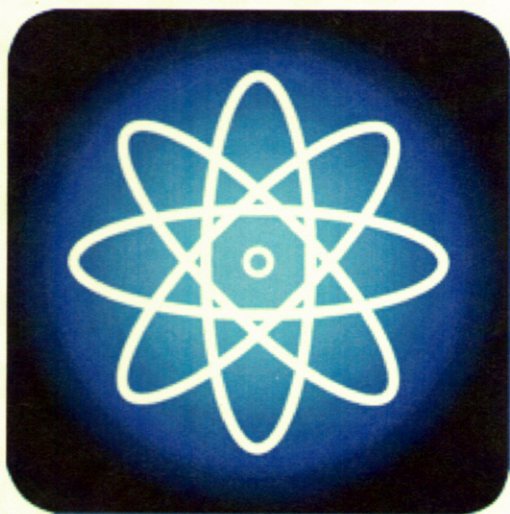


В.Н. Пелипенко

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА

Учебное пособие



**Тольятти
ТГУ
2010**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Инженерно-строительный институт
Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

В.Н. Пелипенко

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА

Учебное пособие

Тольятти
ТГУ
2010

УДК 608. 1
ББК 74.200.585.01
П24

Рецензенты:

к.т.н., профессор Тольяттинского военно-технического института
А.Л. Каплан;
д.т.н., профессор Тольяттинского государственного университета
Ю.В. Казаков.

Научный редактор: к.т.н., доцент *М.Н. Кучеренко.*

П24 Пелипенко, В.Н. Методология научного творчества : учеб. пособие / В.Н. Пелипенко. — Тольятти : ТГУ, 2010. — 96 с.

В учебном пособии изложены методологические основы научного познания и творчества. Даны определения понятий и терминов научного знания, освещены методы познания. Рассмотрены методы активизации поиска решения творческих задач. Изложены основные положения теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Приведены приемы и принципы разрешения технических и физических противоречий. Даны основы вепольного анализа и алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ).

Предназначено для магистрантов и студентов направления 270100 «Строительство» всех видов обучения.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© ГОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2010

ВВЕДЕНИЕ

Творчество — это деятельность человека, порождающая новое, отличающееся оригинальностью, уникальностью. Овладение методами и приёмами научного творчества и, в частности, технического творчества позволяет рационально организовать мыслительную деятельность, целенаправленно совершать мыслительные операции. Как фотон не имеет массы покоя, так, можно сказать, и мысль не имеет массы покоя и только в движении становится физически ощутимой. Поток мысли рождается с постановки задачи, углубляется и расширяется, вбирая в себя новые соображения и интуитивные ассоциации, делает невероятные извилины и, наконец, даёт аргументированное и зачастую неожиданное решение.

Научное творчество — мощный инструмент познания, направленный на раскрытие законов природы, техники, общества и мышления человека. С изобретения первых орудий труда и начинается история творчества и, следовательно, история человечества. С течением времени объекты техники усложнялись, и сделать изобретение становилось всё труднее. В связи с этим возникла необходимость в методах решения творческих задач, которые бы целенаправленно приводили к решению возникающих изобретательских задач. Такие методы постепенно создавались и развивались. В настоящее время они получили название «дотризовские методы», то есть были известны до создания **ТРИЗ** — теории решения изобретательских задач. В данном учебном пособии даны основы методологии научного творчества, рассмотрены дотризовские методы решения творческих задач и освещены основные положения ТРИЗ.

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ И ТВОРЧЕСТВА

1.1. Понятия о научном знании

Знание — это проверенный практикой результат познания действительности, верное отражение действительности в сознании человека. Обобщение разрозненных представлений о законах природы, техники, общества и мышления является главной функцией знания.

Часто вместо понятия «знание» используется понятие «информация».

Информация (от лат. *information* — разъяснение, изложение — обмен сведениями) — это сведения об окружающем мире и протекающих в нем процессах, воспринимаемые человеком или специальными устройствами. Информация — одно из основных понятий кибернетики, информационных (компьютерных) технологий.

Познанием называется движение человеческой мысли от незнания к знанию. Основу познания составляет отражение объективной действительности в сознании человека в процессе его практической (производственной, общественной и научной) деятельности. Таким образом, познавательная деятельность человека вызвана практикой и направлена на практическое овладение действительностью. Этот процесс бесконечен, поскольку диалектика познания выражается в противоречии между безграничной сложностью объективной действительности и ограниченностью наших знаний.

Основной целью познания является достижение истинных знаний, которые реализуются в виде теоретических положений, законов и учений, подтвержденных практикой и существующих объективно, независимо от нас.

Знание может быть относительным и абсолютным.

Относительное знание является отражением действительности с некоторой неполнотой совпадения образа с объектом. Большинство наших знаний об объектах и явлениях природы носят относительный характер, поскольку получить знание о них во всей полноте взаимосвязей и взаимодействий практически невозможно.

Абсолютное знание — это полное, исчерпывающее воспроизведение обобщенных представлений об объекте, которые обеспечивают абсолют-

ное совпадение образца с объектом. Примеров абсолютного знания можно привести весьма мало. При кажущейся полноте наших знаний об объекте существует достаточно много известных и неизвестных факторов, пусть незначительно, но влияющих на этот объект.

Различают два вида познания: чувственное и рациональное.

Чувственное познание является следствием непосредственной связи человека с окружающей средой и выражается через элементы чувственного познания: ощущение, восприятие, представление и воображение.

Ощущение — это отражение мозгом человека свойств предметов или явлений объективного мира, которые воспринимаются органами чувств человека.

Восприятие — это отражение мозгом человека свойств предметов или явлений в целом, воспринимаемых органами чувств человека в какой-либо отрезок времени, дает первичный чувственный образ предмета или явлений.

Представление — это вторичный образ предмета или явления, которые в данный момент времени не действуют на органы чувств человека, но обязательно действовали ранее.

Воображение — это преобразование различных представлений в мозгу человека, соединение их в целую картину образов.

Рациональное познание — это опосредованное и обобщенное отражение в мозгу человека существенных свойств, причинных отношений и закономерных связей между объектами и явлениями. Оно дополняет и опережает чувственное познание, способствует осознанию сущности происходящих процессов, вскрывает закономерности их развития. Формой рационального познания является абстрактное мышление, логические рассуждения человека, структурными элементами которых являются понятия, суждения, умозаключения.

Понятие — это мысль, отражающая существенные и необходимые признаки предмета или явления. Понятия бывают: общими, единичными, конкретными, абстрактными, относительными, абсолютными и другими. Общие понятия связаны с некоторым множеством предметов или явлений. Единичные понятия относятся только к одному предмету или явлению. Конкретные понятия относятся к конкретным предметам или явлениям, абстрактные — к отдельно взятым их признакам; относительные понятия всегда представляются попарно, а абсолютные не содержат парных отношений.

Суждение — это мысль, в которой содержится утверждение или отрицание чего-либо посредством связи понятий. Суждения бывают утвердительными и отрицательными, общими и частными, условными и разделительными и другими.

Умозаключение — это процесс мышления, соединяющий последовательность двух или более суждений, в результате чего появляется новое суждение. По существу, умозаключение является выводом, который делает возможным переход от мышления к практическим действиям. В непосредственных умозаключениях приходят от одного суждения к другому, а в опосредованных переход от одного суждения к другому осуществляется посредством третьего.

Процесс познания идет от научной идеи к гипотезе, превращаясь впоследствии в закон или теорию.

Научная идея — это интуитивное объяснение явления без промежуточной аргументации и осознания всей совокупности связей, на основе которой делается вывод. Идея вскрывает ранее не замеченные закономерности явления, основываясь на уже имеющихся о нем знаниях.

Гипотеза (от греч. *hypothesis* — основание, предположение) — это предположение о причине, которая вызывает данное следствие. В основе гипотезы всегда лежит предположение, достоверность которого на определенном уровне науки и техники не может быть подтверждена. Она всегда выходит за пределы известных фактов и является направляющей основой проведения теоретических или экспериментальных исследований. Каждая гипотеза подвергается проверке, в процессе которой убеждаются, что она не противоречит никаким другим уже доказанным гипотезам и что следствия, вытекающие из нее, совпадают с наблюдаемыми явлениями. Необходимо также убедиться в том, что гипотеза является единственно возможной и с ее помощью вся совокупность наблюдаемых явлений находит вполне достаточное объяснение. Если гипотеза согласуется с наблюдаемыми фактами, то ее называют законом или теорией. В качестве примера можно привести известную из сопротивления материалов гипотезу плоских сечений при чистом изгибе балки и при чистом кручении бруса круглого поперечного сечения.

Закон — это необходимые существенные, устойчивые, повторяющиеся отношения между явлениями в природе и обществе. Закон отражает общие связи и отношения, присущие всем явлениям данного рода, класса. За-

кон носит объективный характер и существует независимо от сознания людей. Познание законов составляет главную задачу науки и выступает основой преобразования людьми природы и общества.

Существует три основные группы законов: **специфические или частные** (например, закон сложения скоростей в механике); **общие** для больших групп явлений (например, закон сохранения энергии); **всеобщие или универсальные** (например, законы диалектики). Между общими и частными законами существует диалектическая взаимосвязь: общие законы действуют через частные, а последние представляют собой проявление общих законов.

Для доказательства закона используются суждения, которые ранее уже признаны истинными и из которых логически следует доказываемое суждение. Иногда в процессе познания оказываются доказуемыми противоречивые суждения. Это свидетельствует о наличии ошибок в логической цепи доказательств или неверности исходных суждений (посылок) в данной системе знаний. В этих случаях говорят о возникновении парадокса.

Парадокс (от греч. *paradoxos* – неожиданный, странный; неожиданное, непривычное, расходящееся с традицией утверждение, рассуждение или вывод) – *это противоречие, полученное в результате внешне логически правильного рассуждения, приводящее к взаимно противоречащим заключениям*. Парадоксальность является характерной чертой современной науки, а разрешение парадоксов – одним из методов совершенствования научных теорий. Совершенствование исходных суждений в рассматриваемой системе знаний и устранение ошибок в логике доказательств являются основными путями разрешения парадоксов.

В технической теории пластинок известен парадокс, сущность которого заключается в следующем. Если построить график изменения максимального прогиба шарнирно опертых пластинок в виде правильных n -угольников (w_0) в зависимости от числа сторон, то полученная кривая будет носить монотонно возрастающий характер при стремлении n к бесконечности ($n \rightarrow \infty$). Однако в пределе (при вырождении многоугольника в окружность) происходит скачок параметра w_0 . Причем этот скачок может быть направлен как вверх, так и вниз в зависимости от коэффициента Пуассона материала пластинки (рис. 1).

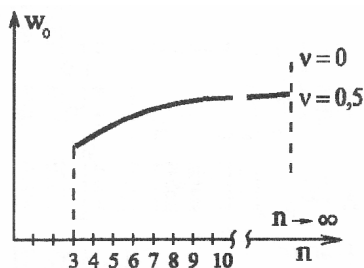


Рис. 1. Зависимость максимального прогиба пластин от n

Этот парадокс объясняется возникновением реакций в углах многоугольной пластинки, стремящихся их приподнять. При исчезновении углов эти реакции пропадают, и происходит скачкообразное изменение параметра w_0 .

Теория (от греч. *theoria* – рассмотрение, исследование) – это форма научного знания, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях действительности. Теория возникает в результате обобщения познавательной деятельности и практики и представляет собой мысленное отражение и воспроизведение реальной действительности. Структуру теории формируют категории и факты, аксиомы и постулаты, принципы, понятия и суждения, положения и законы.

Факт – достоверное знание об объекте или явлении.

Категории – это наиболее общие и фундаментальные понятия, отражающие существенные, всеобщие свойства и отношения явлений действительности и познания. Категории образовались в результате обобщения исторического развития познания и общественной практики. К наиболее известным категориям диалектического материализма относятся: материя, движение, пространство и время, количество и качество, противоречие, причинность, необходимость и случайность, содержание и форма, сущность и явление и другие.

Аксиома (от греч. *axiōta* – положение) – это положение, принимаемое без логического доказательства в силу непосредственной убедительности (истинное исходное положение). Аксиомы очевидны без доказательств; из них выводят все остальные предположения по заранее обусловленным правилам.

Постулат (от лат. *postulatum* – требование) – это утверждение (суждение), принимаемое в рамках какой-либо научной теории за истинное. Следовательно, постулат выполняет в теории роль аксиомы.

Принцип (от лат. *principium* – начало, основа) – это основное исходное положение какой-либо теории, учения, науки или мировоззрения и т. п. Под принципом в научной теории понимают самое абстрактное определение идеи, возникшее в результате субъективного осмысливания опыта людей.

Примерами широко известных и используемых принципов в сопротивлении материалов и строительной механике являются принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции) и принцип Сен-Венана.

Понятие – это мысль, в которой обобщаются и выделяются предметы (или свойства) некоторого класса (или явления) по определенным общим и в совокупности специфическим для них признакам. Другими словами, основной логической функцией понятия является выделение общего, которое достигается посредством отвлечения от всех особенностей отдельных предметов (или явлений) данного класса.

Понятия характеризуются их объемом и содержанием. **Объем понятия** – это круг тех предметов или явлений, на которые оно распространяется. **Содержание понятия** – это совокупность признаков, которые объединены в данном понятии.

Раскрытие содержания понятия называется его **определением**, которое должно отвечать двум главным признакам: оно должно указывать на ближайшее родовое понятие и на то, чем данное понятие отличается от других. Так, например, формулируя определение понятия «арка», необходимо указать, что арка относится к классу распорных стержневых систем и выделяется среди них признаком криволинейности оси стержня.

В процессе развития научных знаний определения понятий могут уточняться (обобщаться или ограничиваться), при этом в их содержательную часть вносятся новые признаки. Определением, как правило, завершается процесс исследования, закрепляющий полученные результаты.

Суждение (или высказывание) – это мысль, выраженная в виде повествовательного предложения, которая может быть истинной или ложной. Суждение отражает отношение говорящего к содержанию

высказываемой мысли и связано с убеждением или сомнением в ее истинности или ложности.

Положение — это сформулированная мысль, высказанная в виде научного утверждения.

Таким образом, теория является наиболее развитой формой обобщенного научного познания, овладев которой можно открывать новые законы, прогнозировать и предсказывать будущее.

Процесс познания происходит по определенным правилам, составляющим основу учения — методологии. **Методология науки** — это учение о принципах построения, формах и способах научного познания, то есть учение о структуре, логической организации, методах и средствах научной деятельности.

1.2. Методы научного познания

Выработка нового знания осуществляется путем широкого использования общенаучных методов, применяемых при проведении как теоретических, так и экспериментальных исследований.

Метод — это способ достижения цели, орудие мышления исследователя. К основным общенаучным методам научного познания относятся: анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия и моделирование, абстрагирование и конкретизация.

Анализ (от греч. *analysis* — разложение) — это метод исследования, заключающийся в том, что предмет изучения мысленно или практически расчленяется на составные элементы (части объекта, или его признаки, свойства, отношения), и каждая из частей исследуется отдельно. Яркими иллюстрациями этого метода в сопротивлении материалов, строительной механике, теории упругости и пластичности, строительных конструкциях являются: представление реального здания или сооружения в виде расчетной схемы, а также метод сечений.

Синтез (от греч. *synthesis* — соединение) — это метод исследования, позволяющий осуществлять соединение элементов (частей) объекта, расчлененного в процессе анализа, устанавливая связи между ними и познавать объекты исследования как единое целое. Примером этого метода является переход от исследования напряженно-деформированного состояния отдельного стержня в сопротивлении материалов к стержневой системе (раме, ферме, арке и их комбинаций) в строительной механике.

При изучении конкретного объекта исследования, как правило, анализ и синтез используются одновременно, поскольку они взаимосвязаны. Основной формой такой связи является **классификация**. При создании классификаций предметы или явления, составляющие определенную совокупность, разделяются на классы и группы по наличию объединяющих их свойств и характерных признаков. Например, деление стержневых систем на рамы, фермы, арки, арочные фермы, вантовые системы и т. п.

Стремление к теоретическому синтезу – наиболее общая черта современной науки. Теоретический синтез дает возможность объединять предметы или знания о них, то есть осуществлять систематизацию. **Системный подход** в науке позволяет глубже синтезировать знания о предмете, полнее раскрывать его взаимосвязи с другими предметами.

Индукция (от лат. *inductio* – наведение) – *это умозаключение от фактов к некоторой гипотезе (общему утверждению)*. Общий вывод о признаках совокупности элементов делается на основе исследования части элементов этой совокупности. При этом исследуемые факты отбираются по заранее выработанному плану.

Различают **полную индукцию**, когда обобщение относится к конечно-обозримой области фактов, а сделанное при этом умозаключение исчерпывающе рассматривает изучаемое явление, и **неполную индукцию**, когда оно относится к бесконечной или конечно-необозримой области фактов, а сделанное при этом умозаключение позволяет составить лишь ориентировочное, предварительное мнение об изучаемом объекте. Это мнение может быть недостоверным. При использовании метода неполной индукции могут возникнуть ошибки, причинами которых являются:

- поспешность обобщения;
- обобщение без достаточного основания по второстепенным или случайным признакам;
- подмена причинной связи обычной последовательностью во времени;
- необоснованное распространение полученного вывода за пределы конкретных условий, в которых он был получен.

Например, рассмотрим диаграмму деформирования образца из стали – зависимость напряжения от относительного удлинения (рис. 2).

Если мы обобщим данные экспериментов, не доводя образец до разрушения (рис. 2,а), то можно сделать вывод о линейной зависимости между σ и ε , то есть подтвердить известный из курса сопротивления материалов закон Гука: $\sigma = \varepsilon E$. Но распространение этого вывода на процесс загрузки образца до разрушения будет ошибочным, так как на полной диаграмме $\sigma - \varepsilon$ (рис. 2,б) имеются и другие характерные участки и точки (предел упругости, предел текучести, временное сопротивление), которые не подчиняются закону Гука. Ошибочно также распространение этого вывода и на другие конструкционные материалы (например, рис. 2,в – приведена диаграмма для алюминия).

