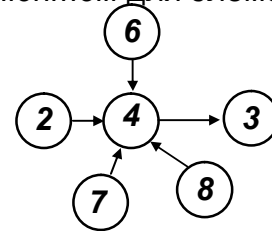
Цепочки:

- 1) 2-4-3
- 2) 6-7-4-3
- 3) 8-7-4-3

Необходимо сократить цепочки 2,3 до трех элементов.

Здесь 3 - *результат* (продукция), 4 - изделие, следовательно надо выбрать, что из элементов 6,7,8 является в этих цепочках *инструментом* для элемента 4.

Новый набор цепочек: 2-4-3; 6-4-3; 7-4-3; 8-4-3.



По сути, это вредный веполю; смысл ИС - убрать результат или не допустить его образования.

### 6.5. Определение диаметра структуры ИС

Пусть  $d_{ij}$  - длина минимального пути между входным элементом  $i$  и выходным  $j$ , равная числу действий составляющих этот путь. Тогда, если  $I$  и  $J$  - множества входных и выходных элементов структуры, то диаметр структуры

$$d = \max_{i \in I, j \in J} d_{ij}$$

характеризует максимальное число связей, разделяющих входные и выходные элементы - наибольшая длина причинно-следственной цепочки.

Для исходной ИС:  $d = 4$  (путь 1-2-3-4-5)

Для полученной ИС:  $d = 2$  (путь 2-4-3)

Для перехода к схеме конфликта необходимо получить  $d = 1$ .

### 6.6. Определение полюса действий - наиболее нагруженного элемента.

Элемент инцидентный более чем двум связям, называется полюсом.

Матрица смежности для новой ориентированной структуры ИС:

	2	3	4	6	7	8	$a_k$
2	0	1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	1	0	0	0	1
8	0	0	0	0	1	0	1
$a^k$	0	1	4	0	0	0	5

$$V(2)=1, V(3)=1, V(4)=5, V(6)=1, V(7)=1, V(8)=1$$

Явный полюсный элемент (4). Имеем однополюсную ориентированную структуру ИС. Показатель полюсности  $V=5$ .

Был ли полюс в исходной схеме?

$V(1)=1$   $V(2)=2$   $V(3)=2$   $V(4)=3$   $V(5)=1$   $V(6)=3$   $V(7)=3$   $V(8)=2$   $V(9)=3$  - четыре полюса (многополюсная ИС).

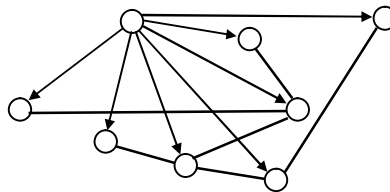
Типовые схемы конфликтов - однополюсники.

## 7. Некоторые идеи в развитие входной части ИМ-АРИЗ (v.1.0)

### 1) Как заставить Пользователя указывать только действия, имеющие отношения к данной проблеме?

В составленной схеме ИС может оказаться много лишних связей.

Пусть указывает что угодно!



Например, задача об испытании на удар.

В схеме элемент "емкость" содержит все другие элементы.

Это явный полюс в графе... Но не тот!

На него не идет ни одна стрелка, т.е. это не изделие, не объект действия его следует исключить из схемы.

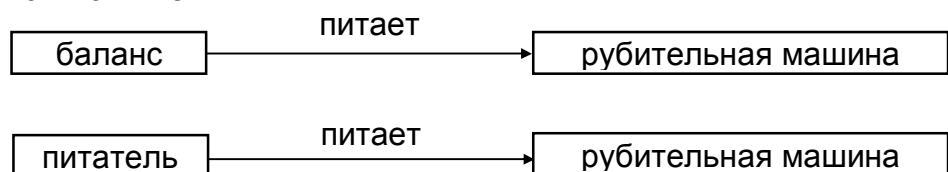
2-й признак лишнего элемента: все стрелки имеют одно наименование "содержит", и это не действие, а состояние. Состояние это вырожденное действие, когда:

- разность потенциалов между данным элементом и связанным с ним равна нулю, т.е. элемент не затрачивает энергию на воздействие на другой элемент;
- на этом втором элементе не происходит функционального преобразования.

