

## Лабораторная работа №3

### Тема: МЕТОДЫ РАЗРЕШЕНИЯ ПРОТИВОРЕЧИЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ. ВЕПОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

#### ПРОТИВОРЕЧИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Мы уже отметили, что в результате неравномерного развития технических систем возникают противоречия. В зависимости от того, на каком уровне сформулировано противоречие, в ТРИЗ различают противоречия административные, технические или физические.

Противоречия *административные* констатируют лишь факт возникновения проблемной ситуации – что-то сделать необходимо, но как – неизвестно (как в русской сказке – иди туда, не знаю куда; принеси то, не знаю, что).

Если правильно провести анализ изобретательской ситуации, то можно перейти к *техническому противоречию*. Техническим противоречием в ТРИЗ называется ситуация, когда попытка улучшить одну характеристику технической системы вызывает ухудшение другой характеристики. Технические противоречия отражают конфликт между частями или свойствами системы. Существует список типовых технических противоречий (например, вес – скорость, точность – производительность и т. д.). Для разрешения типовых технических противоречий могут быть использованы типовые приемы разрешения противоречий, составленные в результате анализа эвристических приёмов и огромного патентного фонда (несколько тысяч изобретений).

Техническое противоречие представляет собой конфликт между двумя частями системы, для формулировки *физического противоречия* необходимо выделить зону, к физическому состоянию которой предъявляются противоречивые требования – например, данная зона должна обладать свойством А и одновременно не должна обладать свойством А.

Для устранения противоречий или преодоления их существуют типовые приемы, стандарты, указатели применения геометрических, физических, химических явлений, эффектов. Преодолевать противоречия необходимо, опираясь на знание законов развития технических систем. Сами по себе законы развития техники не предназначены для поиска конкретных технических решений. Они лишь указывают направление развития ТС, тенденции совершенствования систем. Законы

положены в основу конкретных механизмов решения изобретательских задач. Алгоритм решения изобретательских задач или разрешения проблемных ситуаций изложен во многих источниках.

Большинство исходных формулировок практических задач толкают изобретателя в тупик. Важно понять, какую задачу стоит решать в том виде, в каком она поставлена, а какую нужно переформулировать. На основе выявленных закономерностей можно сделать вывод, что задачи часто нуждаются в изменении постановки, необходимо разрешить конфликт (осуществить какое-либо действие) на другом иерархическом уровне, нежели само действие, вызвавшее конфликт.

### **ВЕПОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**

Одним из эффективных методов познания является моделирование, т. е. замена реального объекта его моделью – идеализированной системой, в каких-то своих чертах отражающей особенности реальной. С моделями работать намного проще, а результаты, полученные на моделях, потом можно перенести на исходную систему.

Существует огромное количество различных моделей – от простого словесного описания объекта до конструкторской модели, в соответствующем масштабе повторяющей объект.

В ТРИЗ для поиска новых технических решений используются модели технических систем, получившие название «веполь». Веполь (от слов ВЕщество и ПОЛе) – это минимальная структурная модель работающей технической системы, включающая изделие  $B_1$  (которое надо менять, обрабатывать, перемещать, обнаруживать, контролировать и т. д.) и инструмент  $B_2$  (осуществляющий необходимое действие и приводящий к возникновению технического противоречия), а также внешнее поле  $\Pi$  (сила либо энергия их взаимодействия). Эта модель имеет свое графическое изображение (рис. 3.2).