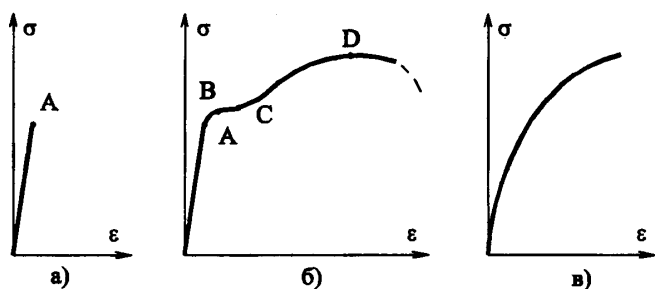


Рис. 2. Диаграммы деформирования металлических образцов

Дедукция (от лат. *deductio* – выведение) – это вывод по правилам логики, то есть цепь умозаключений (рассуждений), звенья которой (высказывания) связаны отношением логического следования. Началом, посылками дедуктивных рассуждений являются аксиомы, постулаты или просто гипотезы, имеющие характер общих утверждений («общее»), а концом – следствия из посылок, теоремы («частное»). Иначе говоря, дедукция – это форма научного познания, посредством которой вывод об отдельном элементе совокупности делается на основе знаний о признаках всей совокупности элементов, то есть это метод перехода от общих представлений к частным.

Несмотря на свою противоположность, индукция и дедукция в процессе научного познания всегда используются совместно, представляя разные стороны единого диалектического метода познания – от индуктивного обобщения к дедуктивному выводу, к проверке вывода и более глубокому обобщению – и так до бесконечности.

Аналогия (от греч. *analogia* – соответствие, сходство) – это метод научного познания, с помощью которого достигается знание об одних

предметах или явлениях на основании их сходства с другими. Умозаключение по аналогии — это методологический прием, когда знание о каком-либо объекте переносится на другой менее изученный объект, но сходный с первым по существенным свойствам, качествам. Такие умозаключения являются одним из основных источников научных гипотез. Благодаря своей наглядности метод аналогий получил широкое распространение в науке и технике.

В сопротивлении материалов и теории упругости хорошо известна мембранная аналогия. С ее помощью решено много довольно сложных задач. Например, задача о расчете пластинок на поперечный изгиб методом конечных разностей, задача о кручении упругого призматического стержня с сечением сложного вида и другие. В этих случаях используется аналогия в математической записи явлений изгиба мембраны и пластины, мембраны и кручения стержня с помощью дифференциальных уравнений в частных производных, то есть все эти задачи могут быть описаны одной математической моделью.

Метод аналогий является основой другого метода научного познания — метода моделирования.

Моделирование (от лат. *modulus* — мера, образец) — *это метод научного познания, заключающийся в замене изучаемого объекта его специально созданным аналогом или моделью, по которым определяются или уточняются характеристики оригинала.* При этом модель должна содержать существенные черты реального объекта.

Моделирование является одной из основных категорий теории познания, на его идее базируется практически любой метод научного исследования как теоретический, при котором используются различные абстрактные (идеальные) модели, так и экспериментальный, использующий предметные (материальные) модели. К абстрактным моделям относят мысленные, логические, воображаемые (логико-математические) и математические модели. Последние описываются тождественными с оригиналом уравнениями. К материальным моделям относят физические, вещественные или действующие модели. Они сохраняют физическую природу оригинала.

В современной науке и технике широко используется теория подобия (геометрического, физического, физико-механического), которая служит основой для построения моделей и разработки теории эксперимента.

Абстрагирование (от лат. *abstraction* — отвлечение) — это метод научного познания, заключающийся в мысленном выделении существенных свойств и связей предмета или явления и отвлечении от других частных их свойств и связей. При абстрагировании происходит отделение существенного от случайного, отбрасывание несущественных признаков, затрудняющих проведение исследования.

В научных исследованиях используются абстракции отождествления, идеализации и изолирующие абстракции.

Абстракция отождествления получается путем отвлечения от индивидуальных свойств предметов и выделения в них обобщающих признаков. Они широко применяются для образования понятий о каком-то классе предметов или явлений и содержат признаки, которые отличают его от других классов.

Абстракция идеализации — это результат абстрагирования, при котором происходит замещение реального эмпирического явления идеализированной схемой. При использовании этого вида абстракции определенные свойства изучаемого объекта доводят до предельного значения. Примерами такой идеализации в теоретической и строительной механике являются понятия «абсолютно твердое тело», «шарнир», «шарнирное опирание и жесткое защемление», «пластический шарнир» и др.

Изолирующая (математическая) абстракция образуется путем мысленного вычленения и фиксации определенных свойств и связей из их общей совокупности, принадлежащих изучаемому объекту. С помощью этой абстракции образованы такие широко применяемые в расчетной практике понятия, как «точность», «надежность», «эффективность» и другие.

Понятие абстрактное противопоставляется конкретному, а абстрагирование — конкретизации.

Конкретизация (от лат. *concretus* — буквально сгущенный, уплотненный, сросшийся) — это метод научного познания, с помощью которого выделяются существенные связи, свойства и отношения предметов или явлений. Он требует учета всех реальных условий, в которых находится исследуемый объект.

В процессе познания мысль движется от абстрактного, бедного содержанием понятия к конкретному, более богатому содержанием понятию, то есть происходит восхождение знаний об объекте исследования от абстрактного к конкретному. Несмотря на свою методологическую

противоположность, эти два метода научного познания взаимно дополняют друг друга.

К методам научного познания, используемым на теоретическом уровне, относятся также объяснение и формализация.

Объяснение — это метод научного познания, с помощью которого составляется объективная основа изучаемого явления или процесса. Оно позволяет выдвинуть гипотезу или предложить теорию исследуемого класса явлений или процессов.

Формализация — это отображение объекта или явления в маковой форме какого-либо искусственного языка (математики, химии и т. д.), с помощью которого производится формальное исследование их свойств. Формализация осуществляется на основе абстракций, идеализации и введения искусственных символических знаков. Наиболее ярким примером использования этого метода познания является математика, а также различные естественные и технические науки (физика, теоретическая механика, сопротивление материалов и т. д.), в которых вывод содержательного предложения заменяется выводом выражающей его формулы. Формализация дает возможность проведения систематизации, уточнения, методологического прояснения содержания теории и выяснения характера взаимосвязи ее различных положений. С ее помощью можно выявлять и формулировать еще не решенные проблемы.

Гипотеза и теория, рассмотренные ранее как формы научного познания, также относятся к методам научного познания.

К методам научного познания, используемым на эмпирическом уровне, относятся наблюдение и эксперимент.

Наблюдение — это метод целенаправленного исследования объективной действительности в том виде, в каком она существует в природе и обществе и доступна непосредственному восприятию человеком. Наблюдение отличается от восприятия (отражения предметов объективного мира) целенаправленностью, то есть человек наблюдает то, что имеет для него теоретический или практический интерес. При этом он отбирает только существенные факты, характеризующие объект исследования, на основе определенной гипотезы или теории.

Различают **качественное наблюдение**, когда в процессе наблюдения выявляются качественные изменения в объекте или процессе, и **количественное**, когда фиксируются изменения их количественных пара-

метров, не вызывающих качественные изменения. Примером такого рода наблюдений может служить испытание изгибаемой железобетонной конструкции (например, балки на двух опорах) до разрушения. В процессе загрузки балки постепенно увеличивающейся внешней нагрузкой в ее поведении первоначально наблюдаются количественные изменения, которые выражаются в виде возрастающего прогиба. Затем при некоторой величине внешней нагрузки на ее боковой поверхности появляются трещины. Это уже качественные изменения, фиксируемые наблюдателем. Дальнейшее возрастание нагрузки ведет как к увеличению прогиба, так и к увеличению ширины раскрытия трещин и их появлению в новых местах. Эти изменения носят количественный характер. И, наконец, при определенной величине нагрузки без ее увеличения в течение определенного времени растут и прогибы балки, и ширина раскрытия трещин, что свидетельствует о начале качественно нового этапа – разрушения.

Научное наблюдение способствует выявлению дополнительных факторов и закономерностей развития наблюдаемых явлений или процессов и накоплению нового эмпирического знания.

Эксперимент (от лат. *experimentum* – проба, опыт) – *это метод научного познания, при котором происходит исследование объекта в точно учитываемых условиях, задаваемых экспериментатором, позволяющий следить за изучаемым объектом и управлять им.* Эксперимент, как и наблюдение, может быть качественным и количественным.

В отличие от наблюдения эксперимент позволяет:

- исключить влияние побочных факторов, упрощая исследуемый объект, и вводить новые факторы, усложняя его;
- воспроизводить исследуемое явление многократно;
- изучать свойства явлений, не существующих в природе в чистом виде;
- создавать новые искусственные объекты;
- изучать свойства предметов в критических условиях (например, при разрушении объекта, при потере устойчивости элементов стержневых систем, при высоких и низких температурных воздействиях и т. п.).

Процесс подготовки и проведения экспериментального исследования обычно включает в себя несколько последовательных стадий:

- выдвижение научной гипотезы;
- выбор объекта исследования, его цели и постановка задачи;

- подготовка материальной базы для выполнения эксперимента;
- выбор оптимального пути проведения эксперимента;
- наблюдение явлений при осуществлении эксперимента и описание их;
- анализ и обобщение полученных результатов.

Оптимизация процесса экспериментального исследования и управление научным поиском осуществляется на основе математической теории эксперимента (планирование эксперимента), что способствует экономии времени и сокращению материальных затрат.

Кроме рассмотренных выше методов научного познания, в каждой конкретной науке существуют и свои, присущие только ей, специальные методы. Это, например, физические, математические, биологические методы и т. д.

В результате взаимопроникновения различных наук специальные методы исследования, характерные для конкретной науки, находят применение и в других науках (например, математические методы в медицине, физиологии и т. п.). Наиболее распространенными являются именно математические методы. Они широко используются и в строительных науках — науках о динамике и прочности строительных конструкций. Ярким примером этому могут служить матричные методы в строительной механике, применяемые при расчете статически неопределимых стержневых систем (метод сил, метод перемещений, смешанный метод, метод конечных элементов и другие).

1.3. Элементы теории и методологии научно-технического творчества

Творчество — это деятельность, порождающая нечто качественно новое и отличающееся неповторимостью, оригинальностью и уникальностью. Творчество проявляется в любой сфере человеческой деятельности: производственной, технической, научной, художественной, политической и так далее. Творческая деятельность присуща человеку и выражается в высшей форме мышления, выходящей за пределы известного. Эта деятельность включает в себя постановку или выбор задачи, поиск условий и способов ее решения и в результате — создание нового.

На ранних этапах развития человеческой цивилизации для создания чего-то нового использовался метод «**проб и ошибок**», который путем перебора всех мыслимых вариантов изредка давал возможность

находить новое нужное решение. Естественно, при этом творческие находки носили преимущественно случайный характер и появлялись тем реже, чем сложнее была задача. По мере эволюционной перестройки стиля человеческого мышления период реализации творческих идей сокращался, развивались теория и методология творчества, которые находили все более широкое практическое применение. В настоящее время потребность в новых решениях высокого уровня существенно возросла и продолжает увеличиваться.

Творческое мышление начинается тогда, когда создается проблемная ситуация, предполагающая поиск решения в условиях неопределенности и дефицита информации. При этом основными элементами творчества выступают логика и интуиция. «Посредством логики доказывают, посредством интуиции изобретают» – говорил А. Пуанкаре.

Интуиция (от позднелат. *intuitio* – созерцание) – *это способность постижения истины путем непосредственного ее усмотрения без обоснования с помощью доказательств.* Интуиция не является врожденной способностью человека, а приобретает в результате накопления знаний, и поэтому ее следует считать итогом длительной подготовки. Она приходит к исследователю как бы в качестве вознаграждения за его упорный и длительный труд в определенной области знаний.

Логика (от греч. *logike*) – *это наука о способах доказательств и опровержений, то есть о способах рассуждений, которые от истинных суждений-посылок приводят к истинным суждениям-следствиям.*

Поиск решения творческой задачи у квалифицированного специалиста (ученого) идет в подсознании, причем необязательно во время ее непосредственного анализа и обдумывания. При этом сам процесс обработки информации исследователем не осознается. В сознании лишь отражается результат. Крупные ученые при решении сложных задач часто используют это обстоятельство и, войдя в проблему, специально откладывают работу над ней, зная, что его подсознание уже включилось в исследовательский процесс, несмотря на смену рода деятельности, и через некоторое время выдаст результат.

Специфическим актом творческого процесса считается озарение, которое заключается во внезапном осознании чего-то, всплывшем из глубин подсознания, в схватывании главных элементов ситуации в связях и отношениях, гарантирующих решение исследуемой задачи.

Одной из главных проблем творчества являются его **мотивации** — *побудительные причины творческой деятельности*. В первую очередь они связаны с биологическими, социальными и познавательными (идеальными) потребностями человека и общества.

Биологические мотивации побуждают человека совершать наследственно закрепленные или приобретенные опытом действия, направленные на удовлетворение индивидуальных или групповых потребностей. К таким потребностям относятся утоление голода и жажды, продолжение рода, забота о детях и т. п. Другими словами, в их основе лежат инстинкты, влечения, эмоции, а также житейская изобретательность и совершенствование навыков повседневного труда. К числу биологических потребностей относится, в частности, принцип экономии сил, который может приобрести самодовлеющее значение, превратившись в лень.

Социальные мотивации творчества обусловлены в первую очередь фактом принадлежности человека к определенным социальным группам, потребностями и моральными ценностями этих групп и в целом общества. Среди социальных мотивов творчества не последнее место занимает стремление к материальному вознаграждению, к почету и уважению человека в обществе.

Идеальные мотивации творчества возникают от присущей всему живому потребности в информации. Удовлетворение любой потребности человека требует информации о путях и способах достижения цели. Но существует потребность в информации и как стремление к новому знанию, ранее не известному.

Наиболее важным для творческого процесса видом мышления является воображение. **Воображение** (*фантазия*) — *это вид психической деятельности, заключающийся в создании мысленных представлений, образов и ситуаций, никогда в целом не воспринимавшихся человеком в действительности*. Различают три типа воображения: логическое, критическое и творческое.

Логическое воображение выводит будущее из настоящего путем логических рассуждений.

Критическое воображение выделяет такие причины несовершенства системы, которые нуждаются в изменении, усовершенствовании.

Творческое воображение рождает принципиально новые идеи и представления, опирающиеся на элементы действительности, но не

имеющие пока прообразов в реальном мире. Творческому воображению принадлежит решающая роль в развитии общества и создании нового. Для активизации творческого мышления необходимо знание факторов, отрицательно влияющих на него. К их числу следует отнести: инерцию мышления, отсутствие гибкости мышления, силу привычки, узкопрактический подход, чрезмерную специализацию, влияние авторитетов, боязнь критики, страх перед неудачей, лень и другие.

Творческая личность должна уметь сосредотачивать внимание и долго его удерживать на каком-либо вопросе или проблеме, обладать упорством, настойчивостью и целеустремленностью. Без этих умений и качеств невозможны серьезные творческие достижения.

Одним из основных современных направлений методологии научного познания является системный подход, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы. **Системный подход ориентирует исследователя на раскрытие целостности объекта, на выявление многообразных типов связей в нем и сведение их в единую теоретическую картину.**

Система (от греч. *systema* – целое, составленное из частей, соединение) – *это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность (единство).* Любая система проявляется как нечто определенное и целостное через комплекс взаимодействий, которые представляют собой процессы обмена систем веществом, энергией, информацией и т. п. Эти процессы носят циклический характер, обусловленный борьбой противоречий внутри элементов системы.

Противоречия в технических системах взаимосвязаны и разнообразны по форме проявлений; они подразделяются на внешние и внутренне. Внешние противоречия предваряют научно-техническую задачу, создают мотивации ее постановки и решения. Внутренние же противоречия возникают между элементами системы (ее частями), а также между ее параметрами и свойствами. Выявление причин этих противоречий, нахождение способов их разрешения создают алгоритм решения задачи и приводят к созданию качественно новой системы, в которой наряду с новыми элементами присутствуют и элементы прежней системы. Эволюционный путь развития любой природной или искусственной системы (технической), несмотря на свои индивидуальные особенности, можно условно изобразить логической кривой *A*, представленной на рис. 3.

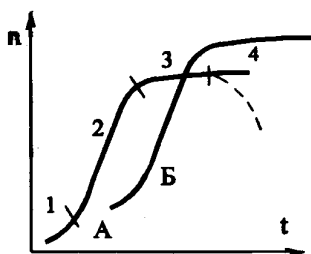


Рис. 3. Этапы развития технической системы

На этом рисунке по оси ординат откладывается основной параметр, характеризующий систему, а по оси абсцисс — время ее развития. На начальной стадии, когда система существует в виде модели, опытной установки или единичного образца (участок 0 — 1), она развивается медленно. По мере ее внедрения и совершенствования скорость развития возрастает, достигая наибольшего значения в период массового производства и практического использования (участок 1 — 2).

Далее, при исчерпании своих технических возможностей (устаревания) темпы ее развития идут на спад (участок 2 — 3) и система деградирует (участок 3 — 4). Участок эволюционной кривой 2 — 3 характеризуется созданием предпосылок и условий для поиска новых технических решений, усовершенствования устаревшей системы. В этот период начинает свое развитие принципиально новая техническая система (кривая Б), которая должна пройти путь, подобный кривой А. Подробнее изложено в подразделе 3.8.

Ученый и изобретатель должны знать закономерности развития техники, уметь предвидеть тенденции и направления возможных путей совершенствования исходных систем, поскольку жизнеспособными оказываются только те технические системы, которые соответствуют этим закономерностям.

1.4. Особенности теоретического исследования

При проведении любого теоретического исследования преследуются несколько целей:

- обобщение результатов предшествующих исследований и нахождение общих закономерностей путем обработки и интерпретации этих результатов и опытных данных;

- распространение результатов предшествующих исследований на ряд подобных объектов без повторения всего объема исследований;
- изучение объекта, недоступного непосредственному исследованию;
- повышение надежности экспериментального исследования объекта.