Возможен более сложный случай, когда Пользователь против исключения обнаруженного лишнего элемента - утверждает, что именно с этим элементом связана проблема. Тогда, для выяснения истинной причины, необходимо попытаться превратить состояние в действие (или несколько действий) путем разъединения-соединения элементов, их разложения-слияния и т.п.

### 2) Анализ причинно-следственных цепочек.

Задача о рубильной машине.



Проверка цепочек на истинность.

Что верно из двух цепочек?

- окоренный баланс питает рубительную машину (1)
- питатель питает рубительную машину (2)

Правильная 2-я цепочка.

3) На вопрос "Знаете ли Вы как осуществить то-то для решения проблемы?" Пользователь может ответить той же фразой, что и составляла проблему.

Пример: окоренный баланс подается в рубильную машину вручную;

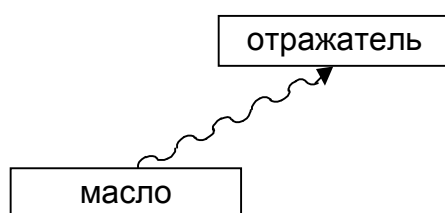
- после обработки схемы ИС получена идея, что, если регулировать диск питателя, то проблема будет решена;
- на вопрос "знаете ли Вы как это делать?" получен ответ: вручную подталкивать баланс с диска питателя, т.е. то, с чего началась задача.

Возможные реакции ИМ:

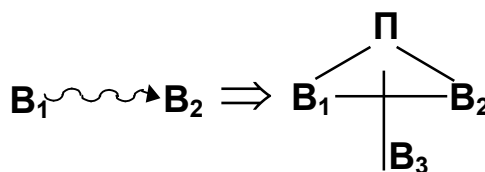
- это исходная проблема!, вы ошиблись в решении, начнем все сначала;
- нельзя на человека возлагать функции технической системы!, запрет "на применение" человека;
- согласиться с использованием человека, но сразу же вопрос: чем его заменить?, как должно действовать устройство, механизм, робот (подумайте!) управляемый человеком или заменяющий его; если предложено такое устройство, то следующий вопрос: что плохо в ИС, если использовать Ваше предложение? и т.д.

4) Если ИС получается (сразу или после обработки) из двух-трех элементов, то можно автоматически строить вепольные формулы и подключать стандартные решения.

Пример. После окончательной механической обработки отражателя его надо анодировать, но его поверхность загрязнена жировыми пятнами, которые полностью удалить невозможно или очень сложно (многократная промывка в растворителях).



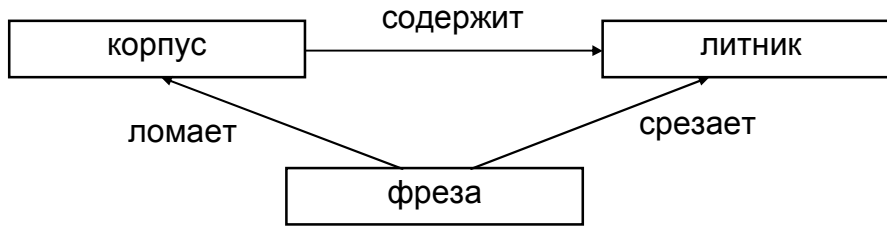
Задача явно на разрушение вредного веполя: рис.21



5) Необходим механизм выявления истинных (глубинных, скрытых) причинно-следственных связей.

Пример. После литья пластмассового корпуса радиоприемника необходимо удалить с него литник. Для этого используется фреза - она срезает литник, но часто одновременно ломает корпус; необходимо, чтобы срезала, но не ломала.