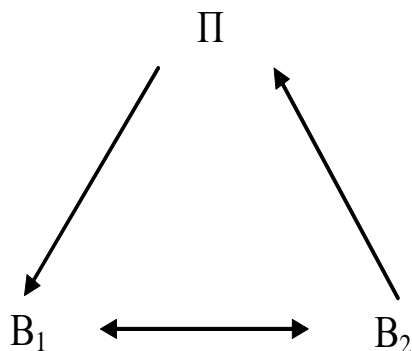


Рис. 3.2. Вепольная модель

Любую техническую систему можно представить в виде структурной модели, включающей один или несколько веполей. Полученная модель освобождается от всего лишнего, несущественного, что дает возможность наиболее четко выделить недостатки, «болезни» исходной технической системы, связанные, как правило, с нарушением объективных закономерностей развития техники. Необходимо от-

метить, что в ТРИЗ понятие «поле» отличается от аналогичного понятия в физике. В изобретательстве сегодня практически не используются физические поля сильных и слабых ядерных взаимодействий, зато широко применяются «технические» поля: механические взаимодействия, акустическое, тепловое, химическое и т. д.

Вепольное преобразование подсказывает изобретателю, что нужно ввести в систему для решения задачи – вещество, поле или и то, и другое, но не конкретизирует, какие именно поля и вещества следует использовать. Для получения технического ответа надо «подобрать» подходящие вещества и поля. ТРИЗ рекомендует начинать такой перебор с полей, так как их значительно меньше, чем веществ.

Под термином «вещество» в ТРИЗ понимаются любые объекты независимо от степени их сложности: лед и ледокол, резец или станок, заготовку или сложное готовое изделие.

Под термином «поле» понимается пространство, каждой точке которого поставлена в соответствие некоторая скалярная или векторная величина. К полям в ТРИЗ относят как **физические поля** (гравитационное, электромагнитное, поля сильных и слабых ядерных взаимодействий), так и **«технические»**. Чтобы при выборе полей не забыть какое-нибудь из них, существует аббревиатура из названий наиболее употребительных полей – **«МАТХЭМ»**:

**М** – механическое поле (взаимодействие). Его проявления и возможности чрезвычайно разнообразны:

- простые механические усилия и перемещения в различных направлениях;
- давление (повышение или, наоборот, сброс);
- инерционные, гравитационные, центробежные силы;
- вибрации, удары, аэро– и гидродинамические эффекты и т. д.

**А** – акустическое поле. Оно продолжает действие механического: колебания звуковые, инфразвук и ультразвук, стоячие волны, резонансные колебания и пр.

**Т** – тепловое поле (нагрев или охлаждение).

**Х** – химическое поле (взаимодействие), характеризующееся использованием различных химических реакций.

**Э** – электрическое поле, в т. ч. электростатическое, поле электрического тока, постоянного или переменного.

**М** – магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами или электрическим током (постоянным или переменным).

В последнее время появляется все больше изобретательских решений, связанных с использованием биохимии, биотехнологии, оптических явлений. Возможно, список можно расширить, добавив оптические и биологические поля.

Большинство упомянутых полей связано со «своими» веществами:

- химическое поле – с различными катализаторами, ингибиторами, особо активными или, наоборот, инертными веществами;
- электрическое – с заряженными частицами (электронами, ионами);
- магнитное – с ферромагнитными материалами.

Последовательность перебираемых полей, заданная аббревиатурой МАТХЭМ, не случайна, она отражает последовательность развития технических систем в направлении перехода от простых, наиболее часто встречающихся (но наименее эффективных) механических взаимодействий, к наиболее эффективным – электромагнитным полям. Есть и еще одна тенденция в использовании полей – переход от постоянных, неизменяемых полей к переменным, импульсным. Эффективно и совместное использование нескольких полей, особенно комбинации соседствующих в слове МАТХЭМ: теплового и химического, химического и электрического, электрического и магнитного.

Статистический анализ патентной информации показал, что существуют некоторые общие закономерности преобразования вепольных моделей, соответствующие законам развития техники и позволяющие решать значительную часть встречающихся в практике задач.

**▼ *Вещество плохо поддается управлению (обнаружению, измерению, изменению), требуется обеспечить эффективное управление***

Обычно это связано с тем, что в модели не хватает одного или двух элементов веполя (такую модель называют неполным веполем), и веполь нужно «достроить» – т. е. ввести в систему недостающие элементы (вещества или поля). Для задач на измерение или обнаружение необходимо ввести второе вещество (например, люминофор, ферромагнетик и т. д.), взаимодействующее с внешним полем.