Как уже отмечалось ранее, **теоретические исследования** начинаются с разработки рабочей гипотезы и моделирования объекта исследования и завершаются формированием теории, которая проходит в своем развитии путь от количественного измерения параметров объекта и качественного объяснения происходящих процессов до их формализации в виде правил, методик или математических уравнений.

В основе создания любой модели лежат допущения, принимающиеся с целью отсева незначительных факторов, которыми можно пренебречь без существенного искажения условий задачи. При этом исследователь должен четко представлять соответствие принятой модели реальному объекту, поскольку необоснованное принятие допущений может привести к грубейшим ошибкам при проведении исследований. В то же время учет большого числа факторов, действующих на объект, может привести к сложным аналитическим зависимостям, неподдающимся анализу.

Пример. Для вычисления веса P некоторого твердого тела обычно учитываются два параметра: m – масса этого тела и g – ускорение свободного падения (ускорение силы тяжести). При этом $P = mg$. Однако это решение не учитывает зависимость ускорения силы тяжести от географической широты местности, высоты над уровнем моря и другие факторы. Если попытаться учесть эти факторы, то в правой части уравнения появятся дополнительные слагаемые, уточняющие решение. И в этом случае решение не будет точным, поскольку существуют и другие неучтенные факторы, влияющие на величину ускорения. К ним относятся, в частности, влияние перемещения масс внутри ядра Земли, планет Солнечной системы, звезд и т. д. Этот пример ярко иллюстрирует бесконечность и сложность познания реального объекта и, кроме того, показывает, что всякое теоретическое исследование – приближенно.

Для определения степени абстракции и упрощения исследуемого объекта его расчлняют (дробят) на отдельные относительно простые части или элементы, рассматривают и описывают их взаимосвязи, а затем соединяют в модель сложного объекта. Этот процесс можно показать на выборе расчетной схемы здания или сооружения сложного

вида. Пусть необходимо выбрать расчетную схему здания рамной конструкции. Для этого существует несколько путей.

Наиболее простой путь заключается в расчленении всего здания на плоские рамы, последующем расчленении каждой рамы на отдельные элементы (колонны и ригели) и расчете каждого элемента в отдельности на внешние воздействия, приложенные к ним в реальном сооружении. При выполнении такого расчленения граничные условия в узлах соединения колонн и ригелей принимаются идеализированными: либо в виде шарнирного опирания, либо в виде жесткого защемления. Для выполнения расчета по этой расчетной схеме достаточно знаний сопротивления материалов и специальных дисциплин – строительных конструкций (железобетонных, металлических, деревянных и пластмассовых). При реализации рассмотренной расчетной схемы не учитываются следующие факторы:

- действительная жесткость узлов сочленения колонн и ригелей;
- совместная работа элементов рамы;
- пространственная работа рам;
- совместная работа рам с фундаментом.

Полученный проект по такой расчетной схеме будет обладать повышенной материалоемкостью, что обычно идет в запас прочности сооружения и не ухудшает его характеристик прочности и жесткости в условиях эксплуатации. Однако он не является оптимальным и приводит к значительному перерасходу строительных материалов.

Другой путь заключается в учете совместной работы элементов рамы, который в некоторой степени снимает неопределенность в учете действительных условий их сопряжения. При этом рама рассчитывается как отдельный элемент сооружения. Для реализации такой расчетной схемы, которая будет давать более экономичный проект, чем первая, необходимы дополнительно знания строительной механики статически неопределимых стержневых систем. Однако эта схема по-прежнему не учитывает пространственную работу рам и совместность их работы с фундаментом.

Следующим шагом в уточнении расчетной схемы является учет совместности пространственной работы рам всего сооружения как пространственной стержневой системы. Эта уже достаточно сложная инженерная задача может быть реализована с использованием ЭВМ.

Полученный по этой расчетной схеме проект будет экономичнее, чем по второй. Тем не менее пути ее совершенствования еще имеются.

Один из таких путей заключается в учете совместности пространственной работы рам с дисками перекрытий и покрытия, выполненных в виде монолитного или сборного вариантов здания. Такая расчетная схема уже трудно реализуема даже с помощью ЭВМ, так же как и другая, учитывающая совместность работы пространственных рам с фундаментом здания. В этом случае методы строительной механики должны использоваться совместно с методами теории упругости. Именно в этом направлении в настоящее время ведутся интенсивные исследования в строительной механике стержневых систем, поскольку от практической реализации разрабатываемых методов расчета ожидается значительный экономический эффект.

Приведенная последовательность рассмотрения расчетных схем отражает исторические пути развития и совершенствования методов расчета стержневых систем в строительной механике и опять-таки свидетельствует о бесконечности процесса познания и приближенности результатов исследований. Завершить этот процесс невозможно, но выделить ближайшие задачи всегда можно. Так, например, в нашем случае следующая проблема может быть связана с учетом возможности перераспределения усилий в элементах рамы при достижении в части из них предельного состояния.

Теоретические исследования включают в себя несколько характерных этапов: *анализ физической сущности процессов и явлений; формулирование гипотезы исследования; построение физической модели; математическое исследование; анализ и обобщение теоретических исследований; формулирование выводов.* Процесс теоретических исследований сопровождается непрерывной постановкой и решением разнообразных задач, связанных с выявлением противоречий в принятых теоретических моделях.

Любая задача содержит **исходные условия** (определение информационной системы) и **требования** (цель, к которой нужно стремиться при ее решении). Условия и требования задачи постоянно находятся в противоречии, и в процессе ее решения их приходится неоднократно сопоставлять и уточнять до тех пор, пока не будет получено решение задачи.

В технических науках при проведении теоретических исследований, как правило, стремятся к математической формализации выдвиг-

нутых гипотез и полученных выводов, используя при этом различные математические методы. **Процесс математической формализации** задачи включает несколько стадий, как то: *математическая формулировка задачи; математическое моделирование; метод решения; анализ полученного результата.*

Математическая формулировка задачи дается в виде чисел, геометрических образов, функций, систем уравнений и т. п. Форма описания объекта исследования может быть непрерывной или дискретной, детерминированной или стохастической и др.

Математическая модель представляет собой систему математических соотношений (формул, функций, уравнений, систем уравнений), описывающих те или иные стороны изучаемого объекта.

Первый этап математического моделирования включает в себя постановку задачи, определение объекта и целей исследования, задание критериев изучения объекта и управления им, установление границ его области влияния — области значимого взаимодействия с внешними объектами. Внутри этой области объект может рассматриваться как замкнутая система с установленными начальными и граничными условиями решения задачи.

На следующем этапе математического моделирования осуществляется выбор типа модели. Иногда строят несколько моделей одного и того же объекта и, сравнивая результаты их исследования с реальным объектом, выбирают лучшую.

При выборе типа математической модели объекта по экспериментальным данным устанавливают степень его детерминированности, линейность или нелинейность, статичность или динамичность, стационарность или нестационарность.

Линейность или нелинейность объекта определяют по его реакции на внешнее воздействие. Например, связь между напряжениями и деформациями образца из мягкой стали на участке до предела пропорциональности носит линейный характер. При появлении же пластических деформаций (за пределом упругости) эта зависимость уже становится нелинейной. В этом случае говорят о физической нелинейности объекта. Если в качестве примера рассмотреть тонкую пластинку, находящуюся в условиях поперечного изгиба, то при определенном соотношении ее толщины к наибольшему размеру в плане h/D_{max} прогиб будет линей-

но зависеть от величины внешней нагрузки. При уменьшении толщины этой пластинки при некотором соотношении h/D_{max} ее прогиб уже не будет линейной функцией нагрузки. В этом случае говорят о геометрической нелинейности объекта, а такая пластинка называется мембраной.

Применение линейной математической модели позволяет использовать принцип суперпозиции (принцип независимости действия сил), что значительно упрощает ее дальнейший анализ. Этот принцип является одним из основополагающих в сопротивлении материалов, строительной механике и строительных конструкциях.

Статичность или динамичность объекта устанавливают по изменению во времени его исследуемых параметров. Для детерминированных систем это определяется характером выходной характеристики (характером полученного решения). Если среднее арифметическое значение полученных результатов на разных интервалах времени не выходит за допустимые пределы, определяемые точностью методики получения исследуемого показателя, то объект считают статичным. Статичность вероятностных систем определяют по изменчивости уровня их относительной организации, который также не должен превышать определенного допустимого предела.

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Дайте определение термина «творчество».
2. В чем особенность технического творчества, изобретательства?
3. Поясните понятия «знание» и «информация».
4. Как понимаете термины «относительное знание», «абсолютное знание»?
5. Что означает термин «познание»?
6. В чем различие чувственного и рационального познания?
7. Какие объекты окружающего мира человек познает опосредованно?
8. Поясните путь процесса познания от научной идеи до закона или теории.
9. Что такое закон? теория?
10. Приведите примеры парадоксов, парадоксальных явлений.
11. Дайте пояснения понятиям «аксиома», «постулат», «принцип».
12. Как соотносятся в познании анализ и синтез?
13. Что такое индукция и дедукция?

14. Что характерно для аналогии?
15. Какие достоинства имеет метод моделирования?
16. Поясните термин «абстракция».
17. Как соотносятся в познании наблюдение и научный эксперимент?
18. Поясните понятия «интуиция» и «логика».
19. Что означают понятия «система» и «техническая система»?
20. В чем особенность теоретического познания?
21. В чем суть физического моделирования?
22. Особенности математического моделирования.

2. ОБЗОР МЕТОДОВ ТВОРЧЕСТВА

2.1. Характеристика творческой деятельности

В технической сфере творцов новых видов и объектов принято называть изобретателями. Отсюда следует большой интерес к личности изобретателя. Традиционно бытовало общественное мнение об изобретателе как о странном человеке, проще говоря – чудаке. Это ещё мягко сказано. Стереотипное общественное суждение: изобретатель – это человек слегка чокнутый, ходит, думает, ничего при этом не замечает и вдруг... озарение – что-то придумывает. К настоящему времени общественное мнение об изобретателе изменилось в лучшую сторону, но и сейчас об изобретателе говорят иногда как о возмутителе спокойствия, скандалисте и даже как о преступнике! Действительно, многие известные изобретатели подвергались различным гонениям и даже попадали в тюрьму: Г.С. Альтшуллер, Б.В. Болотов и др. Подвергались гонениям академики П.Л. Капица, Л.К. Кошкин, Л.Д. Ландау и др.

Творческая, изобретательская деятельность имеет определённую таинственность, загадочность. Решение творческой задачи происходит в результате «озарения», а отсюда недалеко до мистики, то есть до «божественного откровения», и до «избранности» изобретателя свыше. Несомненно, однако, то, что творческий, мыслительный процесс – это очень сложный процесс работы мозга человека. Психологи, изучающие творческую работу человека, пока находятся на начальных стадиях познания. В настоящее время они могут дать общие рекомендации для решения творческих задач. Обычно даются следующие рекомендации:

- изобретатель должен быть человеком опытным, информированным, эрудированным;
- изобретатель должен быть глубоко заинтересованным в решении задачи (морально и материально);
- изобретатель должен испытывать эмоциональный подъём;
- изобретательство – мучительный процесс, поэтому очень важно преодолеть себя.

Творческая работа – нелёгкий процесс. Это очень хорошо и с юмором показано в мультфильме «Фильм, фильм, фильм...». Здесь нагляд-

но продемонстрировано, какие муки творчества испытывают создатели фильма, то есть творческие работники, начиная со сценариста.

При изучении творческой деятельности выявилось, что каждый человек придерживается при решении творческих задач своих, чаще всего им самим выработанных подходов, принципов, методов. Эти методы обобщены, имеют определённую классификацию. Изучив и освоив эти методы, практически каждый человек может успешно решать творческие задачи.

2.2. Метод проб и ошибок

Это наиболее старый (традиционный) и наименее эффективный метод. Суть метода заключается в последовательном выдвижении всевозможных вариантов решения, если выдвинутая идея оказывается неудачной, её отбрасывают, а затем выдвигают новую. Правил выдвижения идей нет. Нет и определённых правил оценки идей. О пригодности идей судят субъективно.

На практике метод проб и ошибок выглядит так: после ознакомления с условиями задачи предлагается, а что будет, если сделать так... а если так... и т. д. Перебирая варианты, можно найти решение, а может, и нет. При этом нет критериев оценки найденного решения. Является ли оно лучшим?

Характерный пример применения метода проб и ошибок – работа американского изобретателя **Томаса Эдисона** (1847–1931). Например, его поиск материала для нити электрической лампы накаливания. Испытывались различные металлы и сплавы, обугленные нити из шерсти, шёлка, картона, бамбука и т. п.

На более высоком уровне этот метод выглядит следующим образом.

Выбирается определённая поисковая концепция (направление поиска) и разрабатывается. Если вектор поиска не находит положительного решения, то обычно идут в противоположном направлении. Зачастую возвращаются к старому направлению поиска, ищут промежуточные решения. Наконец, попадают в область решения задачи.

Большое значение для успешного решения изобретательских задач по методу проб и ошибок имеют предыдущий опыт, интуиция, умение преодолеть инерцию мышления. Странники ТРИЗ считают, что этот метод пригоден для решения простых задач. При решении сложных

задач метод проб и ошибок бессилён, и применение метода ведёт к огромным потерям времени и сил. Метод проб и ошибок давно исчерпал свои возможности.

По мнению И.В. Верткина, метод проб и ошибок парадоксально неэффективен. И вместе с тем этот метод загадочен, таинственен и завораживающе привлекателен.

2.3. «Мозговой штурм»

Название «мозговой штурм» или «мозговая атака» произошло от английских слов brain storming. Метод предложен **Алексом Осборном**, который в 1953 году в США издал книгу «Управляемое (практическое) воображение». А. Осборн в течение жизни поменял много профессий: был строительным рабочим, продавцом, учителем, бизнесменом, репортёром и т. д. Занимаясь **рекламой**, он столкнулся с необходимостью придумывать новое.

Мозговой штурм — это наиболее простой и доступный метод решения изобретательских задач при **коллективном** поиске. Проводится поиск последовательно в **два этапа**, двумя группами. Первая группа — **«генераторы»** предлагают идеи, строго придерживаясь правила «запрета критики». Первый этап длится 20–40 минут. На втором этапе вторая группа — **«эксперты»** обсуждают и анализируют идеи, выдвинутые «генераторами». «Запрет критики» означает, что к рассмотрению принимается любая идея, какой бы бездоказательной, фантастической она ни была. Нужно найти рациональное зерно в любой идее, в любом предложении.

Группа «генераторов» состоит обычно из 5–12 человек. В группу не приглашают прирождённых **скептиков** и **критиканов**. Здесь нужны люди с фантазией, нужны разнообразные специалисты, а также люди «со стороны», то есть не имеющие никакого профессионального отношения к задаче. Представители со стороны не имеют профессиональных предубеждений и поэтому высказывают неприемлемые, неожиданные и даже несерьёзные идеи, но некоторые из них могут иметь рациональное зерно и, следовательно, послужить основой решения задачи. **Необходимо внимательно и терпеливо выслушать каждое предложение, каждую идею, найти в них положительные стороны, моменты. Любым образом развить, интерпретировать идеи.**

Философская основа мозгового штурма — теория психолога З. Фрейда. По Фрейду, сознание человека представляет собой тонкое и непрочное наслоение над бездной подсознания. В обычных условиях мышление и поведение человека определяются сознанием, в котором властвуют контроль и порядок. Но сквозь тонкую корку сознания прорывается подсознание, толкающее человека на преодоление психологических запретов. Поскольку для изобретения необходимо преодоление психологических запретов, то нужно создать условия для прорыва смутных, неясных, нереальных идей. Не случайно многие изобретатели и люди творческих профессий говорят, что если возникает необходимость решить сложную задачу, то следует озадачить подсознание. А через некоторое время легко и просто находится решение. И очень часто во сне.

Разновидностью мозгового штурма являются телевизионные игры: «Что? Где? Когда?» и «Брейн-ринг». Однако поиск решений (ответа) в этих играх идёт в очень жёстких временных ограничениях и большую роль играет зрелищность.

Хотя мозговой штурм появился недавно, такой подход к решению проблем известен давно. Историки свидетельствуют, что ещё у древних народов существовал обычай: в сложных ситуациях для поиска решения опрашивать мнение всех. Хорошо известна флотская (варяжская) традиция, пришедшая от викингов. Её суть: в тех случаях, когда корабль попадал в сложное (неизвестное) положение, вся команда собиралась вместе. И начиная с юнги, заслушивали предложения всех по выходу из сложившейся ситуации. При этом соблюдался строжайший запрет критики. Капитан высказывался последним и принимал решение.

В качестве примера применения мозгового штурма рассмотрим задачу о защите транспортных средств от торпед. Задача возникла во время второй мировой войны. От торпед погибало много транспортных судов. Военные корабли при своевременном обнаружении торпеды могли расстрелять её или за счёт скорости и манёвра уклониться от столкновения. Транспортные суда не имели ни достаточного вооружения, ни манёвра.

Во время проведения мозгового штурма по этой проблеме один из «генераторов», который был человеком «со стороны», высказал такую идею: «Пусть, как только торпеда будет обнаружена, вся команда встанет

вдоль борта и дует на эту торпеду». Эту идею никак нельзя назвать серьёзной. Но эксперты попытались найти в ней рациональное зерно. Они рассуждали: «Конечно, воздушным потоком на торпеду воздействовать не удастся, так как она практически полностью погружена в воду. Если можно воздействовать на торпеду, так только потоком воды. Как создать поток или струю воды? На каждом транспортном судне есть источники сильного водяного напора – насосы, предназначенные для аварийной откачки воды из трюма в случае получения пробоины. Следовательно, надо трубами связать насосы с наиболее уязвимыми точками борта судна и создавать мощные струи воды, чтобы с их помощью отклонить торпеду с курса. Или увеличить время до столкновения, чтобы иметь возможность расстрелять или уклониться от движущейся торпеды».

Дальнейшее развитие мозгового штурма: двойной мозговой штурм, обратный мозговой штурм, теневая мозговая атака и конференция идей.

Задача 1. Задача Робинзона Крузо.

