

# ТРИЗ СЕГОДНЯ И В БУДУЩЕМ

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА "СОЗДАНИЕ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ НОВОЙ ТРИЗ"  
ВВЕДЕНИЕ

## 1. Для чего создана ТРИЗ?

Человек - продукт природы. Его сознание формировалось многие тысячелетия на решении проблем обеспечения выживания, т.е. на биологических проблемах. Десять тысяч лет назад началась техническая эволюция, сначала она шла очень медленно, потом быстрее, а с началом Первой Научно-Технологической Революции (300 лет назад) очень быстро. Вторая научно-технологическая революция (вторая половина 20 века) прошла в ошеломляющем темпе.

При таких темпах развития науки и технологии у человека не успел сформироваться сознательный механизм развития технологии. У человека нет приобретенного в процессе эволюции мышления в этой области. Это объективная причина возникновения ТРИЗ.

ТРИЗ только адаптирует человеческое сознание к свойствам и законам техносферы. ТРИЗ-мышление – это мышление тренированное по законам развития технических систем (ЗРТС). Принципиальная разница в мышлении "до-ТРИЗ-инженеров" и ТРИЗ-экспертов в том, что: первые не хотят менять стиль человеческого (до-технологического) мышления. И даже наоборот обращаются в противоположную сторону (вглубь сознания, в подсознание) – но там нет понятий о технологии, есть только подсознательные смутные инстинкты, древнее прошлое человека. Изменился мир - от "био" к "био-техническому", а мышление осталось на уровне "био".

ТРИЗ это инструмент заставляющий человека "правильно" думать о технических системах (ТС). Этот инструмент "обрабатывает" голову инженера (изобретателя), чтобы он мог решить проблемы быстро. Диалектика – инструмент помогающий человеку понять проблемы в мире техники. На самом деле никаких противоречий в природе и технике нет. Так удобно и эффективно мыслить человеку. АРИЗ – наиболее тщательно сделанный инструмент ТРИЗ. Алгоритм - это насилие над человеческим мышлением, "исправление" его под требования современного процесса развития техники.

## 2. Наука ли ТРИЗ?

Дадим характеристику ТРИЗ по основным критериям научности теорий.

1. Основной критерий (цель) науки - обнаружение объективных закономерностей в естественной и искусственной природах. Безусловно в ТРИЗ такие закономерности сформулированы и описаны: ЗРТС, стандарты (это есть детализация ЗРТС). Закон – это объективная существенная повторяющаяся связь событий. ЗРТС были многократно подтверждены в реальном процессе проектирования (изобретательства) и в реальных промышленных технологиях.

2. Предвидение будущего с целью практического использования. Исследование прошлого - Анализ настоящего — Предвидение будущего. С помощью ЗРТС можно дать достаточно точный "портрет" ближайшего будущего ТС и приблизительный прогноз дальнего развития ТС. Мы часто используем это в процессе инновационного проектирования.

3. Системность знания – объединение знания в целостную органическую систему (теорию), построенную на определенных теоретических принципах. Сегодня ТРИЗ – это система взаимосвязанных законов, инструментов, методов анализа, алгоритма и информационного фонда.

4. Объективность – устранение субъективистских моментов из процесса развития ТС (выделение проблемы из исходной ситуации, анализ проблемы, решение

проблемы). Пока ТРИЗ не полностью соответствует этому критерию. На многих стадиях решения проблемы сильно действуют субъективные факторы.

5. Непрерывное самообновление своего концептуального арсенала – противоречивый процесс воспроизводства знаний, образующих целостную развивающуюся систему понятий, теорий, гипотез, законов и других идеальных форм, закрепленных в естественном или искусственном языке. Этот процесс успешно шел при жизни Г.Альтшуллера до 1985 года и совсем прекратился после его ухода в 1998 г..

6. Строгая доказательность, обоснованность полученных результатов, достоверность выводов. ТРИЗ только частично соответствует этому критерию. Наряду с хорошо развитым инструментом (АРИЗ) в ТРИЗ есть много эффективных приемов решения проблем (эмпирически найденные в патентном фонде, например, стандарты), инструменты находящиеся в зачаточном состоянии (вепольный анализ), частично обоснованные психологические приемы (в курсе РТВ), плохо структурированный информационный фонд, устаревшие приемы (часть приемов разрешения ТП). Есть также гипотезы, догадки, предположения, вероятностные суждения, которые еще предстоит доказывать или отвергать.