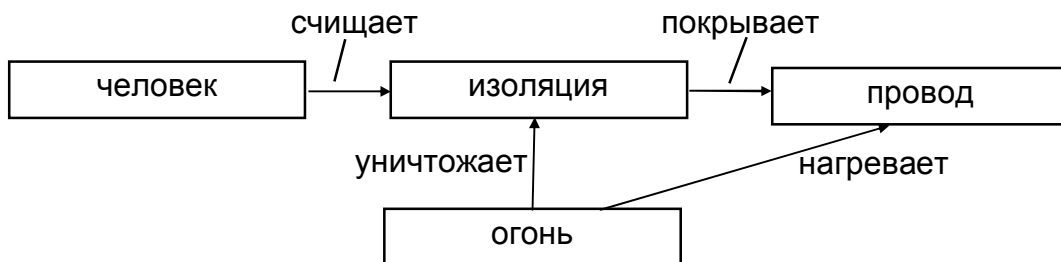


В дальнейшем анализе (после поиска причин) выясняется, что корпус ломает центральная часть фрезы: она не режет, а давит на корпус (в центральной части нет режущих кромок, как у сверла, она нужна лишь для прочности, для соблюдения требуемых размеров инструмента). Т.е. оказывается, что это не одно и то же действие, а два исходящих от разных частей объекта.

**Правило:** если полезное и вредное действия одновременно исходят из одного элемента, то его следует разворачивать до тех пор, пока эти действия не будут исходить от разных частей

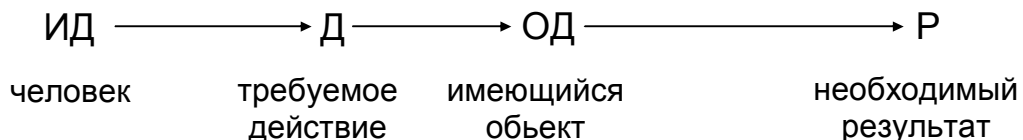
6) Задача на механизацию, на исключение человека из системы.

Пример. Задача о зачистке выводов катушек из провода ПЭТВ производится вручную: обжиг, зачистка шкуркой, лужение. Необходимо механизировать процесс.



Необходимо удалить объект "человек" при сохранении исходящего от него действия (единственное что требуется), "но не знаю как это сделать".

7) Если ИС состоит из одного объекта, т.е. требуется синтез ТС, но неизвестно как это сделать, то следует применить прием "дистраивания человеком" (для нечеловеческих условий - дистраивание роботом):



Требуется удалить (заменить) человека в схеме, сохранив требуемое действие.

Создание нового - самый трудный путь решения изобретательских задач, поэтому лучше начинать его опираясь на что-то известное:

- берем известную ТС,
- что не нравится в ней и т.д.

Если нет известной, то:

- синтез новой ТС по стандарту 1.1.1. или закону полноты частей системы;
- применить универсальный стандарт "дообраивание человеком (или его механо-физической копией)<sup>6</sup>".

Один из эффективных методов автоматизации выхода на прототип - создание БД по известным техническим системам, например, по измерительным ТС: при постановке задачи из БД извлекается (по меню или по опросу) известное решение и задается вопрос "что не нравится в этой системе?".

8) При тестировании причинно-следственных цепочек преследуются две цели:

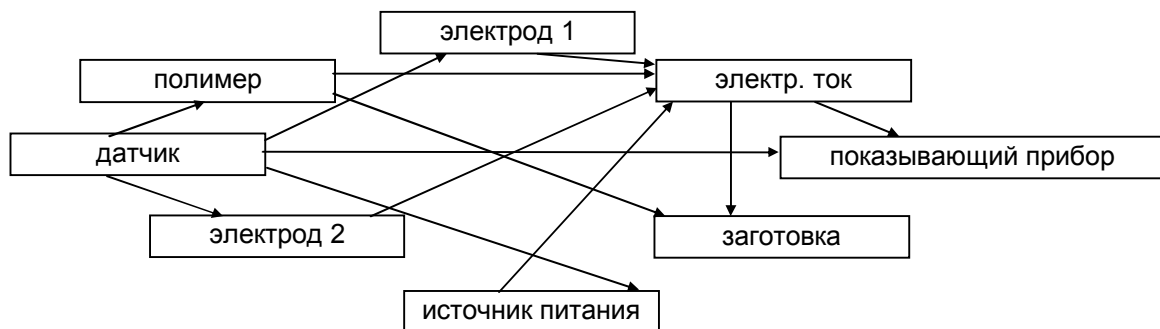
- повышение достоверности информации в ИС;
- определение степени компетентности пользователя.

На вопрос: "X действует на Y и в результате получается результат P?" могут быть ответы:

- да,
- нет,
- не знаю, не уверен на 100% и т.д.

Если ответов "не уверен", "не знаю" более чем по 1-2 цепочкам, то необходимо дать пользователю совет: "пойти, подумать, разобраться..."

Пример. Задача об измерении напряжений с помощью тензодатчиков:



Почти все связи в этой схеме неверны (незнание принципа действия и физики процесса).

9) В схеме не может быть стрелок извне без показа элементов, от которых они исходят.

В схеме не может быть элементов **без стрелок**.

В схеме не может быть цепочек **без результата** (ИД  $\wedge$  ОД), т.к. минимальная ИС это три элемента и не менее двух действий:

$$\text{ИД} \wedge \text{ОД} \wedge \text{Р}$$

Любое действие, исходящее от входного элемента, должно по цепочке доходить до выходного элемента:

<sup>6</sup> В некотором смысле это модификация ММЧ на макроуровне; антропоморфизм неистребим выгоднее его использовать, а не бороться с ним.

элемент  $\wedge$  ...  $\wedge$  изделие  $\wedge$  результат

10) Любая цепочка ИС, в том числе и минимальная, это высказывание.

Если определить истинно или ложно каждое из высказываний, то можно определить истинность всех сложных высказываний и ИС в целом.

11) Способ упрощения ИС: можно ли данный элемент (действие) **удалить** из схемы?

- если ДА, то объект (и связи от него) исчезают;
- что изменилось на схеме (что стало плохо)?.

12) Если в схеме несколько выходных элементов, то это могут быть элементы из разных систем.

Как различить их?

Выходной элемент - вопрос - для чего предназначен этот элемент?; ответ - это и будет ГПФ системы более высокого уровня.

Если ГПФ у двух элементов разные, то они принадлежат двум различным системам - признак того, что в ИС попали две разные системы; их надо разделить.

13) После отметки в схеме ИС "что плохо", необходимо провести проверку по функционалам (элементам, на которых происходит функциональное преобразование - все, кроме входных и выходных); цель проверки - составление высказываний по проблеме:

- "Проблема такая-то состоит в том, что то-то плохо"
- или
- "Это плохо осуществляет то-то, в результате чего возникает такая-то проблема"

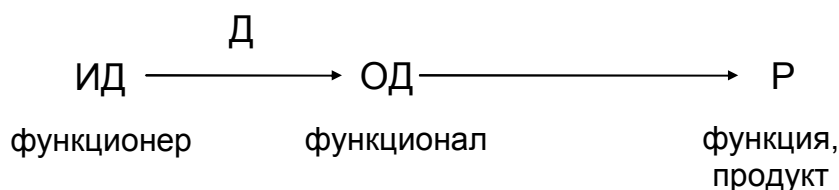
Если таких высказываний несколько - синтез из них проблемы в целом; опрос на истинность.

14) Если в цепочке на схеме отмечены ("окрашены") несколько (все) последовательных элементов, то необходимо найти начало проблемы (исток).

В схемах могут быть:

- **узловые проблемы** - все сходится на одном элементе (явный полюс действий);
- **линейные проблемы** - длинные последовательные цепочки (нет полюса действий);
- **рассеянные проблемы** - многополюсники.