Примерно в 100 м от берега из огромного кедра Робинзон выдолбил пирогу человек на 25. Но спустить пирогу на воду Робинзону не удалось. Он даже не сдвинул её с места.

Что бы вы предложили Робинзону для спуска пироги на воду?

Задача 2. Древняя загадка острова Пасхи.

На острове Пасхи были обнаружены каменные статуи – **моаи**. Всего более 700 штук, высотой от 2 до 21 метра, весом до 40 тонн. Статуи были передвинуты от каменоломни, где они изготавливались, на расстоянии до 16 км.

Каким образом жители острова перемещали эти каменные скульптуры?

Задача 3. Всем известны разводные мосты Санкт-Петербурга. Предложите принципиально новое устройство моста, использующее для открытия и закрытия энергию течения реки.

2.4. Синектика

В 1961 году в США вышла книга **Уильяма Гордона** «Синектика: развитие творческого воображения». Слово «синектика» в переводе с греческого означает совмещение разнородных элементов. Синектика является дальнейшим развитием мозгового штурма. В отличие от мозгового штурма предлагается создавать синектические группы – груп-

пы людей различных специальностей для творческого решения возникающих проблем путём неограниченной тренировки воображения и объединения несовместимых элементов. Члены группы называются синекторы. Синектор – это высокообразованный человек с широким кругозором, имеющий, как правило, две специальности. Синекторы – профессиональные генераторы идей, они специально обучаются и тренируются. При поиске новых идей синекторы широко используют четыре вида аналогий: прямая, личностная (эмпатия), символическая и фантастическая.

1. Прямая аналогия. В этом случае рассматриваемый объект или процесс сравнивается с более или менее аналогичным объектом или процессом из другой отрасли техники или из живой природы. Например, человек увидел дерево, упавшее с одного берега ручья на другой. По аналогии устроен мост. Второй пример: пчелиные соты. По аналогии с ними созданы сотовые строительные конструкции, лёгкие и прочные.

Задача 4. Необходимо создать устройство для движения в грунте. Как его сделать?

2. Личная (личностная) аналогия или эмпатия. Синектор отождествляет себя с техническим объектом, вживается в образ объекта, пытается представить, что бы он чувствовал и делал на месте объекта. Это очень легко делают дети, представляя себя автомобилем, самолётом и т. п. Синектор представляет себя зерном в мельнице, лопаткой винта вертолёт, потоком жидкости теплоносителя или газа, частичкой пыли в пылеуловителе и т. д.

3. Символическая аналогия. Её сущность: характеристики объекта техники представляют в обобщении, абстрактном виде и им ищут аналог. Затем производится обратное преобразование к условиям решаемой задачи. Символическая аналогия должна быть **неожиданной, удивительной, парадоксальной, должна возбуждать мышление.** Литераторы часто используют символическую аналогию в названии своих произведений, чтобы ярко вскрыть противоречивую сущность описываемых событий или персонажей. Например, «Живой труп», «Без вины виноватые», «Горячий снег», «Цветы зла», «Очевидное – невероятное». Символически многие географические названия:

Москва – столица России (сто лиц), множество народа;

Волга – матушка-река;

Волга — главная улица России;
мороженое — вкусная замёрзлость;
вода — кровь земли;
дождь — слёзы неба.

Для технических объектов известны следующие символические аналогии:

атом — энергетическая незначительность;
мрамор — радужное постоянство;
раствор — взвешенная неразбериха;
пламя — прозрачная стена, видимая теплота;
вентилятор (настольный) — застывшая струя, теплая прохлада, воздушный фонтан, настольный сквозняк, застывший вихрь, электрический ветер, надоедливое удовольствие.

Теперь попробуем придумать символические аналогии для следующих объектов:

школа — второй дом, взрослеющий ум (мозг, сознание), волынка на 11 лет, тюрьма без решёток;

институт — альма-матер, мозги просветишь и от армии сбежишь, кузница бездарей;

урок — минуты познания, 45 минут тягомотины;

лекция — минуты пробуждения мысли, приятной болтовни, забывание мозгов всякой чепухой;

книга — источник знаний;

библиотека — хранилище знаний;

природный газ — голубое топливо.

Рассмотрим обратные примеры. Дана символическая аналогия:

А. Живой портрет, плоскоеместилище, плоская ёмкость, отражающий пылесборник, двойное единство, сжатая даль, ограниченная бесконечность, всеобщий двойник.

Какой это предмет? Ответ: зеркало.

Б. Горизонтальная лестница, сходящиеся параллели, невыбираемый путь, прогибающаяся твёрдость, ритмичный стук, двойное одиночество.

Какой это объект? Ответ: железная дорога.

В. Непрозрачное нечто, белоснежное затмение, летающее водохранилище, неподвижное движение. Ответ: облако.

4. Фантастическая аналогия. В этом случае синекторы прибегают к помощи фантастических средств и фантастических персонажей: волшебной палочки, золотой рыбки, демонов, маленьких человечков, киберов и т. п. Если что-то не может сделать, выполнить устройство машина, человек, то пусть это сделает кибер.

Примеры

Как провести разделение компонентов воздуха?

Как опреснить морскую воду?

Синекторы работают по определённой программе, периодически проводят групповые заседания. На **первом** этапе они формулируют и уточняют «проблему как она дана» (ПКД). Особенностью этапа является то, что никто, кроме руководителя, не посвящается в конкретные условия задачи, так как считается, что конкретное формулирование задачи затрудняет абстрагирование, не даёт уйти от привычного хода мышления.

На **втором** этапе формулируют «проблему как её понимают» (ПКП). Рассматривают возможности превратить незнакомую проблему в ряд обычных задач, т. е. проблема дробится на подпроблемы.

На **третьем** этапе ведётся генерирование идей. При этом используют все виды аналогий, и поиск ведётся по различным областям техники, живой природы, психологии и т. п.

На **четвёртом** этапе производят перенос выявленных идей к ПКД и ПКП и дают им критическую оценку. В результате находят конечное решение.

Задача 5. По трубопроводу подаётся пульпа (водно-песчаная смесь с щебнем). Для регулирования расхода используются задвижки, заслонки которых быстро истираются пульпой (абразивный износ). В результате регулировать расход пульпы задвижками становится невозможно.

Как защитить заслонки от абразивного износа?

Рассмотрим прямую аналогию. Например, как защищаются аналогичные элементы конструкций при транспортировке абразивных материалов; как защищаются от повреждений растения (деревья), животные (копыта); как защищаются пищеводы рыб, верблюдов, питающихся «колючей» пищей.

Эмпатия. Попытаемся представить себя на месте заслонки в аналогичной ситуации. Например, в коридоре, по которому летят камни,

поленья, и при этом надо регулировать их поток. Если уклоняться от ударов, то не будет регулирования. С потоком надо взаимодействовать. Достаточно поймать камень (или полено) и им отбиваться, отражать удары других.

Фантастическая аналогия. Пусть «демоны» или маленькие человечки встанут на заслонку и отбивают удары.

Задача 6. Разработать способ (устройство) для замены перегоревших ламп, освещающих цех с высоты 20 м.

Что можно использовать: лестницу, специальный автомобиль, стремянку, жирафа, слона?

Главное – опасность высоты! Как сделать опасное безопасным?

Вороны воруют еду из собачьей миски. Стая делится на две части. Одна часть отвлекает собаку от миски, а другая пиратствует.

Что же вы предложите?

2.5. Морфологический анализ

Морфология – учение о форме. Термин в науку впервые ввёл И. Гёте (1749–1832) – основоположник морфологии организмов, учения о форме и строении растений и животных.

Морфологический анализ – это метод синтеза новых объектов и систем. Морфологический анализ позволяет находить все варианты решения проблемы или изобретательской задачи. Морфологический анализ чаще всего применяется, когда находятся все возможные и невозможные конструктивные варианты. Следует иметь в виду, что проектирование тождественно изобретению нового. В отличие от мозгового штурма морфологический анализ – индивидуальный метод, хотя его можно использовать и коллективно.

Морфологический анализ предложил в 1942 году **Ф. Цвикки** – известный швейцарский астроном (астрофизик). Во время войны он эмигрировал в США, где был привлечён к работам по ракетным двигателям. Его удивило то, что одна группа разрабатывает один тип двигателя, другая – другой, третья – третий, а почему именно такой, а не иной – никто не задумывался. Цвикки решил систематизировать поиск. Он составил список важнейших **элементов (признаков)**, определяющих конструкцию двигателя. Затем по каждому признаку были выписаны варианты исполнения. Таким образом, Цвикки получил тысячи

(36864) комбинаций возможных и невозможных устройств ракетных двигателей, анализ которых позволил установить наиболее эффективные или оптимальные варианты.

Морфологические матрицы или таблицы могут быть одномерные (линейные), двумерные (плоские) и трехмерные (объемные).

Пример 1. Требуется придумать условные обозначения для точек различных графиков. Допустим, требуется 5; 25 и 125 условных обозначений точек. Обозначения точек должны быть легко различимы для различных условий опыта и серий испытаний. В качестве признаков можно выбрать форму, штриховку, цвет и т. п.

На рис. 4 показаны варианты линейной, плоской и объемной матриц для обозначения точек.

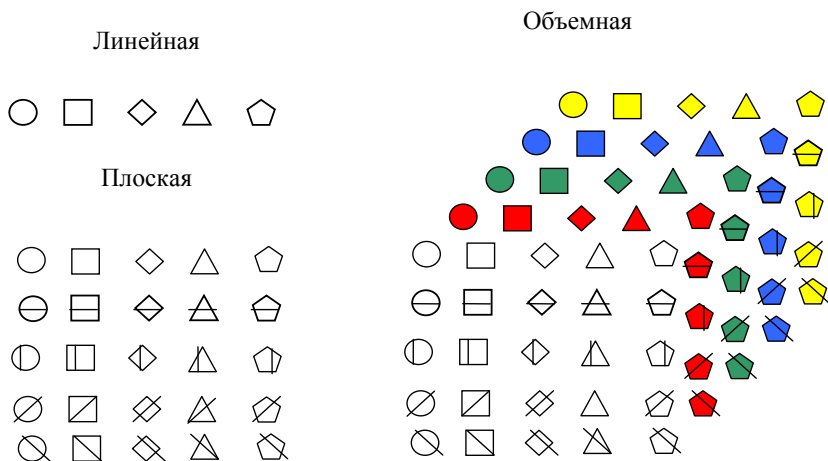


Рис. 4. Матрицы для обозначения 5, 25 и 125 точек

Для составления линейной матрицы выбраны легко различимые обозначения пяти точек – плоские фигуры, которые могут быть дополнены.

При построении плоской матрицы выбранные черно-белые обозначения точек дополнены штриховкой: горизонтальной, вертикальной и наклонной (влево и вправо). В итоге получено 25 обозначений точек.

Для построения объемной матрицы (125 точек) использована цветная заливка точек для последующих слоев: красная, зеленая, синяя и желтая.

Пример 2. Требуется разработать систему отопления дачи-коттеджа.

В этом случае за основные функциональные признаки можно принять:

А – теплоноситель;
 Р – разводка трубопроводов;
 Т – трубы;
 П – приборы отопительные;
 С – система регулирования теплоотдачи.

Выбираем варианты исполнения.

Теплоноситель: А1 – вода; А2 – пар; А3 – воздух; А4 – антифриз.

Разводка трубопроводов: Р1 – вертикальная; Р2 – горизонтальная;
 Р3 – бифилярная; Р4 – П-образная.

Трубы: Т1 – стальные; Т2 – медные; Т3 – полипропиленовые;
 Т4 – металлопластиковые.

Приборы отопительные: П1 – радиаторы; П2 – конвекторы;
 П3 – панели; П4 – теплые полы.

Система регулирования теплоотдачи: С1 – центральная; С2 – пофасадная; С3 – поэтажная; С4 – поприборная.

В результате получаем матрицу или карту вариантов исполнения системы отопления.

Матрица исполнения системы отопления коттеджа

Признаки	Варианты исполнения			
Теплоноситель	А1	А2	А3	А4
Разводка	Р1	Р2	Р3	Р4
Трубы	Т1	Т2	Т3	Т4
Приборы	П1	П2	П3	П4
Система регулирования	С1	С2	С3	С4

В данном случае получена двумерная матрица. Матрица наглядно показывает 1024 возможных вариантов устройства системы отопления коттеджа. Оптимальным вариантом представляется: **А4 – Р2 – Т3 – П1 – С4**. В качестве теплоносителя выбран А4 – антифриз (теплоноситель «Ольга» производства ЗАО «Завод органических продуктов», г. Дзержинск), т.к. возможны перерывы в подаче энергоносителя (газа). Разводка трубопроводов принята Р2 – горизонтальная (поэтажная), двухтрубная, трубы Т3 – полипропиленовые фирмы «Акватерм». В качестве отопительных приборов выбраны П1 – радиаторы алюминиевые «Radena», система регулирования теплоотдачи С4 – поприборная с помощью термостатических кранов фирмы «Danfoss».

Морфологический анализ облегчает получение множества новых сочетаний (решений), даёт возможность окинуть их единым взором, систематически исследовать и выбрать оптимальный вариант. **Морфологический анализ целесообразно применять при решении задач общего характера, при поиске компоновочных или схемных решений.**

2.6. Метод контрольных вопросов

Метод контрольных вопросов (МКВ) — это своего рода краткая памятка изобретателю, «изобретательская шпаргалка». Умение задавать и правильно ставить вопросы ценится очень высоко. Например, **Сократ** считал, что он умеет в жизни делать хорошо только одно — задавать вопросы. В самом деле, ответ можно искать и найти, только если поставить вопрос. Правильно сформулированные и поставленные вопросы (список вопросов) позволяют в какой-то мере управлять своим мышлением в процессе поиска решения.

Списков контрольных вопросов предложено довольно много. Какой из них выбрать — это зависит от вида (типа) решаемой задачи. А. Осборн предложил список, состоящий из девяти групп вопросов:

- 1) как по-новому применить объект;
- 2) как упростить объект;
- 3) как модифицировать объект;
- 4) что можно увеличить в объекте;
- 5) что можно уменьшить;
- 6) что можно заменить;
- 7) что можно преобразовать;
- 8) что можно перевернуть наоборот;
- 9) возможные комбинации элементов объекта.

Каждая из этих групп включает 5–10 вопросов. В итоге получается довольно значительное количество вопросов.

Списки (перечни) контрольных вопросов используются не по всякому поводу и при решении не каждой задачи. Потребность в них возникает, когда все традиционные методы испробованы и не дали результатов. Поэтому применение списков иногда относят к методам ликвидации тупиковых ситуаций.

Один из наиболее полных и удачных списков вопросов принадлежит английскому изобретателю **Т. Эйлоарту**. Вот некоторые из этих вопросов:

- набросать фантастические, биологические, экономические, молекулярные и другие аналогии;
- попробовать различные виды материалов и энергии;
- узнать мнение некоторых совершенно неосведомлённых людей;
- устроить «сумбурное» групповое обсуждение, выслушать каждую идею без критики;
- попробовать «национальные» решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское;
- бродить среди стимулирующей обстановки: на свалках лома, в технических музеях, в магазинах дешёвых вещей;
- определить идеальное решение и т. д.

Г.С. Альтшуллер считал, что МКВ внутренне противоречив. Действительно, в основе МКВ лежит метод проб и ошибок и частично используются элементы мозгового штурма и синектики. Некоторое полезное воздействие МКВ основано на психологическом влиянии: есть список, есть вопросы — это подталкивает продолжить перебор вариантов, не даёт остановиться.

МКВ имеет и другой принципиальный недостаток: вопросы относятся к одиночным изменениям объекта. Между тем для решения сложных задач нужна комбинация изменений. Списки, включающие такие комбинации, практически невозможно составить, они получились бы чрезвычайно громоздкими. Если же попытаться их как-то сжать, свернуть, мы придём к морфологическому ящику. С другой стороны, МКВ помогает в какой-то мере уменьшить инерцию мышления.

Разрушение инерции мышления

1. Сколько пальцев на руках — 10. А на 10 руках?
2. В магазин входит **немой** человек. Как он сообщит продавцу, что ему нужен молоток?
3. В магазин входит **слепой** человек. Как он сообщит продавцу, что ему нужны ножницы?
4. У некоторых народов принято строить свои дома так, что все четыре окна смотрят только на юг. Где и как на земном шаре можно построить такой дом?

5. Бутылка с пробкой стоит 1 руб. 10 коп. Одна бутылка на 1 руб. дороже пробки. Сколько стоит одна пробка?
6. У вас в кармане две монеты общим достоинством 15 копеек. Одна из монет не пятикопеечная. Какие это монеты?
7. Одна очень красивая девушка плохо разбиралась в правилах дорожного движения (у неё даже нет прав на вождение автомобиля), остановилась на железнодорожном переезде, что строжайше запрещено для всех видов транспорта, развернулась и, не обращая внимания на знак одностороннего движения, двинулась в противоположном направлении. Всё это происходило на глазах дорожного инспектора. Но он не реагировал на это. Почему?

Игра «Вопросы – ответы»

Цели: разрушение инерции мышления, получение навыков правильно ставить вопросы, предполагать ответы, умение логически мыслить.

Игра ведётся в виде диалога с компьютером (ведущим), который может отвечать: «Да», «Нет» или «Не могу ответить».

Неизвестное число. На листе бумаги ведущий записывает число от 1 до 100. Игроки, задавая вопросы, должны установить его за минимальное количество попыток. Вопросы должны быть отсекающие и уточняющие.

Соломинка в стоге. На доске рисуется стог. В стоге 100 миллионов соломинок, из них одна золотая. Как найти её?

Странный человек. Каждый день, возвращаясь с работы домой, человек доезжает на лифте до шестого этажа и идёт к себе домой на девятый этаж пешком. Почему?

Пожар. Дом пылал огромным факелом, однако человек открыл дверь и вошёл внутрь. Почему?

Музыкальные соседи. У одного человека были соседи, очень любившие музыку. Из-за этого он обогатился. Почему?

Задача 7. На пяти башнях Московского Кремля установлены звезды. Суммарная площадь поверхности одной стороны звезды 6 м^2 . Расчёты показали, что конструкция крепления звезды к башне не выдержит напора ураганного ветра на высоте 50–70 м. Конструкторы предложили... Так что они предложили?