7. Формальная непротиворечивость знания. В этом смысле ТРИЗ внутренне непротиворечива, едина и основывается на единых принципах.

8. Опытная проверяемость. Все инструменты ТРИЗ многократно проверялись на практике.

9. Воспроизводимость результатов применения инструментов при решении проблем. При хорошем уровне знания ТРИЗ и достаточной практике использования теории для решения проблем достигается очень высокий процент получения одних и тех же решений разными группами обучающихся.

10. Открытость для критики. ТРИЗ никогда не была закрыта для критики. Более того, испытывала постоянный напор критики от конкурирующих научных школ. Это заставляло ТРИЗ интенсивно развиваться.

Таким образом, ТРИЗ соответствует большинству критериев (признаков) современной науки.

### **3. Что есть ТРИЗ сегодня?**

Интеллектуальная (теоретическая) эволюция человечества (основной закон развития любой области знания) проходит следующие этапы (французский философ О.Конт):

- ◆ теологический этап – объяснение природы вещей и явлений воздействием сверхъестественных факторов;
- ◆ метафизический (абстрактный) этап – сверхъестественные факторы заменены абстрактными силами ("настоящими сущностями", "олицетворенными абстракциями");
- ◆ научный этап – при правильном комбинировании рассуждения и наблюдения (эксперимента) познаются действительные законы явлений.

Научный этап делится на:

- ◆ эмпирический этап, на котором формируются феноменологические теории,
- ◆ истинно научный, на котором создаются формализованные теории

Некогда Э. Резерфорд сказал: «Все науки о природе делятся на физику и коллекционирование марок». Да, сегодня лишь математика, физика, кибернетика, информатика и частично химия являются формализованными науками. У многих других наук период «описательной зоологии» еще не закончился.

ТРИЗ, конечно же, феноменологическая теория основанная на эмпирических законах. В ТРИЗ много описательного. ТРИЗ объединяет разрозненные знания и методики (ЗРТС, АРИЗ, стандарты, вепольный анализ, указатели эффектов, РТВ,

ТРТЛ, ФСА...), в которых смешаны физика и психология.

Цель любой науки – вытеснение божественного, внечувственного, затем субъективного, антропоморфного, психологии, и т.п. В ТРИЗ изначально не было ничего божественного, нет схоластических абстракций, но пока еще много субъективного, психологического. Эти ненаучные части надо постепенно заменять формализованными частями знания, от которых один шаг до автоматизации. А творчество (психология) перейдет в другую область незнания.

Несмотря на заявленную Г.Альтшуллером цель – сделать творчество точным как наука (название одной из его книг), достичь эту цель пока не удалось.

#### **4. Как создавалась ТРИЗ?**

Г.Альтшуллер создал в 60-70 годах прошлого века исследовательскую систему, как он говорил: "надежную систему из ненадежных элементов" – он имел в виду общественный, т.е. необязательный характер связей между исследователями ТРИЗ. Г.Альтшуллер чередовал периоды теоретической работы дома с выездами на семинары ТРИЗ в другие города СССР. В периоды теоретической работы он вел переписку с десятками активных исследователей ТРИЗ и сотнями интересующихся теорией. На семинарах проводились экспериментальные проверки теоретических разработок. К нему стекалась информация (идеи и концепции) от всех исследователей. Главный эффект этой исследовательской программы получался при фильтрации и суммировании собственных идей, опыта полученного на семинарах и идей других исследователей. Сейчас это невозможно, нет достаточно авторитетного для всех исследователя – продолжателя. Принятый в некоторых общественных научных объединениях и на сайтах в Интернете принцип демократизма (все идеи и концепции в одну кучу) почти бесполезен – нет системного эффекта, нет нового качества, нет продвижения теории. Таким способом развиваются многие науки - постепенно накапливают микро-шаги, потом находится "особо умный" исследователь, который обобщает и продвигает науку вперед. Можно ли создать "Коллективного Альтшуллера"? Количество разных статей о ТРИЗ в научной библиотеке Челябинска уже сейчас более 2000 и будет непрерывно увеличиваться но новое, качественный скачок в теории вряд ли наступит.