Для задач на перемещение, дробление, обработку поверхностей, деформацию, изменение вязкости, прочности и т. д. – введение ферромагнитных частиц и магнитного поля. Если нельзя вводить вещество  $B_2$ , то задача решается с помощью измерения собственной частоты колебаний объекта либо вместо  $B_2$  вводится поле и наружное вещество  $B_2$ ; вводится  $B_2$  на время или в очень малых дозах; используется в качестве  $B_2$  часть  $B_1$ ; используется вместо объекта его копия; вводится  $B_2$  в виде химических соединений.

**▼ *В исходной системе имеется полный веполь, но взаимодействие между его элементами ненужное***

Такой веполь называется вредным и его нужно «разрушить». Есть несколько способов разрушения вредного веполя. Например, в систему вводится третье вещество, являющееся модификацией одного (или обоих) из имеющихся. Возможно введение второго поля, противодействующего первому – вредному.

**▼ *«Форсирование» веполя***

«Форсирование» веполя встречается тогда, когда необходимое действие есть, но его нужно усилить, повысить эффективность исходной системы. «Форсирование» веполя заключается в переходе к использованию более эффективных полей.

Вводится новое вещество  $B_2$ , которое меняет свои свойства под действием поля  $P_1$ , причем это изменение легко обнаруживается с помощью поля  $P_1$ , действующего на вещество  $B_2$ .

**▼ *Вещество или поле обладает двумя конфликтующими сопряженными свойствами; требуется улучшить одно свойство, не ухудшая другого***

Если конфликтуют свойство и антисвойство (горячий – холодный, сильный – слабый, магнитный – немагнитный), то конфликт может быть устранен разделением в пространстве, во времени и в структуре (целое имеет одно свойство, а часть – другое). Если используется разделение вещества во времени, целесообразно, чтобы переход от одного состояния к другому осуществлялся самим веществом, поочередно принимаящим разные формы (изменение агрегатного состояния, переход через точку Кюри и т. д.).

Вепольный анализ – эффективный инструмент решения задач, но этим его значение в ТРИЗ не исчерпывается. Он необходим для использования другого важнейшего инструмента ТРИЗ – системы стандартов на решение изобретательских задач. Стандарт – это комплекс, включающий один или несколько приемов устранения технических противоречий в сочетании с физическими эффектами, предназначенный для решения определенного типа задач. В настоящее время таких стандартов разработано около 77, все они делятся на 5 классов:

1. ***Построение и разрушение вепольных систем.*** Главная идея состоит в переходе от невеполя к веполю. Для этого поле делается либо избыточным, либо недостаточным, а в определенную зону вводится дополнительное вещество для защиты или усиления действия.
2. ***Развитие вепольных систем.*** Осуществляется переход к сложным веполям, для чего вводятся электромагнитное поле, ферромагнетики. Развитие системы идет в сторону динамизации.
3. ***Стандарты на переход к надсистеме и на микроуровень.*** Используются физические эффекты и явления (например, тепловое расширение, фазовые переходы и т. д.).
4. ***Стандарты на измерение и обнаружение.*** В этих случаях веполь достраивается или надстраивается, чтобы легко было обнаружить и измерить поле.

5. **Методы и приемы введения в веполи новых элементов без введения самих элементов** (использование пустоты, копий, видоизменение веществ).

Соответственно **закон увеличения степени вепольности** можно теперь сформулировать следующим образом:

◀ *Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности: невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет путем увеличения числа связей между элементами, повышения отзывчивости (чувствительности) элементов, увеличения количества элементов.*

# ПРИЁМЫ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

## ТИПОВЫЕ ПРИЕМЫ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Анализ больших массивов патентной информации показал, что для устранения примерно полутора тысяч наиболее часто встречающихся технических противоречий имеется около 40 наиболее сильных приемов, дающих эффективные решения. Для организации их использования была разработана специальная таблица, где по вертикали располагались характеристики технических систем, которые по условиям задачи необходимо улучшить, а по горизонтали – характеристики, которые при этом недопустимо ухудшаются. На пересечении граф таблицы были указаны номера приемов, которые с наибольшей вероятностью могли устранить возникшее техническое противоречие. Эта таблица положена в основу алгоритма выбора приемов в пакете прикладных программ «Изобретающая машина – Приемы».