Задача 8. В бетонную плотину Братской ГЭС встроены два маятниковых отвеса, которые контролируют положение тела плотины. Один отвес «прямой», т. е. стальной трос длиной 100 м закреплён сверху, а внизу подвешен груз со стрелкой. Второй отвес «обратный», или антиотвес, — трос закреплён внизу, а указывающая стрелка сверху. Изобретите антиотвес, причём трос должен находиться в воздухе как и в «прямом» отвесе.

2.7. Метод фокальных объектов

Метод фокальных объектов (МФО) предложен в 1926 году немецким учёным **Э. Кунце** и усовершенствован в 1953 году американцем **Ч. Вайтингом**. Суть метода состоит в том, что совершенствуемый объект держат как бы в **фокусе** внимания (отсюда название) и переносят на него свойства других объектов, не имеющих к нему никакого отношения. При этом возникают необычные сочетания, которые стараются развивать дальше путём свободных ассоциаций. Порядок применения метода следующий:

- выбирается объект для совершенствования;
- формулируется цель его совершенствования;
- выбираются из книги, каталога, журнала несколько случайных объектов и выписываются их признаки;
- эти признаки переносятся на совершенствуемый объект.

В результате получаются интересные сочетания, из которых рождаются новые идеи.

МФО можно эффективно применять при поиске объектов для выпуска **товаров народного потребления**, для решения задач рекламы. Применяется МФО для тренировки и развития творческого воображения учащихся.

Пример. Фокальный объект — **кастрюля**.

Цели поиска: расширить ассортимент продукции завода, повысить спрос на продукцию.

Случайные объекты: дерево, лампа, кошка, сигарета.

Признаки случайных объектов

Дерево — высокое, зелёное, голое, срубленное, генеалогическое, чахлое, железное, хлебное, пробковое, сухое, красное, с ободранной корой, с толстой корой, с корнями, раскидистое.

Лампа – электрическая, разбитая, светящаяся, электронная, паяльная, волшебная, матовая, цветная.

Кошка – живая, игривая, пушистая, сибирская, мяукающая, дикая, домашняя.

Сигарета – вредная, с фильтром, отсыревшая, брошенная, дымящаяся.

При перенесении признаков случайных объектов на **фокальный** объект получаем сочетания, заслуживающие внимания: электрическая кастрюля, утеплённая кастрюля, сигнализирующая кастрюля, кастрюля, меняющая цвет в зависимости от температуры, и т. д.

Для освоения МФО следует рассмотреть в качестве фокальных объектов портфель, зонт, часы и т. п.

Задача 9. Предложите ворота для звериного заповедника. Условия: ворота должны свободно пропускать автомобили, но не выпускать зверей.

2.8. Метод «Патенты природы»

Метод «Патенты природы» – это метод построения технических систем по природной (биологической) аналогии.

Природа – гениальный конструктор, инженер, художник и великий строитель. Любое творение природы является высокосовершенным произведением, отличается поразительной целесообразностью, надёжностью, прочностью, экономичностью расхода строительных материалов при разнообразии форм и конструкций.

Бурный рост технической мысли и развитие биологии привело к их взаимосвязи. Появилось научное направление – **бионика**. «Бион» – элемент, ячейка жизни.

Бионика занимается изучением аналогий в живой и неживой природе, то есть изучением принципов построения и функционирования биологических систем и их элементов, применением полученных знаний для коренного усовершенствования технических систем, созданием принципиально новых машин, аппаратов, строительных конструкций и т. д.

На Земле около 1,5 миллиона видов животных и более 500 тысяч видов растений. Окружающая среда ставит перед растениями проблемы, удивительно схожие с проблемами людей и природы. Решения, найденные растениями, эффективны, **экологически** безупречны и пре-

дельно просты. Умелое заимствование их человеком означало бы большую экономию средств и времени.

Строительство. Изобретатель железобетона французский учёный Ж. Монье, пытаясь изготовить для своих цветов кадки из цементного раствора, впервые применил каркас из металлической сетки. Первый патент на железобетон был им получен в 1867 году, а растениям принцип армирования известен более 250 миллионов лет.

По аналогии с устройством ствола растений создана Останкинская телебашня. Вантовые мосты напоминают провисшую паутину.

Пневматика. Сфагновые мхи для разбрасывания спор создают в плодовой коробочке давление воздуха около 4 атмосфер, что вдвое больше давления в шинах легковых автомобилей. Споры в безветрие летят на расстояние до 2 м. Превосходный результат, если учесть, что размеры плодовой коробочки не превышают 1 мм.

Гидравлика. В средиземноморских странах широко распространён «бешеный огурец». К моменту созревания внутри плода создается давление до 6 атмосфер и смесь из сока и семян выбрасывается на расстояние более 12 м. Скорость полёта семян почти 10 м/с. Взрослое дерево берёзы за день поднимает 200 л воды на высоту 15 м. Корни деревьев взламывают асфальт.

Аэронавтика. При сопоставлении плода-крылатки ясеня обыкновенного и лопасти пропеллера современного самолёта отчётливо видно, что основные технические характеристики обеих конструкций полностью совпадают: отношение ширины к длине здесь и там практически одинаково — 1:4,2. Угол атаки во всех соответствующих точках обеих лопастей один и тот же. Парашютист, раскрывший парашют на высоте 6000 м, коснётся земли через 20 минут. Крылатка с этой высоты будет падать не менее двух часов.

Гибкие соединения. Лента-застёжка, действующая по принципу репейника, во многих случаях хорошо заменяет застёжки-«молнии». Неизвестно, подражал ли изобретатель этой ленты миру растений, но уже само название застёжка-«репейник» отсылает нас к широко известному растению — лопуху.

Электростатика. «Прыгающий» кактус Мексики проявляет чудеса ловкости, стремясь отправиться в путешествие и найти новые места для произрастания. Даже если проходящее мимо животное или человек

не заденет кактус, его мелкие членики всё равно прицепятся к телу, совершив настоящий прыжок. Кактус использует силы электростатического напряжения. Другие виды кактусов используют электричество для добывания влаги. На колючках и волосках растений в ветреную погоду накапливаются электрические заряды. В прохладные ночи (а в пустыне они всегда прохладные) заряженные шипы кактуса притягивают к себе из воздуха капельки воды. Добывать воду из воздуха подобным способом человек пока не умеет.

Ещё более широкий спектр аналогов даёт мир насекомых, животных и птиц. Вот их краткий перечень.

1. Крыло самолёта – крыло птицы, насекомого. Благодаря особому профилю крыла создаётся подъёмная сила.
2. Полёт самолётов, вертолётов – полёт птиц, насекомых с зависанием в воздухе и движением вбок, назад, вверх, вниз.
3. Гидродинамика судов – гидродинамика живых систем: рыба-меч (скорость до 140 км/час), дельфины и другие.
4. Живые землеройные снаряды – дождевые черви, кроты и другие.
5. Сотовые конструкции в строительстве – пчелиные соты.
6. Синтетический каучук – природный каучук.
7. Искусственные волокна – паутина (комплекс жидких белков, мгновенно застывающих на воздухе).
8. Лёгкие оболочки – скорлупа яйца, ореха, панцири и раковины животных.
9. Тепловая защита – мех животных (олень, верблюд).
10. Живые радары – дятел, сова и другие.
11. Крылатые эхолокаторы – летучие мыши.
12. Гидролокация – дельфины, рыбы.
13. Люминесценция – биолюминесценция.
14. Термолокаторы – природные термолокаторы: змеи, пауки.
15. Навигационные системы – искусные природные навигаторы: черепахи, лососи, угри, тюлени.
16. Анализаторы запахов (веществ) – мир запахов насекомых, животных.

Задача 10. Предложить легкую конструкцию моста, аналогичную природному объекту.

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Как представляете себе личность изобретателя?
2. Дайте характеристику метода проб и ошибок.
3. В чем суть метода «Мозговой штурм»?
4. Какие достоинства и недостатки имеет «Мозговой штурм»?
5. Каковы отличительные особенности метода «Синектика»?
6. Какие виды аналогий используют синекторы?
7. Что означает эмпатия?
8. В чем суть символической аналогии?
9. Какова особенность фантастической аналогии?
10. В чем заключаются преимущества морфологического анализа?
11. Как построить морфологическую матрицу (карту)?
12. Как понимаете термин «инерция мышления»?
13. В чем суть метода контрольных вопросов?
14. Изложите суть метода «Патенты природы».
15. Приведите примеры инженерных решений в строительстве, которые имеют природные аналоги.

3. ОСНОВЫ ТРИЗ

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) – исторически сложившееся название научного направления в области технического творчества. ТРИЗ в современном состоянии – это интеллектуальная технология анализа и совершенствования развивающихся систем.



ТРИЗ создана в нашей стране. Основоположником является **Генрих Саулович Альтшуллер**, который начал работы в этом направлении в середине 40-х годов в Баку.

Первая публикация, полно отражавшая содержание ТРИЗ, появилась в 1956 году.

Название «ТРИЗ» появилось в семидесятые годы.

ТРИЗ включает в качестве составных частей закономерности (законы) развития технических систем, типовые приёмы разрешения и устранения технических противоречий, моделирование технических систем – вепольный анализ и специальную пошаговую методику решения нестандартных задач – **алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ)**.

ТРИЗ нужна всем, так как помогает развить творческое воображение, даёт навыки управления мысленной деятельностью. «ТРИЗ превращает производство новых идей в науку» (Г.С. Альтшуллер). Опыт многочисленных исследователей и специальные исследования показывают, что закономерности ТРИЗ **универсальны** и далеко выходят за рамки техники. Сфера применения ТРИЗ непрерывно расширяется и уже сейчас охватывает художественное творчество, журналистику, педагогику и другие области человеческой деятельности. ТРИЗ позволяет сделать изобретательство профессией, научить находить новые технические решения, заменить неуловимое озарение работой – непростой, но доступной. Основы ТРИЗ просты и понятны. Любой человек путём интеллектуального тренинга может достичь значительных творческих результатов.

3.1. Изобретательская задача

Развитие разнообразных сфер деятельности человека и особенно применение и развитие техники сопровождается возникновением

и решением технических задач. Для решения технических задач используются накопленные знания и разнообразные технические средства. Однако в некоторых случаях они оказываются непригодными, так как задача содержит противоречие: к объекту техники предъявляются взаимоисключающие требования. Устранение или преодоление подобного конфликта и составляет суть решения изобретательской задачи.

Изобретательская задача – это такая техническая задача, которая содержит техническое противоречие, неразрешимое известными техническими средствами и знаниями, причём условия задачи исключают компромиссное решение. Если техническое противоречие преодолено – изобретательская задача решена, получено изобретение.

Изобретательские задачи весьма разнообразны и отличаются от физических, математических и других подобных задач следующим.

1. Изобретательским задачам присуща неопределённость исходных условий, формулировок. В процессе решения происходит уточнение формулировки задачи и углубление условий, однако некоторая неопределённость остаётся. Иногда оказывается, что для достижения поставленной цели по отношению к заданному объекту техники следует улучшить, изменить, а возможно, устранить сложный объект техники.

2. Чаще всего изобретательские задачи возникают вследствие появления потребности в улучшении какой-либо характеристики технической системы. Между тем во многих случаях менять надо надсистему или подсистему.

3. Изобретательские задачи имеют несколько вариантов решения, и возникает необходимость выбора оптимального решения для конкретных условий.

Согласно Гражданскому кодексу РФ (часть четвертая) изобретение как решение технической задачи признаётся патентоспособным, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо.

Изобретательская задача – разновидность творческой задачи. Новое создаётся в результате творческой работы. В то же время творчество – понятие относительное, меняющееся: его содержание постоянно обновляется. Было время, когда простые арифметические действия считались творческими. Величайшими догадками были идеи соединить паровой двигатель с кораблём и получить пароход, соединить паровой

двигатель с рельсовой тележкой и получить паровоз. Имена их авторов – Р. Фултона и Дж. Стефенсона – вошли в историю. Но вспомните: кто изобрёл атомоход?

3.2. Техническая система

Понятие «система» является фундаментальным для многих отраслей науки. Системы подразделяют на природные (биологические) и искусственные (инженерные), созданные человеком. С точки зрения ТРИЗ для системы характерны следующие признаки.

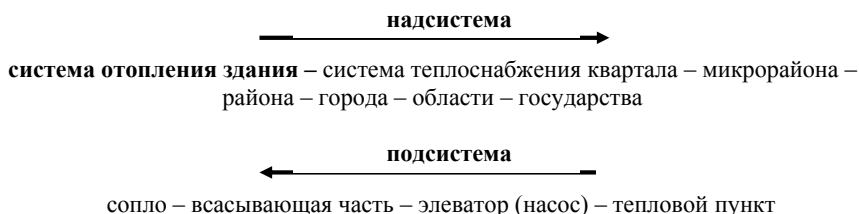
1. Система имеет структуру, то есть состоит из элементов, связанных между собой определённым образом.

2. Система обладает системным качеством, то есть определяющие свойства не совпадают с суммой свойств отдельных элементов.

3. Система имеет историю развития и обладает вероятностью прогрессивных изменений в будущем.

Техническая система (ТС) – это комплекс (множество) организованных в пространстве и времени взаимосвязанных между собой элементов, необходимых и достаточных для выполнения требуемой функции (потребности человека). В качестве примера ТС можно привести автомобиль, самолёт, теплоход, станок, компьютер и т. п. Поскольку ТС может выполнять несколько функций, выделяют **главную полезную функцию** (ГПФ) – это та, ради которой и создаётся ТС. Например, стиральная машина. Для неё ГПФ – стирка белья. Однако стиральную машину можно использовать в качестве тумбочки, верстака и т. п.

В природе и технике не существует каких-либо обособленных систем. Поэтому любая ТС является частью другой системы, которая называется надсистемой, а та, в свою очередь, и сама является частью другой, более крупной надсистемы. В то же время любая ТС состоит из ряда других, более мелких систем, называемых подсистемами. Например,



Развиваясь, технические системы изменяются, что вызывает изменения в подсистемах и надсистемах. Изменение одной ТС прямо и косвенно приводит к изменениям в других ТС. Например, развитие автомобильного транспорта вызывает необходимость строительства автодорог. Развитие систем централизованного теплоснабжения вызвало необходимость строительства теплопроводов и привело к изменениям в системе подготовки специалистов с высшим образованием.

Мир состоит из бесконечных рядов систем, надсистем и подсистем. Все системы взаимосвязаны между собой. Изменение в одной из них ведёт к изменениям во всех остальных. Причём жёсткость зависимостей (связей) увеличивается в сторону подсистем и ослабевает в сторону надсистем.

3.3. Закон полноты частей технической системы

Технические системы развиваются по определённым, объективно существующим законам. Эти законы познаваемы, их можно выявить и использовать для сознательного целенаправленного решения изобретательских (творческих) задач.

Закон – необходимое, существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями в природе, технике и обществе (раздел 1). Законы развития ТС отражают действительное развитие техники, образуют систему законов и являются теоретическим обоснованием ТРИЗ. Законы развития ТС являются следствием или отражением общих законов диалектики.

Выше отмечено, что ТС состоит из взаимосвязанных элементов. Эти элементы могут подразделяться на различные части, составляющие структуру ТС. Согласно ТРИЗ любая ТС содержит **четыре** основные части: источник энергии (двигатель), преобразователь энергии (трансмиссия), рабочий орган и систему (средство) управления. Структурная схема ТС представлена на рис. 5.

Двигатель – часть (элемент) ТС, являющаяся источником или накопителем энергии и/или вещества для выполнения требуемой функции.

Трансмиссия – часть ТС, транспортирующая энергию и/или вещество от двигателя к рабочему органу с преобразованием их качественных и количественных характеристик (параметров).

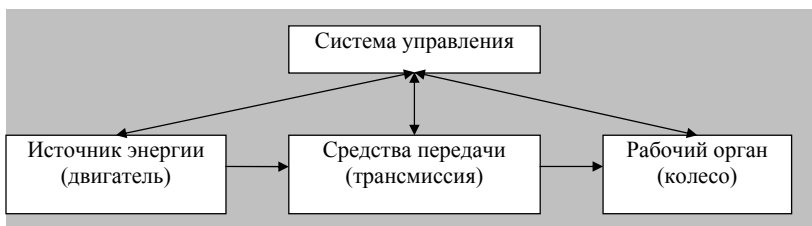


Рис. 5. Структурная схема технической системы

Рабочий орган – часть ТС, передающая энергию и/или вещество элементам окружающей среды и завершающая выполнение требуемой функции.

Система управления – часть ТС, регулирующая поток энергии и/или вещества по её частям и их работу во времени и пространстве.

При анализе любой ТС следует выделять её составные части. Чтобы правильно выявить части системы, необходимо вначале определить главную функцию системы, рабочий орган, а затем остальные части. Очень легко части системы можно видеть в такой ТС, как автомобиль.

В автомобиле:

главная функция – перемещение груза (пассажира);

двигатель – двигатель внутреннего сгорания;

трансмиссия – карданный вал, коробка передач;

рабочий орган – колесо;

система управления – приборы, датчики и элементы управления.

Найдём основные части ТС – системы отопления жилого здания.

Главная функция – обеспечение теплового комфорта в здании;

двигатель – тепловой узел или теплогенерирующая установка;

трансмиссия – разводящие трубопроводы, стояки;

рабочий орган – отопительный прибор;

система управления – автоматика ТЭЦ, теплового узла, прибора.

Главная функция городской системы газоснабжения – подача газа;

двигатель – давление газа в магистральном газопроводе;

трансмиссия – распределительные газопроводы, ГРП, ГРУ, ГРС;

рабочий орган – газоиспользующие приборы, установки и агрегаты;

система управления – КИП, линии связи и телемеханизации.

Аналогичные части можно выделить в социальных системах, в том числе и педагогических обучающих системах. Только в любой педаго-

гической системе передаётся не энергия и/или вещество, а информация (знания). В педагогической системе выделяют следующие четыре подсистемы: источник информации, средства её передачи, рабочий орган и орган управления. **Источник информации** – знания об объекте или процессе, который изучается. **Средства передачи** – наглядные пособия, модели, таблицы и т. п. **Рабочий орган** – система учебных заданий. **Орган управления** – определённая последовательность учебной деятельности, методики преподавания. Движущая сила – общественная и/или личная потребность.