#### **5. Критика ТРИЗ.**

Будущее ТРИЗ в ее развитии. Недовольство текущим состоянием теории – двигатель развития. ТРИЗ нуждается в критике.

Что плохо, что неудовлетворяет сегодня?

При внимательном изучении ТРИЗ возникает множество вопросов:

АРИЗ – как обрабатывать исходную (изобретательскую) ситуацию и точно формулировать проблему? как правильно строить схему конфликта? сколько всего таких схем? почему способов разрешения ФП одиннадцать? и т.д.

Система ЗРТС - неполна, нелогична, нет общей модели процесса эволюции ТС.

Количественная недостаточность законов, правил и эвристик для такой огромной области знаний как Технические Системы.

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).

Отсутствует методика определения этапа развития конкретной ТС с целью прогнозирования дальнейших шагов развития и преобразования частей ТС.

Вепольный анализ - почему он не развивается как язык описания и решения проблем? какие действия должны быть в основе подобного искусственного языка

(сложение, вычитание, умножение, деление, импликация...)? и т.д.

Стандарты – сколько их должно быть всего? почему в них используются понятия о двух полях (магнитном и электрическом) и не вводятся другие поля? рекомендации стандартов приблизительны – как повысить точность решения любых проблем? и т.д.

Приемы разрешения ТП – почему их только 40? сколько их должно быть? часть из них устарели (в них много случайного, характерного для периода 40-летней давности), где современные? (например, интеллектуализация техники).

Как относиться к так называемой "Теории развития творческой личности"? имеет ли это отношение к развитию технических систем?

Какова судьба методов РТВ – этой "подпорки" для ТРИЗ?

Так называемая "Общая теория сильного мышления", которой еще нет, - это будет просто теория адекватного (по отношению к техносфере) мышления, т.е. отражающего объективные законы существования и развития ТС. Техника – область в которой доля человеческого (чувственного) меньше 50%, поэтому здесь диктуют технические законы, в отличие, например, от искусства которое на 100% человеческое (чувственное).

Размытость и неопределенность ТРИЗ – причина появления многочисленных "модификаций" и искажений теории. Такую теорию легко трансформировать во что угодно. Чаще всего возникают гибриды ТРИЗ и методов активизации перебора вариантов. Не менее часто бывшие исследователи ТРИЗ пытаются создать некие мутанты ТРИЗ – свои наборы инструментов, свою собственную "великую" теорию. Сейчас наступил период энтропии ТРИЗ. Нужно усилие на некоторую консервацию основного ядра знания в ТРИЗ.

ТРИЗ состоит из двух частей: вербализованной (выраженной в языке) и невербализованной, неявного знания, которое передается от учителя к ученику.

Можно идти путем Г.Альтшуллера: искать и накапливать законы, расширять область стандартных решений, увеличивать число вепольных формул, шлифовать АРИЗ, добавлять новые шаги (в первую очередь – входной блок), расширять Указатели эффектов и попытаться структуризировать их в единую базу данных (БД), а если удастся - в базу знаний (БЗ).

Но многих ТРИЗ-экспертов которые практически занимаются инновационным проектированием сложных систем, уже не устраивает даже вербальная философия ТРИЗ об общих закономерностях развития ТС. Требуется найти способы и методы строгой формализации этих рассуждений на основе математики, логики, кибернетики, информатики и других точных наук.

## **6. Почему ТРИЗ не развивается после 1984?**

ТРИЗ приблизилась к пределу своего развития как феноменологическая наука в 1984. Кончились идеи развития теории и не появились новые концепции. И автор ТРИЗ достиг уровня своей некомпетентности поэтому и прекратилось развитие ТРИЗ. Закончилась эмпирическая часть исследований, где он себя чувствовал виртуозом в придумывании гипотез, в их подтверждении, строительстве алгоритма и его проверке на десятках семинаров. Он совершил грандиозный переход от религиозного отношения к творчеству, к изобретательству - к научному исследованию процесса творчества в технике. Переход от веры к эмпирике. Но идеи, которые питали его работу 40 лет кончились. Одной из причин послужила также наша исследовательская работа [1].