15) Элементарная техническая цепочка функциональных преобразований:



- *функционер* - инструмент, активная часть системы в ИС,

- *функционал* - элемент, на котором происходит функциональное преобразование, изделие, объект действий в ИС.

16) Контроль истинности ИС по причинно-следственным цепочкам (ПСЦ):

- непрерывность, замкнутость, непротиворечивость;
- физичность действий, процессов, реальность условий;
- фmkсация недостатков, их обязательная привязка к объектам, действиям;
- наличие цели в каждой ПСЦ (результат).

17) На каждом элементе топологической структуры ИС (кроме входных и выходных) происходит функциональное преобразование:

$$h_n = F_n (d_n, g_n), \quad n = \overline{1, N}$$

**n** - код элемента,

**h** - выходное действие или состояние,

**g** - входное действие или состояние,

**d** - вектор (или скаляр) параметров состояния элемента структуры.

Действия могут изменяться в определенных диапазонах, ограниченных техническими (физическими) возможностями элементов, осуществляющих функциональные преобразования (f-преобразования). Поэтому:

$$g_n \in G, \quad h_n \in H, \quad n = \overline{1, N}$$

где **G**, **H** - пространства входных и выходных действий (состояний) n-го элемента структуры.

18) Генератор претензий к ТС (синтез недостатков):

- ГПФ данной системы увеличивается в 2, 5, 10, 100, 1000 раз;
- М,Г,Э данной системы уменьшаются в 2, 5, 10, 100, 1000 раз;

что при этом ухудшается, не справляется, становится неприемлемым для вас?

- отметьте, что по вашему мнению будет достигнуто в ... году (через 10, 20, и т.д. лет),

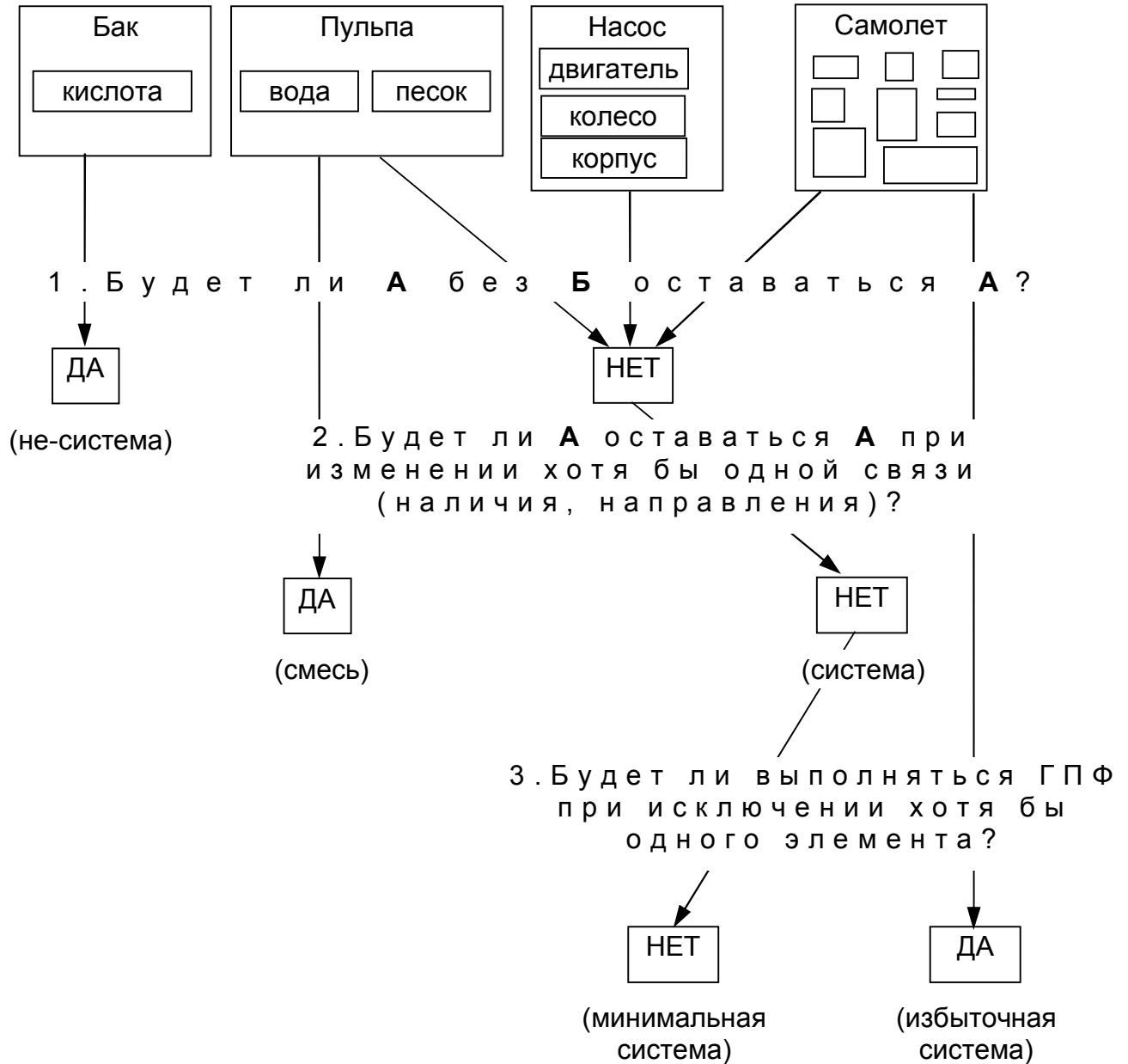
- отметьте, что по вашему мнению никогда не будет достигнуто (физический и и экологический пределы).