В процессе развития «жизни» ТС развиваются все составляющие её части. Например, велосипед, автомобиль, кино, телевизор и т. д.

3.4. Закон энергетической и информационной проводимости технической системы

Необходимым условием работоспособности ТС является проход энергии от источника к рабочему органу, а также управляющего (диагностирующего) информационного потока через всю систему. При проходе энергии через ТС происходит преобразование энергии и частичное рассеивание в окружающей среде. Нарушение закона энергетической проходимости ведёт к возникновению противоречий внутри ТС, что, в свою очередь, порождает изобретательские задачи. Условием равной энергетической проводимости частей ТС является равенство их способностей по принятию и передаче энергии. А эти способности зависят от уровня развития каждой части системы. Уровень развития определяется по трём параметрам – вещество, энергия, организация.

Вещество: агрегатное состояние, физико-химические свойства, уровень задействования (макро- или микро).

Энергия: вид (механическая, тепловая, химическая, электромагнитная), уровень, источник (система, надсистема, подсистема).

Организация по веществу и энергии: расположение в пространстве (точечное, линейное, плоскостное, объёмное), проявление во времени (постоянное, временное, импульсивное, ударное и т. д.), степень динамизации (неподвижные, подвижные, гибкие, цельнотелые, пластинчатые, ленточные, ниточные и т. д.).

3.5. Закон вытеснения человека из технической системы

В процессе развития ТС происходит постепенное вытеснение из неё человека, то есть ТС берёт на себя функции, ранее выполняемые человеком, приближаясь к **полной** ТС (без участия человека). Вытеснение человека из ТС означает передачу машинам трудного для человека монотонного физического труда. А человек переходит ко всё более интеллектуальным видам деятельности.

Пример. В первых конструкциях паровых машин требовалось вручную переключать подачу пара в цилиндры. Затем был изобретён золотник. Для защиты тепловой машины от разрушения при высокой частоте вращения вала **Дж. Уатт** (1735–1819) изобрёл центробежный регулятор. Современный автомобиль, оснащённый датчиками и радаром, может управляться через спутниковую связь.

Вытеснение человека из ТС происходит постепенно. Выделяются следующие уровни этого процесса.

1. Исполнительный

Этап 1.1 – появляются инструменты (топор, дубина, нож и т. п.);

этап 1.2 – появляются простые механизмы – преобразователи энергии (рычаг, плут, блок и т. п.);

этап 1.3 – вместо мускульной силы используются различные источники энергии (воды, ветра, паровой машины).

2. Уровень управления

2.1 – появляются устройства управления (руль у корабля, воздушные рули – элероны у самолёта);

2.2 – появляются механизмы преобразования команд в системах управления (сервомоторы, бустерные системы);

2.3 – появляются источники команд управления (автопилоты).

3. Информационный

3.1 – появляются инструменты получения информации (датчики, заменяющие чувство человека);

3.2 – появляются преобразователи информации (бинокли, электрические системы);

3.3 – появляются системы оценки информации и принятия решений.

3.6. Закон повышения степени идеальности технической системы

В ТРИЗ развитие ТС понимается как процесс увеличения её степени **идеальности** (I), которая определяется как отношение суммы выполняемых отдельных полезных функций (Φ_n) к сумме факторов расплаты (Φ_p):

$$I = \frac{\sum \Phi_n}{\sum \Phi_p} \rightarrow \infty .$$

Повышение идеальности ТС проявляется в росте относительных параметров (характеристик), то есть мощности, производительности, КПД, точности, надёжности и т. п.

Факторы расплаты включают различные затраты на создание, эксплуатацию и утилизацию системы (материальные, трудовые, временные), а также создаваемые системой вредные последствия (функции): засорение окружающей среды, истощение ресурсов, ущерб от аварий и т. д.

Пример

1. Повышается грузоподъёмность грузового автомобиля: от 1, 5, 10 до 180 (240) тонн.
2. Увеличивается водоизмещение судов-танкеров: от 10–50 до 200–500 тысяч тонн.

Стоимость перевозки груза уменьшается, но возрастает опасность катастроф и последствий для окружающей природной среды (экологии).

Повышение идеальности ТС может происходить как в рамках существующей конструкции, так и в результате радикального изменения конструкции, принципа действия системы. Развиваясь, ТС становится надёжнее, проще, эффективнее. **В идеале ТС исчезает, но работа, её функции выполняются.** Путь к идеалу не прост, не является прямолинейным. Этот путь заставлен барьерами – противоречиями.

В технике просматриваются различные пути повышения степени идеальности. Вот некоторые из них.

Повышение **многофункциональности** ТС.

Пример. Наручные часы – будильник, термометр, измеритель пульса, калькулятор, приёмник, телевизор.

Пример. Сотовый телефон.

Сворачивание частей системы в рабочий орган.

Пример. Гаечный ключ – велосипедный ключ – разводной ключ.

Другой пример. Автомобиль: рабочий орган – колесо. Система «двигатель – трансмиссия – колесо» заменяется и сворачивается в единую систему «двигатель – колесо».

Переход в надсистему. В этом случае техническая система, развившись, исчезает путём передачи своей функции какому-либо элементу надсистемы, повышается тем самым его многофункциональность.

Пример. Родословная шариковой ручки

Во времена А.С. Пушкина, чтобы написать, надо было иметь гусиное перо, бутылку с чернилами, песочницу, бюро, перочинный нож. Затем появилась авторучка (чернильница внутри) и, наконец, шариковая ручка. Что дальше?

Предлагается: чернила внести в бумагу в виде микрокапсул, а писать палочкой или твёрдым предметом. Сейчас уже «пишем» на компьютере, а в перспективе будем записывать звуки (речь)!

Переход на микроуровень означает, что в технической системе используются свойства и явления глубинных уровней строения материи (вещества). Так, всё шире применяются высокодисперсные системы: порошки, эмульсии, аэрозоли, суспензии. Используются молекулярные явления – химические реакции, атомные явления – ионизация, рекомбинация и т. п. И, наконец, вместо вещества используются поля.

Задача 11. Основание пирамиды Хеопса имеет точную нивелировку, хотя занимает площадь 4,5 га (длина основания равна 212 м). Как, не имея геодезических приборов, выполнить нивелировку?

Задача 12. Пломба зуба иногда выпадает незаметно. Зуб будет разрушаться. Как сделать, чтобы человек сразу узнавал, что у него выпала пломба?

3.7. Закон повышения динамичности технической системы

Динамизм – богатство движением или насыщенность действием. В процессе развития ТС возрастает её динамичность, что даёт возможность системе приближаться к идеалу. Например, первые ДВС имели частоту вращения вала около 60 об/мин, затем 90, 300. У спортивных автомобилей в начале XX века были двигатели с частотой вращения вала 900 об/мин; сейчас до 10000 об/мин и более.

Не следует понимать динамизм только как повышение скорости вращения, резания, сварки, сверления, штампования и т. п. Динамизм имеет место:

- 1) при переходе к системе со сменными элементами (револьверные станки, дрель со свёрлами и т. п.);
- 2) переходе к системам с изменяющимися элементами (самолёт с изменяемой геометрией крыла);
- 3) переходе к системам, в которых изменяется, перемещается не вещество, а поле (электродвигатель).

Одновременно с динамизацией происходит повышение управляемости ТС, которое идёт различными путями.

1. Принудительное управление (судно – руль, паруса) – это управляющие устройства, могут быть управляющие вещества, поля, например, запорная и регулирующая арматура, катализаторы-ингибиторы.

2. Переход к самоуправлению (регулятор числа оборотов, поплавок-клапан, регуляторы температуры).

3. Использование явления самоорганизации (синергетизм) в ТС. Например, конвективный теплообмен, кристаллизация и т. п.

Задача 13. На заводе детских игрушек решили изготавливать игрушку «Летающий Карлсон». Однако с маленьким винтом игрушка не летает. Игрушка летает, если винт намного больше Карлсона. Но такая игрушка уже не похожа на Карлсона. Как быть?

3.8. Закон этапного развития технических систем

Этот закон гласит, что любая ТС проходит три этапа развития:

- 1 этап – «рождение» и «детство» ТС;
- 2 этап – период интенсивного развития ТС;
- 3 этап – «старость» и «смерть» ТС.

На рис. 3 изображены этапы развития ТС графически в координатах «время» и показатель «*n*», отражающий эффективность системы.

Из рис. 3 видно, что, возникнув, ТС не сразу находит массовое применение. Вначале идёт период обрастания системы вспомогательными изобретениями, делающими физический принцип действия системы эффективным. Быстрый рост системы начинается только с точки 1. Далее система энергично развивается и получает широкое применение. С какого-то момента (точка 2) темпы развития замедляются, так как

обостряются противоречия между данной системой и другими системами или внешней средой. Некоторое время система продолжает развиваться, но темпы развития падают, система приближается к точке З, за которой система исчерпывает ресурсы своего развития. Яркий пример ТС, прошедшей все три этапа развития, – паровой двигатель.

Таким образом, технические системы, как и любые другие системы, не вечны. Они возникают, переживают периоды становления, расцвета, упадка и, наконец, сменяются другими системами. Новая ТС не сразу заменяет старую ТС. Некоторое время они существуют вместе, но затем новая ТС обеспечивает параметры гораздо более высокие, чем старая ТС. Вследствие чего старая ТС вытесняется новой. Процесс смены одной ТС другой изображён на рис. 3.

Следует отметить, что развивается не только сама ТС, но и её подсистемы и надсистемы. Например, развитие паровой машины сопровождалось созданием различных регулирующих устройств, а также становлением машиностроения, на основе которого и стало возможно появление других видов двигателей: паровой турбины, газовой турбины, двигателя внутреннего сгорания, электродвигателя.

Таким образом, решая изобретательную задачу, следует чётко определить, на каком этапе жизни находится ТС, а также её подсистемы и надсистемы, проследить (изучить) их историю развития и предположить будущее. По мнению Г.С. Альтшуллера, «сильное мышление – когда одновременно работают минимум **девять** мысленных экранов: человек видит ТС, данную в задаче, надсистему, подсистему – три разных этапа. И на каждом этапе – прошлое, настоящее, будущее. То есть надо видеть не только дерево, но и лес, и клеточку дерева. И всё это в развитии: прошлое, настоящее, будущее».

Для примера рассмотрим техническую систему – письмо. Девять (как минимум) мысленных экранов для письма показаны на рис. 6.

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы.

1. Возникнув и совершенствуясь, системы проходят три этапа развития.
2. Новая техническая система жизнеспособна, если обеспечивает более высокие параметры (характеристики), чем старая система.
3. Творческое мышление человека должно включать в себя как минимум девять экранов – систему, надсистему и подсистему в настоящем, прошлом и будущем.

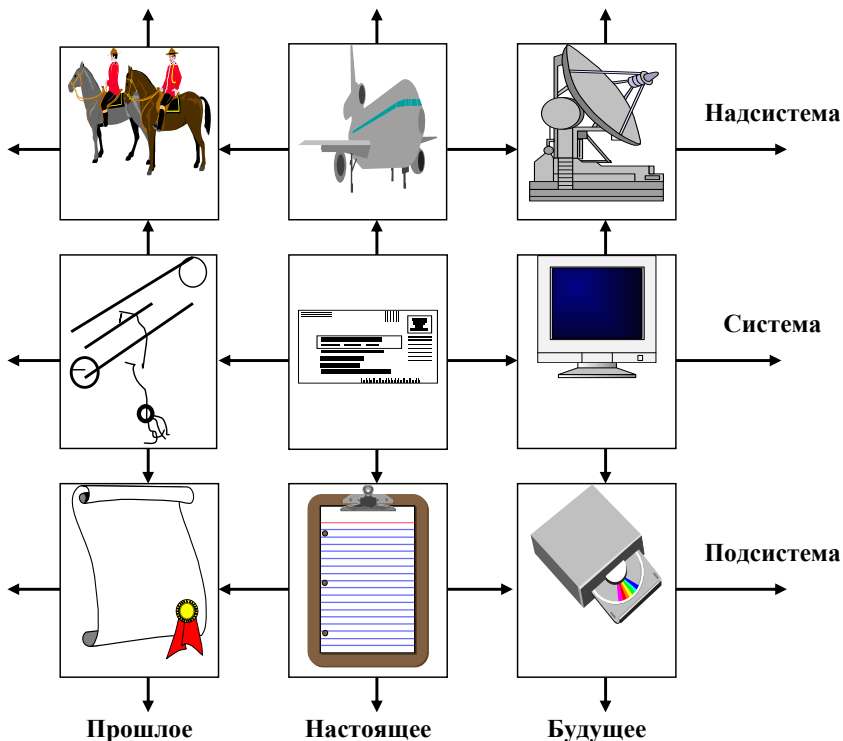


Рис. 6. Девять мысленных экранов для системы «письмо»

Рассмотренные законы построения, действия и развития ТС, взятые в отдельности, являются грубым упрощением. На самом деле законы действуют в совокупности, образуют единую систему со сложными внутренними связями. Следствия одного закона переплетаются со следствиями другого. Очень часто при этом речь идёт об одной закономерности, но рассмотренной с разных точек зрения. Взаимное действие законов развития техники – сложный процесс. Иногда требования различных законов противоречат друг другу. Опираясь на законы развития, можно делать прогноз развития ТС. Однако следует учитывать, что хотя законы развития ТС являются объективными, они имеют статистический, то есть вероятностный характер.

Задача 14. Вы директор библиотеки. Нужно переезжать в новое здание, но у вас нет автомобилей, грузчиков и средств для перевозки книг.

Как быть? Попробуйте представить систему «библиотека» на девяти мысленных экранах.

3.9. Использование полей в технических системах

Термин «поле» в разных науках имеет различный смысл. Понятие «поле» в ТРИЗ близко к физическому полю, но имеет свои отличительные особенности. В ТРИЗ рассматриваются следующие поля: механическое (М), акустическое (А), тепловое (Т), химическое (Х), электрическое (Э) и магнитное (Мг). Общая аббревиатура МАТХЭМ.

Краткая характеристика полей

1. Механическое поле (взаимодействие). Его проявления весьма разнообразны: простые механические усилия и перемещения, давление (повышение или сброс), инерционные, гравитационные, центробежные силы, вибрации, удары, аэро- и гидродинамические эффекты и т. п.

2. Акустическое поле, то есть звуковые волны (колебания), ультразвук и инфразвук.

3. Тепловое поле, в том числе:

- нагрев;
- охлаждение.

4. Химическое поле характеризуется использованием химических реакций, в том числе:

- синтез и разрушение молекул;
- использование катализаторов и ингибиторов;
- использование особоактивных веществ: озона, фтора, радикалов и т. п.;
- использование биохимии, запаховых и вкусовых ощущений.

5. Электрическое поле, в том числе:

- электростатика (электролизация, коронный разряд и т. п.);
- электрический ток и эффекты, связанные с прохождением тока через вещество (электролиз, электрофорез и т. п.).

6. Магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами или электрическим током (постоянным или переменным).

Эффективность применения полей возрастает по мере перехода от механического к магнитному полю. При этом увеличивается и их управляемость. Наиболее эффективным оказывается суммарное исполь-

зование полей, например, парных комплексов: удар и вибрация, тепловые явления и химия, электрохимия, электромагнетизм и т. п.

В использовании полей наблюдаются следующие тенденции.

Переход от использования поля одного знака к совмещению в одной системе действия полей противоположного направления (знака). Например, возвратно-поступательное движение, нагрев-охлаждение, химическое разложение и синтез, действие положительных и отрицательных электрических зарядов.

Переход к использованию переменных (периодически изменяющихся во времени или пространстве) полей. Например, вибрация, акустические поля, температурные колебания, волновые химические процессы, переменные токи и электромагнитные волны, свет, радиация.

Переход к использованию импульсных или градиентных полей. Например, взрывы (сейсморазведка), сверхбыстрый нагрев, охлаждение, электрические и магнитные импульсы.

Переход к суммарному действию различных полей с использованием системных эффектов от совмещения.

3.10. Противоречия в технике

Противоречие — категория диалектики, выражающая внутренний источник движения (самодвижения), принцип развития природы, общества и познания. Различают противоречия основные и неосновные, существенные и несущественные, внутренние и внешние и другие. Мир техники полон противоречий явных и неявных, конструктивных и технологических и т. п.

В конце XIX века лондонские эксперты подсчитали, что если гужевой транспорт будет развиваться и дальше такими же темпами, то через 20 лет Лондон окажется под двухметровым слоем навоза! Положение спас автомобиль. Лошадиных сил стало много, а лошадей не стало. Однако через 100 лет рост автомобильного парка привёл к опасному загрязнению окружающей среды отработавшими газами. Ныне на дорогах мира в дорожно-транспортных происшествиях ежегодно погибают более четверти миллиона человек (в России около 35 тысяч). Таким образом, автомобиль, созданный для человека, нарушает экологическое равновесие и опасен для человека. Возникло новое противоречие. Чтобы его разрешить, необходимо сделать автомобиль экологически

чистым и безопасным. С этой целью совершенствуют двигатель, устанавливают каталитический нейтрализатор отработавших газов. В перспективе ожидается, что будет создан электроавтомобиль.

Противоречия в технике появляются, когда мы повышаем требования к ТС или к какому-либо её узлу. В ТРИЗ выделяется три вида противоречий – административное, техническое и физическое.

Административное противоречие включает в себя несколько (клубок) задач – отсюда и трудности его разрешения, так как необходимо понять ситуацию и из клубка задач выделить одну конкретную техническую задачу (противоречие). Признаки административного противоречия – неясность ситуации, конфликт между человеком и техникой, появление новой потребности при отсутствии средств её реализации или неспособность техники удовлетворить старые потребности, но в большем объёме.

Примеры административного противоречия

1. На машиностроительном заводе необходимо обеспечить требования экологии по термическим печам.
2. В закалочном цехе необходимо улучшить воздушную среду.
3. В сборочном цехе снизить уровень шума и вибрации.