Главная цель развития ТРИЗ – повышение точности решения проблем и сужение области нерешаемых проблем. Для достижения этой цели Г.Альтшуллер периодически менял направление развития – то инструменты развития ТС, то инструменты развития человека (творческого воображения, творческой личности).

Или иначе: то ТРИЗ, то "подпорка" для ТРИЗ. Это бесконечный процесс для феноменологической теории. "Исправление" человека – абсолютно бесперспективный процесс. Исключение субъективизма и повышение точности возможно только при создании формализованной теории.

### 7. Следующий шаг в развитии ТРИЗ.

Следующий переход - формализация знания. Только формализация позволит точно выявить недостатки, недоработки, нелогичность и противоречивость отдельных инструментов, законов и рекомендаций. Только это даст направление научного поиска и работ.

Что должно лежать в основании процесса формализации ТРИЗ? Только ее "старшие братья (сестры)" по науке – математика (прежде всего математическое моделирование и логика), системология, кибернетика...

Формализация даст возможность подлинной компьютеризации ТРИЗ.

Законы в ТРИЗ получены из непосредственного наблюдения технической реальности (анализ технических решений сосредоточенных в мировом патентном фонде) поэтому они **эмпирические** законы. Эмпирические законы говорят о повторяемости явлений, но не вскрывают их причины, не отвечают на вопрос "почему?". В этом состоят трудности признания ТРИЗ как науки – часто высказывают сомнения в объективности этих законов, в их полноте и истинности. В этом смысле ТРИЗ стоит на первой ступени развития научного знания (сформулирован первый слой законов, этот слой фрагментарен, неполон, часть из них может быть ошибочной). И само название ТРИЗ теорией (30 лет назад) имело опережающий (желаемый) смысл. За эти 30 лет создана и осознана лишь верхняя часть айсберга: часть законов заимствована из других наук, часть взята из марксизма и диалектического материализма, часть сформулирована независимо.

Следующий этап – создание теоретической базы ТРИЗ (а вернее – теории развития технических систем - ТРТС). Что такое прочное теоретическое основание? Это прежде всего небольшой набор очевидных истин (аксиом), вытекающих из объективной технической реальности и опирающихся на базисные понятия настоящих (общепризнанно объективных) наук – физики и математики (и может быть химии). Это также набор четких (однозначных, недвусмысленных) определений и утверждений сделанных по правилам формальной логики. И, конечно же, логически безупречное выведение эмпирических законов из аксиом и первичных утверждений. Только такая "свайная" (понятия-сваи "вбиты" в объективную реальность) конструкция имеет 100%-ное право называться научной теорией. При построении такого здания одновременно пойдут два процесса:

- отбрасывание ложных закономерностей, формулировок и понятий,
- выявление истинных, логически обоснованных элементов теории.

Второй процесс обеспечит также полноту системы законов и стандартов. Сегодня нет критериев отбора законов и стандартов, неизвестно сколько их должно быть - 100? 1000? Поэтому сегодня теряет смысл развивать ТРИЗ на эмпирическом поле (поиск новых законов и стандартов в патентном фонде) – такая работа бесконечна и неопределенна.

Классический пример формализации – геометрия Эвклида. В качестве исходных в ней принято (сформулировано) 7 аксиом и 5 постулатов, а в результате дедуктивного вывода получены 460 теорем.

Истинность, логичность, математичность и полнота знания закономерностей синтеза и развития технических систем даст возможность создания настоящей "машины ТРИЗ" (точнее "машины-ТРТС"). Такая "машина" обеспечит точность процесса развития ТС - вместо сегодняшних (уже многочисленных) компьютерных подобиий и иммитаций. При полном завершении работы над теорией такая

"логическая машина" будет встроена в качестве "генетического аппарата" в самовоспроизводящиеся и саморазвивающиеся части техносферы – второй природы.

Можно представить появление, развитие и будущее ТРИЗ следующим образом (идея представления взята из книги [2]).