Список приемов с необходимыми подприемами приведен ниже в том виде, как он был сформулирован Г.С. Альтшуллером.

### *Список приемов устранения технических противоречий:*

1. Принцип дробления:
  - разделить объект на независимые части;
  - сделать объект разборным;
  - увеличить степень дробления\измельчения объекта.
2. Принцип вынесения:
  - отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственную нужную часть (нужное свойство).
3. Принцип местного качества:
  - перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;
  - разные части объекта должны иметь разные функции;
  - каждая часть объекта должна находиться в условиях наиболее соответствующих ее работе.



4. Принцип асимметрии:
  - перейти от симметричной формы объекта к асимметричной.
5. Принцип объединения:
  - соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;
  - объединить во времени однородные или смежные операции.
6. Принцип универсальности:
  - объект должен выполнять несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.
7. Принцип матрешки:
  - разместить один объект размещен внутри другого объекта, который, в свою очередь находится внутри третьего и т. д.;
  - обеспечить прохождение одного объекта сквозь полость в другом объекте.
8. Принцип антивеса:
  - компенсировать вес объекта соединением с другими объектами, обладающими подъемной силой;
  - компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэродинамических, гидродинамических и т. п. сил).
9. Принцип предварительного антидействия:
  - заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям;
  - если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить антидействие.
10. Принцип предварительного исполнения действия:
  - заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично);
  - заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на их доставку и с наиболее удобного места.
11. Принцип заранее подложенной подушки:
  - компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.
12. Принцип эквипотенциальности:
  - изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

13.Принцип «наоборот»:

- вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать);
- сделать движущуюся часть объекта (или внешней среды) неподвижной, а неподвижную движущейся;
- перевернуть объект вверх ногами, вывернуть его.

14.Принцип сфероидальности:

- перейти от прямолинейных частей объекта к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба или параллелепипеда, к шаровым конструкциям;
- использование роликов, шариков, спиралей;
- перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

15.Принцип динамичности:

- характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы;
- разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга;
- если объект неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся.

16.Принцип частичного или избыточного действия:

- если трудно получить 100 % требуемого эффекта, надо получить чуть меньше или чуть больше, задача при этом может существенно упроститься.

17.Принцип перехода в другое измерение:

- трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (на плоскости), соответственно задачи, связанные с движением (или размещением) объектов в одной плоскости, упрощаются при переходе к пространству трех измерений;
- многоэтажная компоновка объектов вместо одноэтажной;
- наклонить объект или положить его на бок;
- использовать обратную сторону данной площади;
- использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или обратную сторону имеющейся площади.

18.Использование механических колебаний:

- привести объект в колебательное движение;
- если такое движение уже совершается – увеличить его частоту (вплоть до ультразвуковой);
- применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы;
- использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

19.Принцип периодического действия:

- перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному);
- если действие уже осуществляется периодически – изменить периодичность;
- использовать паузы между импульсами для другого действия.

20.Принцип непрерывности полезного действия:

- вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полезной нагрузкой);
- устранить холостые и промежуточные ходы;
- перейти от возвратно–поступательного движения к вращательному.

21. Принцип проскока:

- преодолевать вредные или опасные стадии процесса на большой скорости.

22.Принцип «обратить вред в пользу»:

- использовать вредные факторы, в частности, вредное воздействие среды, для получения положительного эффекта;
- устранить вредный фактор за счет сложения с другим вредным фактором;
- усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

23.Принцип обратной связи:

- ввести обратную связь;
- если обратная связь есть, изменить ее.