Техническое противоречие возникает между параметрами системы, её узлами или группами деталей. Если улучшить одно, то непременно ухудшится другое. Техническое противоречие – это конфликт внутри ТС.

Пример. Вернемся к вышеотмеченному административному противоречию: в закалочном цехе необходимо улучшить воздушную среду. При этом не ясно, что же делать: очищать воздушную среду? Повышать эффективность вентиляции? Или не допускать загрязнения воздуха? Оказалось, что в закалочном цехе при опускании раскалённых крупногабаритных деталей в ванну с маслом масло вспыхивало, и густой едкий дым заполнял цех. Установить эффективную вентиляцию невозможно. Чтобы уменьшить выделение вредных веществ в атмосферу цеха, решили увеличить скорость опускания детали, но тормозная система крана не выдержала новых нагрузок, и при очередном опускании детали было пробито днище ванны. Помещение цеха залило маслом. Поставили более мощные тормоза, но высокие динамические нагрузки при торможении привели к прогибу несущей балки крана. Что делать? Усилить несущую балку? Но тогда надо усилить и её опоры.

Физическое противоречие – это взаимоисключающие требования, предъявляемые к элементу системы. Физическое противоречие возникает внутри какого-либо элемента или даже в его части. К одному и тому же элементу предъявляются противоположные требования по физическому состоянию. Например, элемент должен быть тяжёлым и лёгким, или горячим и холодным, или магнитным и немагнитным, или острым и тупым и т. п.

Вернёмся к примеру с закалочным цехом. В чём причина задымления цеха? Когда раскалённая деталь, опускаясь, касается масла, оно воспламеняется и горит. Горение есть химический процесс соединения горючих элементов масла с кислородом воздуха. Чтобы не было горения, надо исключить какой-либо компонент. Масло исключить нельзя, так как оно требуется для технологического процесса. Исключить кислород из атмосферы цеха, но тогда там не смогут находиться люди. Итак, выявилось физическое противоречие: кислород в атмосфере цеха должен быть и не должен быть. Как быть?

Задача 15. Для формирования железобетонных монолитов применяется опалубка из деревянных досок, скреплённых гвоздями. После схватывания бетона опалубку разбирают с помощью гвоздодёра. При этом возникает противоречие. Если гвозди забиваются полностью, то получается прочная опалубка, но гвозди удаляются плохо. Если гвозди забиваются не полностью, то удаляются они хорошо, но опалубка получается непрочной. Как быть?

3.11. Типовые приёмы устранения технических противоречий

Ещё до создания ТРИЗ опытные изобретатели использовали списки изобретательских приёмов. Каждый изобретатель включал в список свои излюбленные приёмы, которые казались ему сильными. Какого-либо научного обоснования приёмов не было.

Г.С. Альтшуллер и его соратники, изучив патентный фонд, сделали вывод, что в различных областях техники изобретательские задачи решаются одинаковыми приёмами. Подробно проанализировав свыше 40 тысяч изобретений высокого уровня, выявили 40 типовых приёмов. Впоследствии предложено еще несколько приемов. В приложении дается современный список 49 типовых приёмов с примерами их практической реализации. Вот некоторые из них.

1. Принцип дробления. Этот прием предлагает разделить объект на независимые части, выполнить объект разборным, а если объект уже раздроблен, то увеличить степень его дробления.

Пример. Грузовое судно разделено на однотипные секции. При необходимости корабль можно делать длиннее или короче.

2. Принцип вынесения предлагает отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство).

В отличие от предыдущего приёма, состоящего в делении объекта на одинаковые части, здесь имеется в виду разделение объекта на разные части.

Пример. Для освещения больших открытых пространств (карьеров, стройплощадок) над освещаемой площадкой с помощью аэростата поднимают только отражатель из зеркального листового алюминия, а мощный световой источник монтируют на земле.

7. Принцип «матрёшки»: один объект размещён внутри другого или один объект проходит сквозь полости в другом объекте.

Пример. Коаксиальный шланг для заправки автомобилей, предотвращающий потери бензина в окружающую среду из-за испарения: по внутреннему подаётся бензин, по наружному отсасываются пары.

Пример. С целью уменьшения габаритов и повышения КПД двигателя предложено устанавливать гребные винты так, чтобы лопасти одного вращались между лопастями другого.

10. Принцип предварительного действия. Необходимо заранее выполнить требуемое действие полностью или хотя бы частично; заранее расположить объекты так, чтобы они в нужный момент могли вступить во взаимодействие без затраты времени на доставку.

Этот приём реализуется при изготовлении предварительно напряжённых строительных элементов и деталей, железнодорожных шпал, используется для повышения компенсирующей способности П-образных компенсаторов тепловых сетей и т. д.

11. Принцип «заранее подложенной подушки» советует компенсировать относительно невысокую надёжность объекта заранее подготовленными антиаварийными средствами.

Пример. С целью ограничения момента затяжки болтов предложено скреплять головку ключа с рукояткой тонкой проволокой. При определённом усилии затяжки проволока разрывается.

13. Принцип «наоборот» предлагает вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие; сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную — движущейся; перевернуть объект вверх ногами, вывернуть его.

Пример. При нарезании резьбы резец движется от вершины профиля к подножию, при чистовой обработке — от дна впадины к вершине.

Пример. Изобретатель пылеулавливающих аппаратов О.И. Жолондковский в противоположность циклону предложил антициклон, в котором поток воздуха движется наоборот.

22. Принцип «обратить вред в пользу», т. е. использовать вредные факторы для получения положительного эффекта.

Пример. Откат пушки при выстреле используется для перезарядки.

Пример. Вредная пыль воздушных выбросов промышленных предприятий улавливается и возвращается в производство как ценный продукт.

26. Принцип копирования говорит о замене реального объекта копией.

Пример. Наглядное учебное пособие по геодезии, выполненное в виде написанного на плоскости художественного панно с изображением местности, снабжено в характерных точках миниатюрными геодезическими рейками.

27. Принцип дешёвой недолговечности взамен долговечности предлагает заменить дорогой объект набором дешёвых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).

Существует множество примеров применения этого приема: одноразовая посуда, одноразовые шприцы, термометры, мешки, зубные щетки и т. д.

40. Принцип применения композиционных материалов советует перейти от однородных материалов к композиционным.

Приёмы (принципы действия) не говорят прямо, каким должно быть решение задачи. Они только показывают, в каком направлении искать решение. Перебор всех приёмов при решении задачи утомителен и приводит к непроизводительным затратам времени. Для организации быстрого поиска нужного приёма составлена таблица выбора приёма устранения технического противоречия. Таблица основана на том, что при устранении (разрешении) технического противоречия изменяется какой-то из 39 показателей (параметров) технической системы, но одновременно какой-то ухудшается. На пересечении соответствующих

горизонтальных и вертикальных строк приведены **лучшие приёмы** для решения поставленной изобретательской задачи. В целом таблица охватывает около полутора тысяч наиболее часто встречающихся в изобретательской практике технических противоречий.

Как решать задачи с помощью таблицы?

Получив или составив условия задачи, следует определить, что нужно в ней изменить: увеличить, уменьшить, ускорить, замедлить и т. д. Найти соответствующую строку в **вертикальном** столбце в левой части таблицы. Вариантов таких строк может оказаться несколько, поэтому их надо взять на заметку и расположить в порядке убывания значимости. Затем для каждого изменяемого параметра (строки) необходимо выяснить, что при этом недопустимо изменяется, то есть ухудшается, и найти эти параметры в **горизонтальной** строке сверху таблицы. Таким образом, находится вертикальная колонка (или колонки), а на пересечении строк и колонок находят рекомендуемые приёмы. Приёмы записывают в том порядке, как они даны в таблице, и начинают применять их для решения задачи. Если имеется несколько вариантов сочетания параметров, то после написания рекомендуемых приёмов начинают с тех, которые встречаются чаще.

Пример 1. Однажды к Т. Эдисону пришёл молодой человек с просьбой взять его работать в лабораторию. Эдисон выслушал его, попросил рассказать о своих планах на будущее, а затем спросил: «Какое бы вы хотели сделать самое великое изобретение?» — «Я хочу изобрести такой растворитель, который растворял бы все вещества!» — «Хорошая мысль, — сказал Эдисон. — А в чём вы будете хранить ваше чудо?»

Итак, как хранить жидкость, которая растворяет все вещества на Земле? Ищем приём по таблице. В горизонтальной строке подходит строка 23 — «Потери вещества», то есть растворителя. Что ухудшается? Скорее всего, «Надёжность» — графа 27. На пересечении вертикальных и горизонтальных колонок находим рекомендуемые приёмы: 10, 29, 39, 35.

Согласно приёму 10,б надо «заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на доставку и с наиболее удобного места». Можно догадаться, что предлагается разделить растворитель на части, которые могли бы вступить в действие и стать агрессивными после их соединения. Таким образом, чудо-растворитель должен состоять или получиться из нескольких компонентов, каждый из

которых нейтрален, но вместе они образуют агрессивное вещество. Растворитель получается в нужном месте и в нужном количестве. Проблема хранения снята. Именно так хранят ракетное топливо, которое состоит из горючего и окислителя, например керосин и четырёхокись азота.

Приём 29 рекомендует: «Вместо твёрдых частиц используйте газообразные или жидкие вещества». Следуя этому совету, растворитель нужно удерживать на воздушной подушке. Он будет висеть в воздухе, не касаясь стенок сосуда, в котором находится.

Разработчики термоядерного управляемого синтеза столкнулись с проблемой получения и сохранения плазмы с температурой миллион и более градусов. Никакие вещества не выдерживают такую температуру. Обратились к полям. Создали «магнитную бутылку».

Приём 35 советует изменить агрегатное состояние растворителя. Если перевести растворитель в твёрдое состояние, то есть заморозить, то его активность исчезнет.

По принципу 39 хранить растворитель следует в вакууме. Если вакуум дополнить невесомостью, то растворитель будет висеть в виде капли внутри сосуда, не касаясь его стенок.

Пример 2. Попробуем с помощью таблицы выбора приёмов устранения технических противоречий решить задачу «Свеча Яблочкова». Условия задачи: для включения дуги электроды надо временно сближать или замыкать посредством электропроводного материала, при работе (горении) дуги необходимо поддерживать постоянное расстояние между неравномерно выгорающими электродами (положительный электрод выгорает быстрее).

Смотрим таблицу. Что нужно изменить по условиям задачи? Самая подходящая строка 3 – «Длина подвижного объекта». Наиболее подходящая колонка 7 – «Объём подвижного объекта». На пересечении строки 3 и колонки 7 находим в таблице рекомендуемые приёмы: 7, 17, 4, 35.

Приём 7 – принцип матрёшки – один объект размещён внутри другого, или один объект проходит сквозь полость другого, то есть один электрод сделать полым в виде трубы, по оси которой разместить второй электрод.

Приём 17 рекомендует обеспечить возможность перемещения или размещения объекта в пространстве в двух-трёх измерениях, а также использовать многоэтажную компоновку вместо одноэтажной. В ис-

ходном устройстве дуга не перемещается, а электроды перемещаются линейно – в одном измерении. Приём 17 рекомендует обеспечить перемещение дуги, причём в двух или в трёх измерениях.

Приём 4 предлагает перейти от симметричной формы объекта к асимметричной. Что это значит? Сделать быстрее сгорающий электрод более толстым? Или более длинным? Если более длинным, то при вертикальном параллельном расположении электродов электрод должен изогнуться. Но электрод жёсткий. Однако следующий приём 35 предлагает изменить агрегатное состояние, перевести в промежуточное состояние или использовать эластичные твёрдые тела. Если электрод представить эластичным, то тогда его можно выполнить в виде спиральной пружины.

Задача 16. Как быстро известить всех работающих в кузнечно-сварочном цехе о чрезвычайной ситуации, например о землетрясении? Подача звукового или светового сигнала не даёт нужного эффекта, так как в цехе стоит лязг и грохот обрабатываемого металла, всполохи электросварки, резкие звонки кранов и т. п.

Снабдить всех работающих миниатюрными радиоприёмниками? Но дуговые разряды создают радиосигналы, шумы.

Что советуют приёмы? Смотрим строку 24 «Потеря информации». Что ухудшается – колонка 27 «Надёжность». Следует использовать приёмы 10, 28 и 23. Продолжайте решение самостоятельно.

Задача 17. На кирпичном заводе ленточный конвейер подаёт глину из приемного бункера в бункер вращающейся сушильной печи. Зачастую глина из карьера поступает во влажном состоянии. Влажная глина прилипает к поверхности ленты и не поступает в бункер печи. Как быть?

Что нужно изменить по условиям задачи? По-видимому, необходимо уменьшить вредные факторы самого объекта – строка 31. Что при этом ухудшится? Скорее всего, возрастает сложность устройства – колонка 36. Следует применить приёмы 19, 1, 31.

Второй вариант: ухудшится точность изготовления – колонка 29. В этом случае рекомендуются приёмы 4, 17, 34, 26. Продолжайте решение самостоятельно.

В заключение этого подраздела представляется интересным решить с помощью приёмов устранения технических противоречий **задачу Робинзона**: как передвинуть тяжёлую лодку к морю?

Что надо изменить? Вес неподвижного объекта – 2. Что ухудшается? Прочность – 14.

Второй вариант. Что надо изменить? Силу – 10. Ухудшается прочность – 14. Итак, таблица рекомендует приёмы:

$2 \times 14 - 28, 2, 10, 27;$

$10 \times 14 - 35, 10, 14, 27.$

10 – Принцип предварительного действия. Сам Робинзон об этом говорит: «Надо мне было подумать».

27 – Дешёвая недолговечность взамен дорогой долговечности. Например, изготовить лодку в виде каркаса, обтянутого козьими шкурами.

28 – Замена механической схемы.

2 – Принцип вынесения.

35 – Изменение агрегатного состояния.

14 – Принцип сфероидальности.

А теперь сравним эти варианты решения задачи Робинзона с решениями, полученными при использовании метода мозгового штурма.

3.12. Принципы разрешения физических противоречий

Разработано 11 принципов разрешения физических противоречий. Как и приёмы устранения технических противоречий, они только указывают возможные пути поиска решения. Выбор остаётся за человеком.

Рассмотрим кратко принципы разрешения физических противоречий.

1. Разделение противоречивых свойств в пространстве.

Пример. Для пылеподавления при разработке горных пород конус мелких водных капель окружают оболочкой из крупных капель.

2. Разделение противоречивых свойств во времени.

Пример. Ширину ленточного электрода меняют в зависимости от ширины сварного шва.

3. Системный переход 1а: объединение однородных и неоднородных систем в полисистему.

Пример. Горячие слябы транспортируют по рольгангу впритык друг к другу, чтобы не охлаждались торцы слитков.

4. Системный переход 1б: от системы к антисистеме или сочетание системы и антисистемы.

Пример. Для остановки кровотечения к ране прикладывают салфетки, пропитанные кровью иной группы.

5. Системный переход 1в: часть данной системы наделяется свойствами антисистемы.

Пример. Рабочие части тисков для зажимов деталей сложной формы: каждая часть твёрдая, а в целом зажим податливый, способен менять форму.

6. Системный переход 2: переход на микроуровень.

Пример. Регулирующий клапан из двух материалов с разными коэффициентами термического расширения изменяет проход при изменении температуры протекающей жидкости.

7. Фазовый переход 1: изменение фазового состояния или всей системы.

Пример. Потребителей газа в шахтах обеспечивают сжиженным (а не сжатым) газом.

8. Фазовый переход 2: двойственное фазовое состояние компонента системы.

Пример. Трубки теплообменника снабжены рёбрами из материала с памятью формы – при повышении температуры они разгибаются, увеличивая поверхность теплообмена.

9. Фазовый переход 3: использование явлений, сопутствующих фазовому превращению.

Пример. Мороженые грузы транспортируют на опорах из брусочков льда.

10. Фазовый переход 4: замена однофазного вещества двухфазным.

Пример. Полировальная рабочая среда состоит из ферромагнитных частиц, взвешенных в расплаве свинца.

11. Физико-химический переход: возникновение – исчезновение веществ путём разложения – соединения, ионизации – рекомбинации.

Пример. Для пластификации древесины аммиаком осуществляют пропитку солями аммония, разлагающимися при нагревании.

Наиболее часто используются принципы 1 и 2.

Пример. Возвратимся к выявленному физическому противоречию в закалочном цехе: кислород в атмосфере цеха должен быть и не должен быть. Попробуем разделить противоречивые свойства в пространстве, то есть там, где находятся люди, кислород есть, а там, где раскалённая

деталь соприкасается с маслом, – нет. С этой целью над поверхностью масла следует образовать газовую среду, в которой отсутствует кислород, например, создать слой из углекислого газа. Другой вариант – добавить в масло вещество, которое при высокой температуре, разлагаясь, выделяет инертный газ.

Задача 18. При возведении зданий и сооружений делают свайные фундаменты. С этой целью в грунт забивают с помощью дизель-молотов железобетонные сваи. Когда сваю забивают в землю, её наконечник должен быть острым, чтобы раздвигать слои грунта. Но затем в процессе эксплуатации конец сваи должен быть тупым, чтобы свая не погружалась в грунт.

Предложите устройство сваи.

3.13. Вепольный анализ

Любое событие окружающего мира сопровождается изменением вещества и энергии (поля). Взаимодействие этих двух составляющих и определяет всё многообразие мира. (Закон единства и борьбы двух противоположностей.) Для успешного решения изобретательской задачи необходимо провести точный анализ взаимодействия веществ и энергий (полей) в оперативной зоне (ОЗ) задачи. В простейшем случае ОЗ – это пространство, в пределах которого возникает конфликт.

Одним из эффективных методов познания мира является моделирование – замена реального объекта его моделью. **Модель** – идеализированная система, отражающая особенности реальной ТС. С моделью проще работать, а результаты можно переносить на исходную систему. В ТРИЗ для поиска новых технических решений используют структурные модели ТС, получившие название «веполь», а соответствующий раздел ТРИЗ, занимающийся исследованием и преобразованием веполей, – «вепольный анализ».