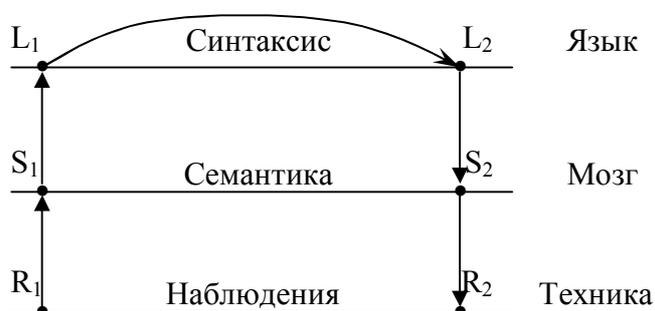


Fig. 1. Модель работы инструментов ТРИЗ.

$L_j$  – языковой объект, *имя*,

$S_j$  – модель состояния технического объекта в мозгу человека,

$R_j$  – реальный технический объект (или изменение его состояния, например, в результате изобретения).

Некоторый недостаток в техническом объекте  $R_1$  моделируется (описывается) в модели  $S_1$  которая затем кодируется языковым объектом  $L_1$  (например, вепольной формулой). С помощью синтаксиса (правил оперирования языковыми объектами) делается преобразование  $L_1$  в  $L_2$  (решается проблема). Языковой объект  $L_2$  декодируется в модель  $S_2$  по которой делаются какие-то изменения в реальном техническом объекте ( $R_1$  превращается в  $R_2$ ). Переход от  $L_1$  к  $L_2$  с помощью АРИЗ делается по шагам, а с помощью стандартов - в один ход. Прогноз развития ТС это переход от  $L_1$  к  $L_2$  и далее к  $L_n$  без стадии декодирования.

Семантика и синтаксис ТРИЗ создавались обратным ходом: изучались состояния объектов  $R_1$  и  $R_2$  – в чем смысл и какой уровень изобретения (отбирались только самые творчески сильные). Затем изучалось каким методом был получен переход от  $L_1$  к  $L_2$ . Такие методы классифицировались (in Principles for Technical Contradiction Elimination, в Стандарты). Изучение групп методов помогало сформулировать законы. Изучение переходов  $R_1 \rightarrow S_1 \rightarrow L_1$  помогло сформулировать правила вепольного анализа.

Особое место занимает АРИЗ. В нем используется метод многоциклового (с многократным возвратом к  $R_1$ ) многошагового (маленькие шаги) постепенного приближения к  $L_2$  через переход  $R_1 \rightarrow S_1 \rightarrow L_1$ .

В математике возможность прямого-обратного хода модели описывается уравнениями. Правилами действия над элементами уравнений являются операции (вычитание, умножение, извлечение корня etc.).

Способ преобразования  $L_1$  в  $L_2$  отражен в формуле ("делай так!"). Набор формул, уравнений, операций – это формальная теория.

В ТРИЗ до этого пока еще далеко...

Но будущее ТРИЗ – формализованный язык теории.

Что такое формализованный язык?

Преобразование  $L_1$  в  $L_2$  в общем случае может выполняться по одной из двух возможностей:

1. Преобразование  $L_1$  в  $L_2$  делает человек на основе комплекса информации и некоторых правил рассуждения: своего жизненного опыта, объема знаний, правил описания ситуации  $S_1$ , правил перехода от  $S_1$  к  $L_1$  и далее к  $L_2$  – это сегодняшняя

ТРИЗ.

2. Преобразование  $L_1$  в  $L_2$  делает человек (или машина) на основе формул и операций перехода от  $L_1$  к  $L_2$  абсолютно независимо от содержания описания  $S_1$ , от жизненного опыта, от объема знаний – это будущая (новая) ТРИЗ, а точнее ТРТС.

Первый случай – это неформализованный язык, второй – формализованный.

Полная формализация языка не обязательно означает его полную алгоритмизацию, т.е. когда синтаксис представляет собой набор четких однозначных предписаний. Правила преобразования  $L_1$  в  $L_2$  могут оставлять некоторую свободу действий. Важно только, чтобы эти правила и ограничения зависели только от вида  $L_1$  и потенциального объекта  $L_2$  и не зависели от семантики и жизненного опыта человека.