24.Принцип посредника:

- использовать промежуточный объект-переносчик, переносящий или передающий действие;
- на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.

25.Принцип самообслуживания:

- объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции;
- использовать отходы (энергии, вещества).

#### 26. Принцип копирования:

- вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощение и дешевые копии;
- заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями), использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии) или разноцветные копии с помощью светофильтров;
- если нельзя использовать видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.

#### 27. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности:

- заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступивших при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).

#### 28. Замена механической схемы:

- заменить механическую схему электрической, оптической, тепловой, акустической или запаховой;
- использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектами;
- перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных – к имеющим определенную структуру;
- использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

#### 29. Использование пневмоконструкций и гидроконструкций:

- вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.

#### 30. Использование гибких оболочек и тонких пленок:

- вместо объемных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки;
- изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.

#### 31. Применение пористых материалов:

- выполнить объект пористым или использовать дополнительные

пористые элементы (вставки, покрытие и т. д.);

- если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.

### 32. Принцип изменения окраски:

- изменить окраску объекта или внешней среды;
- изменить степень прозрачности объекта или внешней среды;
- для наблюдения за плохо видимыми объектами использовать красящие добавки;
- если такие добавки уже применяются, использовать меченые атомы.

### 33. Принцип однородности:

- объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала (или близкого ему по свойствам).

### 34. Принцип отброса или регенерации частей:

- выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта, должна быть отброшена (растворена, испарена и т. п.) или видоизменена;
- расходуемые части объекта должны восстанавливаться непосредственно в ходе работы.

### 35. Изменение физико-химических параметров объекта:

- изменить агрегатное состояние объекта;
- изменить концентрацию или консистенцию;
- изменить степень гибкости;
- изменить температуру, объем.

### 36. Применение фазовых переходов:

- использовать явления, возникающие при фазовых переходах, например, изменение объема, выделения или поглощения тепла и т. д.

### 37. Применение термического расширения:

- использовать термическое расширение или сжатие материалов;
- если термическое расширение уже используется, применить несколько материалов с разными коэффициентами термического расширения.

### 38. Применение сильных окислителей:

- заменить обычный воздух обогащенным;
- заменить обогащенный воздух кислородом;

- воздействовать на воздух или кислород ионизирующими излучениями;
- использовать озонированный кислород;
- заменить озонированный или ионизированный кислород озоном.

#### 39.Изменение степени инертности:

- заменить обычную среду нейтральной;
- ввести в объект нейтральные части, добавки и т. д.;
- проводить процесс в вакууме.

#### 40.Применение композиционных материалов:

- перейти от однородных материалов к композиционным.

Позже неоднократно предпринимались попытки систематизации приемов по группам:

*Приёмы разделения противоречивых требований в пространстве.*

*Приёмы разделения противоречивых требований во времени.*

*Приемы удовлетворения противоречивых требований изменением физико-химических параметров системы.*

*Приёмы снятия ФП за счет перехода в надсистему.*

*Приемы снятия ФП за счет перехода в подсистему.*

*Приемы снятия ФП за счет отказа от системы.*

*Приемы снятия ФП за счет перехода к антисистеме.*

Комплекс приемов дает решения более сильные, чем отдельно взятые приемы.

С.А. Фаер в работе «Системный анализ приемов. Алгоритм выбора приемов, разрешающих ТП» рассматривает способ выбора приемов разрешения технических противоречий (ТП) в зависимости от составляющих техническое противоречие двух конфликтующих требований. Приемы делятся на 4 группы по характеру работы с ТП, в каждой группе есть определенные правила синтеза и взаимосвязи приемов. На рис. 7 приведен фрагмент алгоритма выбора приемов, разрешающих техническое противоречие.



Рис. 7. Алгоритм выбора приемов, разрешающих техническое противоречие