19) Использование системных свойств при анализе ИС.

Элемент в системе обладает следующими свойствами:

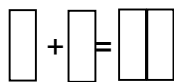
- системными, указывающими на принадлежность к этой системе, свойства с помощью которых элемент входит в систему;
- соотносительными, определяющими взаимосвязанность элементов друг с другом, свойства с помощью которых элемент образует связь (канал действия);
- самостоятельные, имеющимися в нем изначально, коренные свойства,

свойства с помощью которых элемент обладает индивидуальностью.

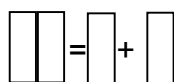


20) Системные отношения "часть - целое":

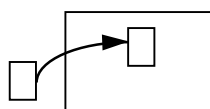
а) слияние



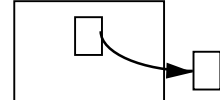
б) разложение



в) поглощение



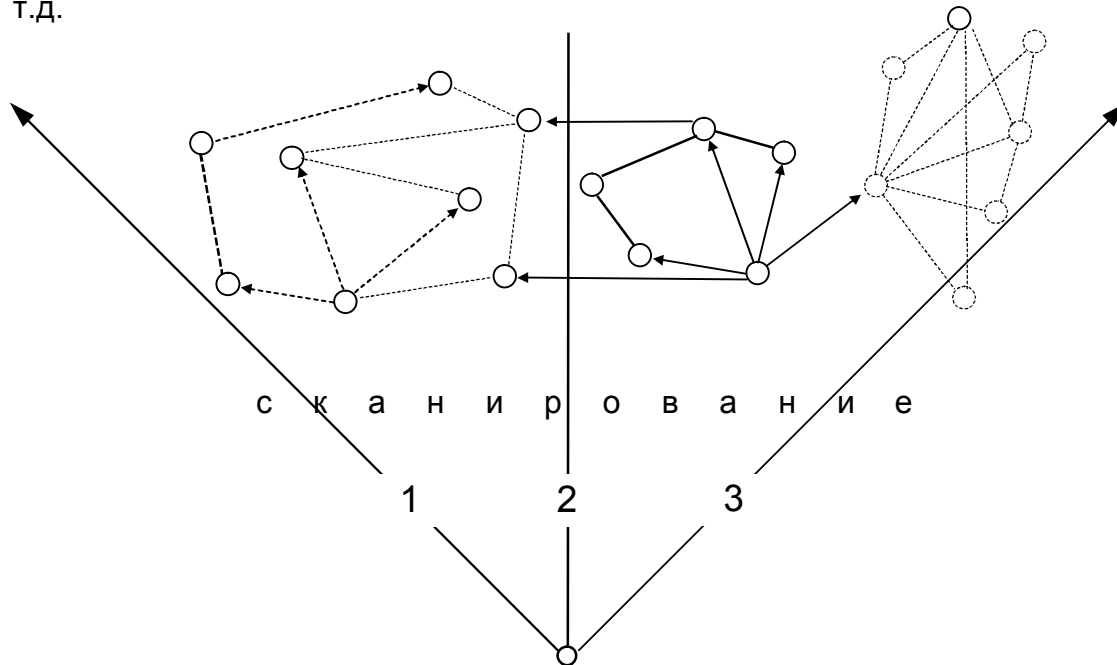
г) выделение



21) Сканирование окружения ИС - автоматический выход на задачу по цепочке причинно-следственных связей в сторону источника вредного действия (недостатка).

В пространстве.

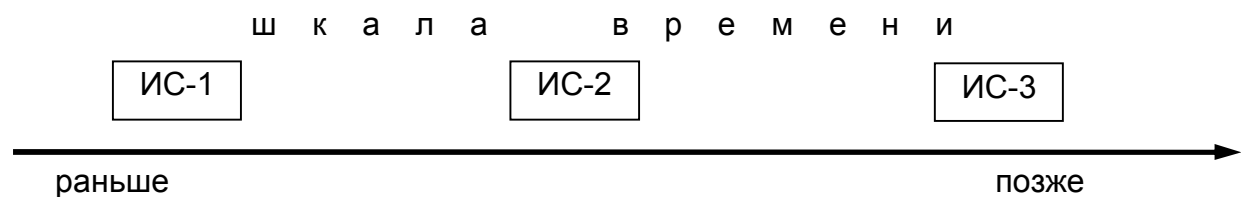
- продолжение схемы в разные стороны:
  - к выходным элементам пририсовывается стрелка (исходящая) "на что она действует?",
  - к входным элементам - входящая стрелка, "что действует на этот элемент?" и т.д.



1,2,3,... стадии сканирования.

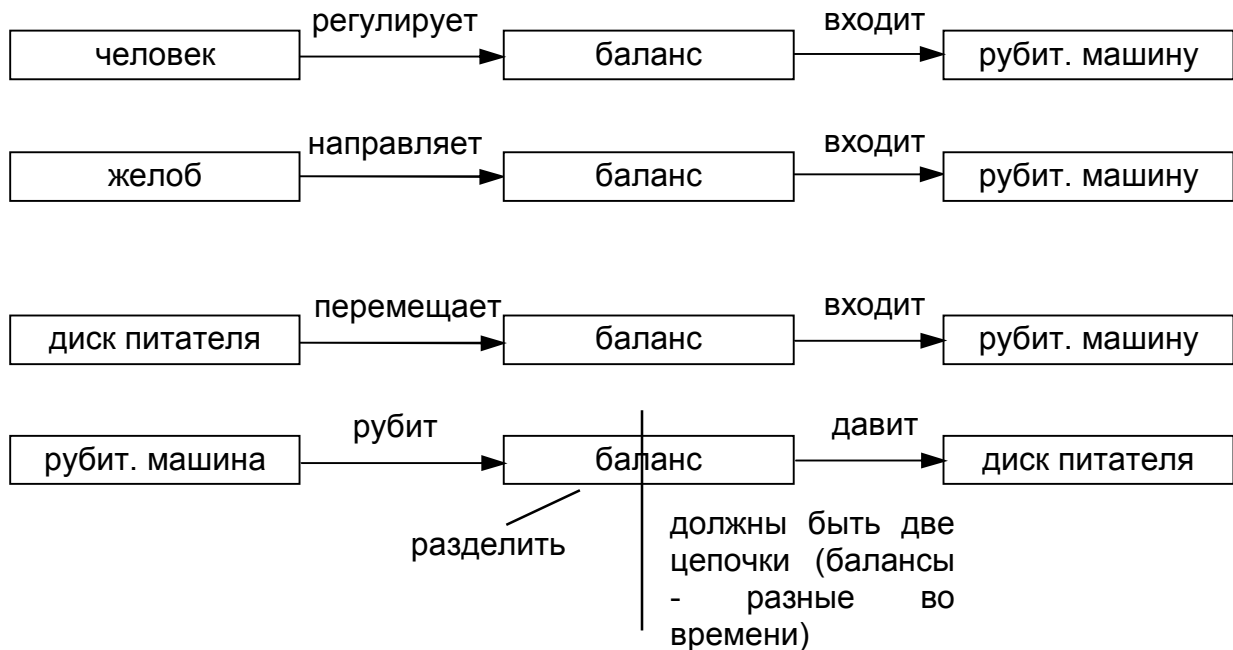
Во времени.