Как должна работать формальная теория?

1. У человека возникает потребность улучшить какую-либо ТС. Эта потребность может быть реализована при решении одного из четырех классов проблем (увеличить ГПФ, убрать недостаток, уменьшить МГЭ, добавить новую полезную функцию). Это административное противоречие (хочу но не знаю как это сделать).

2. Теория должна иметь набор точных правил и инструментов – как из этой исходной ситуации извлечь проблему  $R_1$ .

3. Формулировка модели проблемы – переход  $R_1 \rightarrow S_1$  по правилам или по формулам.

4. Переход от модели к объекту формального языка  $S_1 \rightarrow L_1$ .

5. Преобразование по формулам  $L_1$  в  $L_2$ .

6. Формулировка модели решения – переход  $L_2 \rightarrow S_2$  по правилам или по формулам.

7. Формулирование требуемого изменения в ТС переход  $S_2 \rightarrow R_2$  по правилам.

Хорошо формализованная теория – это языковая машина, которая может работать с минимальным участием человека. Человек участвует только на этапе формулирования проблемы ("окрашивает" действительность в свои субъективные желания – это следствие закона непрерывно возрастающих потребностей человека) и на этапе расшифровки полученного решения.

Для того, чтобы формальная теория приводила к правильным результатам необходимо, чтобы семантика языка обладала тремя важными свойствами: точность, определенность, однозначность. Если семантика этими свойствами не обладает, то мы не сможем производить такие формальные преобразования  $L_1$  в  $L_2$  которые бы всегда приводили к правильным ответам.

Язык сегодняшней ТРИЗ не отвечает этим свойствам. Поэтому нужно, чтобы обучающийся ТРИЗ впитывал в себя невербальное знание ("заражался вирусом знания"), которое "излучает" опытный преподаватель ТРИЗ. Поэтому нужны пока еще методы РТВ. Поэтому предпринимались попытки создания ТРТЛ. Поэтому Г.Альтшуллер в последние годы занимался алгоритмом синтеза сюжетов сказок на основе простого приема "теза – антитеза".

## 8. С чего должна начинаться формализация?

Должны одновременно идти два процесса:

- ◆ формулирование определений, аксиом и постулатов.
- ◆ "атомизация" знания о ТС – выделение элементарных (неделимых) звеньев ТС, кирпичиков из которых можно сложить модель любой ТС.

Только эти два процесса могут привести, при их слиянии, к появлению формального языка описания, классификации и преобразования любых ТС.

Только такой язык даст возможность прогнозного описания будущих ТС, путей развития техносферы.

Процесс "атомизации" и формализации знания о ТС даст возможность обнаружить наиболее общие и объективные законы развития ТС – подобно тому как это произошло, например, в химии (таблица Менделеева) или в биологии (законы Менделя и Моргана). Но для этого технические объекты ("атомы", "кирпичики") должны стать одинаковыми, как атомы или гены. Эта общность, сходство соотношений позволяют установить закономерности и являются основой науки. Законы генетики были открыты Менделем на горохе и Морганом на дрозофиле, а оказались применимы ко множеству биологических объектов.

Научный метод, в основе которого лежит объективность, воспроизводимость, открытость новому, – великое завоевание человеческого разума. Этот метод развивался и совершенствовался и был отобран как самый рациональный – из требования минимума потерь времени и идей. Уже более трех веков наука руководствуется им, и при этом ничего не было загублено.

ТРИЗ ставит своей конечной целью научиться точно предвидеть процесс преобразования ТС из исходного состояния в конечное состояние. Это преобразование всегда определено связями между "атомами", законами изменения и развития ТС.

### **9. Основные элементы формальной теории.:**

Формализованная теория должна содержать:

- ◆ Исходные основания – фундаментальные понятия, принципы, законы, аксиомы и т.п.
- ◆ Идеализированный объект – абстрактная модель существенных свойств и связей изучаемых предметов (абсолютно черное тело, идеальный газ), здесь – модель ТС
- ◆ Логика теории – совокупность правил и способов доказательства, нацеленных на прояснение структуры и процесса изменения знания.
- ◆ Философские установки и ценностные факторы.
- ◆ Совокупность законов и утверждений, выведенных в качестве следствий из основных положений данной теории в соответствии с конкретными принципами.

Сущность создания доказательной ТРИЗ (новой ТРИЗ) состоит в переходе от интуитивно-эмпирически найденных положений, правил и закономерностей к обоснованию этих положений путем создания дедуктивной теории. Здесь как минимум два этапа: 1) разбиение положений на простейшие атомарные утверждения, 2) выведение из этих утверждений исходных положений.

Основные принципы построения формализованной теории.

1. Принцип непротиворечивости теории - свойство системы предложений (оснований теории) заключающееся в том, что из этих предложений с помощью логических средств (правил вывода) этой теории нельзя вывести противоречие, т.е. пару предложений, каждое из которых является отрицанием другого (А и не-А). Логическое противоречие недопустимо.

Этот принцип – основное необходимое условие корректности рассуждений, критерий отделения правильных рассуждений от неправильных.

В первую очередь должна быть обеспечена непротиворечивость аксиом (утверждений).

Это обеспечивается следующими требованиями:

- аксиомы должны быть ППФ (правильно построенными формулами),
- аксиомы должны быть минимальны,
- аксиомы должны быть наиболее удобны для образования больших формул

Корректность вывода теорем из аксиом должна быть интуитивно ясной и строго

логичной.

## 2. Принцип полноты аксиоматики

- достаточность выбранной совокупности начал системы выразить все остальные элементы системы,

- достаточность распространяется не только на процесс вывода (конструирование) более сложных формул из простейших, но и на дедуцирование утверждений о сложных предметах из утверждений о простейших.

Формализация означает выражение содержания знания в знаковом формализме, в формализованном языке. От содержательного смысла исходных понятий и аксиом отвлекаются, и в символической форме представляются четко перечисленные правила определения производных понятий, правила построения производных предложений, логические правила вывода теорем из аксиом. Доказательство в таком случае предстает как последовательность формул, каждая из которых является либо аксиомой, либо ранее выведенной формулой. Проверка правильности доказательства становится механической процедурой, которую можно осуществить компьютером.

Формализованная аксиоматическая теория представляет собой дедуктивно замкнутую систему, в пределах которой стремятся к исчерпывающему доказательству всех правильно сформулированных предложений на основе принятой аксиоматики.

Замкнутость теории не предполагает связь с эмпирическими данными, теория предстает как нечто независимое от внешнего мира, внутренне обеспеченное достаточными средствами для утверждения своей непротиворечивости, истинности.

## 3. Принцип независимости.

Аристотель:

- Начала не выводятся ни друг из друга, ни из чего-либо другого.

- Аксиома, не выводимая из остальных аксиом, называется независимой от аксиом, а система аксиом, в которой ни одна аксиома не выводима из остальных, называется независимой системой аксиом.

Синтаксическое требование недопустимости дедуктивных зависимостей между аксиомами – определяющий признак принципа независимости.

Принцип независимости аксиом превращается в принцип независимости любого положения теории от оставшихся аксиом и выводимых из них положений.

Исследователь становится над теорией и перебирая правильно сформулированные положения, классифицирует их на дедуктивно независимые и дедуктивно зависимые. Первые включаются в аксиоматику теории, вторые – в совокупность производных положений теории.

Аксиомы являются высшей степенью достоверности и не являются ни предположениями, ни постулатами.

Аристотель:

- предположение есть то, что хотя и доказуемо, но сам доказывающий принимает не доказывая, если изучающему оно кажется правильным и он его принимает.

- постулат есть то, что хотя и доказуемо, но изучающий не имеет о нем мнения или имеет противоположное мнение, тогда это постулируют, т.е. принимают и применяют недоказанным.

1. Саламатов Ю.П., Кондраков И.М. "Идеализация технических систем на примере ТС - Тепловая труба" (1984, СССР, Красноярск, рукопись <http://www.triz.minsk.by/e/21102600.htm#03>).

2. Турчин В.Ф. Феномен науки. Кибернетический подход к эволюции. Москва, 2000, с. 219, ISBN 5-93386-019-0.