- что было до этого момента, до момента изображенного на ИС?,
- что происходит после этого?



В задачах на порождение - время появления и существования объектов, в задачах на действия - время действий.

22) Пример анализа элементарных цепочек:

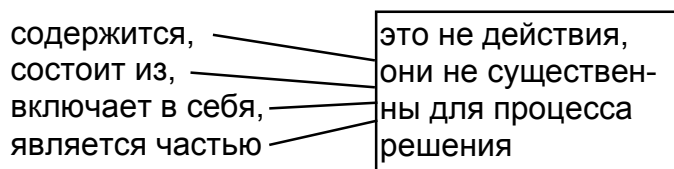


23) Правила:

- нельзя удалять из схемы "изделие"; при попытке пользователя ответить на вопрос "знаете ли вы как решить эту задачу?" - "знаю - надо убрать изделие" - запрет!;
- в схеме должен быть элемент, являющийся изделием, тем, который указан в формулировке проблемы (т.е. в проблеме обязательно должно указываться изделие и результат "плохо-хорошо", "должно быть"...).

24) В соответствии с законом "энергетической проводимости» в причинно-следственных цепочках (и в ИС в целом) между ИД и ОД (если они не соприкасаются непосредственно) должны быть все промежуточные элементы (объекты) - в любом случае, всегда должны указываться физические связи, даже если это вакуум, "эфир" и т.п.; т.е. связь всегда материальный канал передачи энергии, полей.

25) В структуре ИС в названиях стрелок могут стоять следующие отношения:



В схеме должны остаться только важные для ИС элементы: объекты + действия; важные - те, на которых происходят функциональные преобразования, остальные должны удаляться.

26) Название действия также может быть "свернутым" термином сложного технического содержания.

Например, "хонингование", "профилирование", "праймирование" и т.д. В этом случае возможно "развернуть" термин, детализировать, выделить действительно конфликтную компоненту из комплекса действий.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. -Новосибирск: Наука, 1986.
2. Саламатов Ю.П. Как стать изобретателем. -М: Просвещение, 1990.
3. Пропп В.Я. Исторические корни волшебной сказки. -Л: изд-во ЛГУ, 1986.
4. Курьян А.Г., Соловей А.М. Как разрабатывать систему ИМ-АРИЗ. -Минск: НИЛИМ, доклад на 1-ом научном семинаре по проекту "Изобретающая машина", 1990.
5. Саламатов Ю.П. Логика машинного АРИЗ. -Красноярск: КФ НИЛИМ, рукопись, 1990.

**август, 1991 г. Красноярск**