Веполь (от слов «вещество» и «поле») – это минимальная структурная модель ТС, включающая изделие и инструмент (два вещественных объекта) и энергию их взаимодействия (поле). В ОЗ задачи, т. е. там, где выявлено физическое противоречие, обязательно должны быть два вещества В1 и В2, полезно или вредно взаимодействующие между собой, и поле П, которое связывает эти вещества. Вместе они образуют веполь. Графически веполь изображается следующим образом:



Условные обозначения, используемые при изображении веполей:

V1 и V2 – вещества (объекты);

П – поле (любое взаимодействие) по линии МАТХЭМ;

Пм – механическое; ПА – акустическое; Пх – химическое и т. п.;

————— взаимосвязь (нормальная);

—————> направленное действие;

←————→ взаимодействие;

~~~~~ вредное действие;

----- бездействие (молчание);

⇒ переход к преобразованию веполя

—X— разрушение связи.

Если поле является входящим, то его обозначение принято располагать над веществами. Если поле выходящее, то его обозначение располагают под веществами. Веполю условен – это своеобразная графическая модель ТС. С помощью веполя лучше понять состояние всей ТС. Как в капле воды отражается химический состав океана, так и в этой «молекуле» техники отражается суть изобретательской задачи.

Многолетнее использование вепольного анализа для решения производственных задач, а также исследование патентного фонда с использованием вепольного анализа привели к выявлению стандартных решений изобретательских задач. **Стандарты** – это правила синтеза и преобразования технических систем. В ТРИЗ создана **система стандартных решений изобретательских задач**. Система включает 76 стандартов, которые подразделены на 5 классов.

Стандарты – истребители технических и физических противоречий. Их цель – преодоление противоречий, в крайнем случае – их обход. Победить противоречие, совместить несовместимое, осуществить невозможное – в этом смысл стандартов.

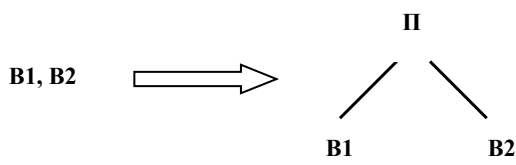
Ниже рассмотрены стандартные решения некоторых типовых задач с применением вепольного анализа.

### 1. Достройка веполь (веполь созидающий)

В этом случае веполь неполный, то есть в нём не хватает какого-либо вещества или поля. Решение задачи заключается в том, что надо достроить, синтезировать веполь.

**Пример 1.** Как найти золотую соломинку в стоге соломы?

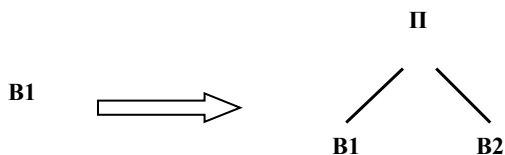
Обозначим В1 – золотая, а В2 – обычная соломинка. Не хватает поля – П. Изобразим решение задачи графически:



Поля перебираем по линии МАТХЭМ. В результате получаем серию (гамму) решений. Особо следует обратить внимание на совместное использование различных полей, так как это даёт наиболее сильные изобретательские решения.

**Пример 2.** На предприятии кондитерских изделий требуются ядра орехов. Как расколоть тысячи орехов за рабочую смену, не повредив ядра?

Обозначим В1 – скорлупа ореха. Отсутствуют: В2 и П. Необходимо достроить веполь:



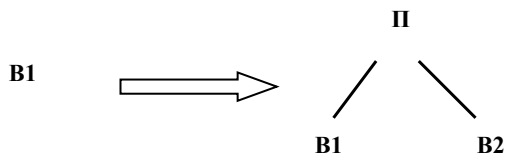
В качестве второго вещества рекомендуется принимать: воздух, воду, песок, пустоту и т. п. Идеальный результат – скорлупа ореха «сама» раскалывается или взрывается. Для этого в орех надо поместить взрывчатое вещество. Твёрдое, жидкое или газообразное? Лучше всего через неплотности в скорлупе внутрь ореха просочится газообразное взрывчатое вещество. Может ли воздух выполнить функции взрывчатого вещества? Да, если его сжать. Аппаратурное оформление решения: орехи помещаются в автоклав, и создаётся давление воздуха. После некоторой выдержки открывается клапан мгновенного сброса давления

воздуха. Скорлупа орехов под действием внутреннего давления воздуха разрушается. Остаётся отделить ядра от обломков скорлупы.

**Пример 3.** При сборке прибора требуется уложить в его узкий паз пружинку, при этом она должна находиться в пазу в сжатом состоянии, пока не будут уложены другие детали. Как это сделать?

Итак, надо создать ТС для временного удержания пружины в сжатом состоянии. Идеал – пружина сама удерживает себя некоторое время в сжатом состоянии, а затем распускается. Физическое противоречие: пружинка должна быть сжатой и не должна быть сжатой.

Обозначаем В1 – пружина. В2 и П – неизвестны. Графическое изображение вепольных преобразований:



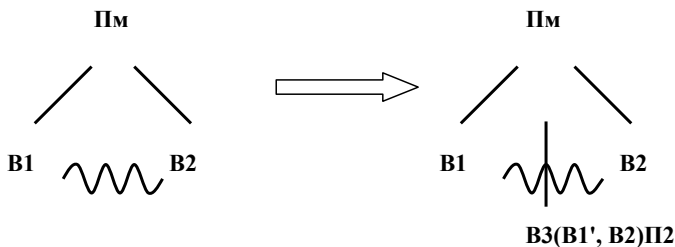
Нужны какие-то В2 и П, чтобы удерживать пружину сжатой. Скоба? Бечёвка? Идеал: пружина «сама» удерживается и распускается. Какое должно быть В2 – слабое, сильное, твёрдое, жидкое, летучее? Дешёвые вещества: воздух, вода, пустота и т. п. Берем воду, а пружину сжимаем и замораживаем! После сборки прибора лёд тает и пружина распускается. Однако оказалось, что капельки воды вызывают коррозию. Поэтому воду заменили «сухим» льдом.

## 2. Разрушение веполей

При наличии в веполе вредного действия между веществами задачу решают введением между веществами третьего (экранирующего) вещества, дарового или достаточно дешёвого. Если использование посторонних веществ запрещено или нецелесообразно, задачу решают введением третьего вещества, являющегося видоизменением (модификацией) В1 или В2. Для нейтрализации (компенсации) вредного действия возможно введение нового поля П2.

**Пример 1.** На столбе скворечник. Кот явно хочет залезть и полакомиться птенцами. Как защитить птенцов?

Обозначаем В1 – когти кота, В2 – деревянный столб, Пм – механическое поле зацепления когтей за дерево. Строим вепольные преобразования:



Необходимо разрушить или нейтрализовать вредное действие в ве-  
поле.

Предлагаемые решения

1. Ввести вещество В3 – лист металла, которым обить столб.
2. Модифицировать В1 – когти или В2 – столб таким образом, чтобы кот не мог влезть.
3. Ввести запаховое поле П2, например запах собаки, который отпугнёт кота.

**Задача 19.** В дальневосточной тайге пчелиные улья устанавливают на столбах для защиты от лесного зверья. Но как защитить их от медведя?

Пчеловоды решили эту задачу давно, когда ещё у них не было под рукой металлического листа. Остаётся возможность модифицировать когти или столб. Модифицировать когти медведя так, чтобы он не лазил на столбы к ульям, вряд ли удастся. По-видимому, следует модифицировать столб таким образом, чтобы медведь сам себя наказал за попытку влезть на столб.

**Задача 20.** Днище смесителя абразивных материалов быстро изнашивается. Как его защитить от износа?

**Задача 21.** Партизаны минировали железнодорожные пути. Но немцы привезли дрессированных собак, которые по запаху взрывчатого вещества легко стали находить мины. Как быть?

**Задача 22.** В коконах черви-вредители. Как только почувствуют запах картофеля, они вылезут и доберутся до клубней. Химические методы борьбы есть, но они малоэффективны. Как быть?

**Задача 23.** При лечении заболеваний с помощью УВЧ (электромагнитное поле ультравысокой частоты) излучатель прижимают к прогреваемому участку тела. Если прижимать, то хороший прогрев внутри, но может быть ожог кожи. Если не прижимать, ожога кожи нет, но плохой прогрев внутри. Как быть?

**Задача 24.** Имеется бракованное железобетонное изделие. Необходимо его разрушить на месте. Как быть? Отбойный молоток? А может быть, поможет вепольный анализ?

**Задача 25.** Для получения гранул металла его расплав разбрызгивают над поверхностью воды. Однако капли никеля не успевают застыть в воздухе и, ударяясь о поверхность воды, образуют множество мелких капелек, являющихся браком. Как от этого избавиться?

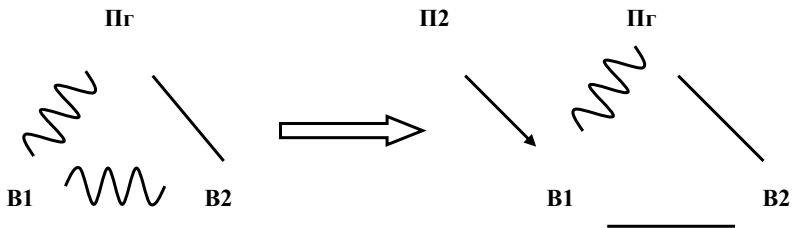
### 3. Повышение управляемости и эффективности веполей

В тех случаях, когда в технической системе имеется требуемое действие, но оно недостаточно эффективно, применяется форсирование веполей – введение дополнительных полей и хорошо взаимодействующих с полями веществ. Возможно «развёртывание» одного из полей в веполь в самостоятельный веполь, образование системы, называемой «цепным» веполем. Типичный случай форсирования веполя – введение в него ферромагнитного вещества и магнитного поля. Развитию веполей посвящены 2-й и 3-й классы системы стандартов ТРИЗ.

**Пример 1.** Необходимо с помощью обычного уровня проверять горизонтальность поверхности площадки, расположенной в труднодоступном месте.

Физическое противоречие: жидкость (вода) в трубке уровня должна быть подвижной, чтобы показывать величину уклона, и должна быть неподвижной, чтобы при выемке прибора сохранять показания (положение пузырька воздуха).

Обозначим В1 – жидкость в трубке уровня, В2 – пузырёк воздуха в трубке, Пг – гравитационное поле. В исходном веполе гравитационное поле «вредно» воздействует на В1, а В1 на В2. Необходимо перестроить веполь, ввести какое-то поле П2, которое нейтрализует «вредное» действие гравитационного поля:

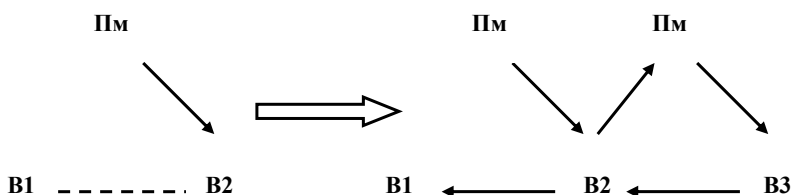


Поля выбираем по линии МАТХЭМ. Возможно использование в качестве П2 теплового поля, то есть в момент проверки горизонтальности площадки жидкость в трубке уровня заморозить, а после снятия показаний оттаивать и т. д. Однако действие теплового поля недостаточно эффективно. Веполь необходимо форсировать. Это возможно, если перейти к использованию в качестве П2 электрического или магнитного полей. При этом трубка уровня заполняется электрореологической жидкостью, которая «твердеет» при прохождении электрического тока, или ферромагнитной жидкостью, которая «твердеет» под действием магнитного поля.

**Пример 2.** В конце XIX века на военных кораблях стали применять броню с закалённым поверхностным слоем. Обычный снаряд при ударе в такую броню расплющивался и «прилипал». Тогда стали снабжать снаряды наконечниками из высокотвёрдых сплавов. Такие снаряды пробивали броню, но только при встрече с бронёй под прямым углом. В других случаях, а их было большинство, происходило соскальзывание (рикошет) снаряда. Как быть?

Эту задачу блестяще решил адмирал С.О. Макаров, который предложил новую конструкцию бронебойного снаряда.

Итак, налицо физическое противоречие: снаряд должен быть «мягким», чтобы не соскальзывать с брони, и должен быть твёрдым, чтобы пробивать броню. Обозначим В1 – броня, В2 – снаряд, Пм – механическое поле удара. Построим вепольные преобразования:



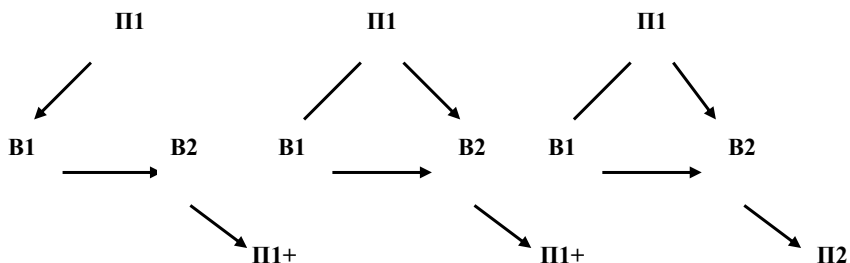
Вещество В2 – снаряд – развёртываем в веполь, вводим вещество В3 и механическое поле – кинетическая энергия удара. Получаем, что снаряд должен состоять из двух веществ: мягкого и твёрдого. Их необходимо разделить в пространстве. Из твёрдого материала изготавливается бронебойный сердечник, а из мягкого – его оболочка. В момент удара оболочка сминается в комок и «прилипает» к броне. В результате бронебойный сердечник уже не может соскользнуть с брони.



#### 4. Построение «измерительного» веполя

Всегда приходится что-либо измерять. Однако измерять сложно, так как нужны приборы. Поэтому изобретатели стремятся превратить задачу **на измерение** в задачу **на изменение** или **обнаружение**. Если необходимо получить информацию о состоянии ТС, то строят «измерительный» веполь путём введения в систему вещества, связанного с легко обнаруживаемым и легко измеряемым полем, либо вещества, преобразующего плохо обнаруживаемое поле в легко обнаруживаемое. Поля следует подбирать по линии МАТХЭМ. **В первую очередь надо рассматривать поля, которые легко обнаруживает человек: световое, звуковое, осязательное, запаховое, тепловое.**

Типовые веполи на обнаружение:



Отличительная особенность: два поля, одно – входящее, другое – выходящее.

**Пример 1.** Фарфоро-фаянсовый завод выпускает 10 тысяч тарелок в день. Как проверить качество (целостность) тарелок?

Рассматриваем возможность использования полей. Световое поле. В этом случае надо тщательно осматривать каждую тарелку, и нет чёткой гарантии качества работы. Звуковое поле. Известно, что целая тарелка при лёгком ударе издаёт звонкий звук, а при наличии трещин – глухой звук. Решение: работница-контролёр производит лёгкий удар металлическим предметом по тарелке и по звуку устанавливает качество тарелок.

**Пример 2.** Подшипник скольжения при работе нагревается. Как установить, когда подшипник опасно перегрелся? Измерять температуру подшипника постоянно нет необходимости. Надо только знать, перегрелся он или нет.

Рассматриваем возможность использования полей. Световое поле. Если корпус подшипника покрыть светочувствительной краской, которая меняет цвет при определённой температуре, то по её цвету мож-

но судить о температуре подшипника. Звуковое поле. Возможно, есть вещества, издающие звук при определённой температуре в результате какого-либо процесса. Запаховое поле. Подшипник оснастить ампулой с резко пахнущим веществом. Ампула разрушается при превышении допустимого температурного предела.

**Задача 26.** Как проверить исправность колёс железнодорожных вагонов?

**Задача 27.** Как определить направление движения воды в стальном трубопроводе?

**Задача 28.** Необходимо измерить температуру шихты в цементной печи.

**Задача 29.** Как определить начало закипания воды в закрытом сосуде (чайнике)?

**Задача 30.** Очень опасны утечки природного газа из трубопроводов и баллонов, т. к. создаются взрывчатые смеси с воздухом. Как легко и быстро обнаруживать утечки газа?

**Задача 31.** Совершено множество ограблений квартир. Вор действовал в одиночку в дневное время и грабил квартиры, в которых никого нет. Как вор узнавал, что в квартирах нет жильцов?

### **3.14. Алгоритм решения изобретательских задач**

Слово «алгоритм» происходит от латинского *algorithmi*, которое пришло в Европу из арабского языка и образовано от имени узбекского математика IX века – Мухаммед ибн-Муса Ал-Хорезми (из Хорезма). **Алгоритм** – это система правил, предписаний для решения определённого класса задач. Например, математические действия и т. п.

**Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ)** – комплексная программа алгоритмического типа, основана на законах развития технических систем и предназначена для анализа и решения изобретательских задач.

Первые версии АРИЗ-56 и АРИЗ-61 разработаны Г.С. Альтшуллером в 50–60-е годы. В последующие годы АРИЗ получил дальнейшее развитие и совершенствование: появились версии АРИЗ-71, АРИЗ-77, АРИЗ-85В.

АРИЗ – алгоритмоподобная методика поиска новых технических решений. Основой АРИЗ является программа последовательных опера-

ций, которая позволяет переходить от расплывчатой, неопределённой исходной ситуации к чётко поставленной задаче, затем к упрощённой модели задачи и выявлению противоречия и, наконец, к устранению противоречия с помощью скрытых ресурсов системы, физических эффектов, приёмов и принципов, а также стандартов на решение изобретательских задач. Наибольшее распространение получила версия АРИЗ-85В, структурная схема которой представлена ниже. АРИЗ состоит из 9 частей или стадий. Каждая часть разделена на отдельные шаги. Подробное изучение АРИЗ осуществляется на практических занятиях при решении конкретных изобретательских задач.

АРИЗ – сложный изобретательский инструмент и требует предварительного обучения. В АРИЗе используются многие термины и определения, которые рассмотрены выше: техническая система, противоречие техническое и физическое, функция системы, главная полезная функция (ГПФ), идеальный конечный результат (ИКР) и другие. Кроме этого, используется понятие «**вещественно-полевые ресурсы**» (ВПР) и метод **моделирования «маленькими человечками»** (ММЧ).

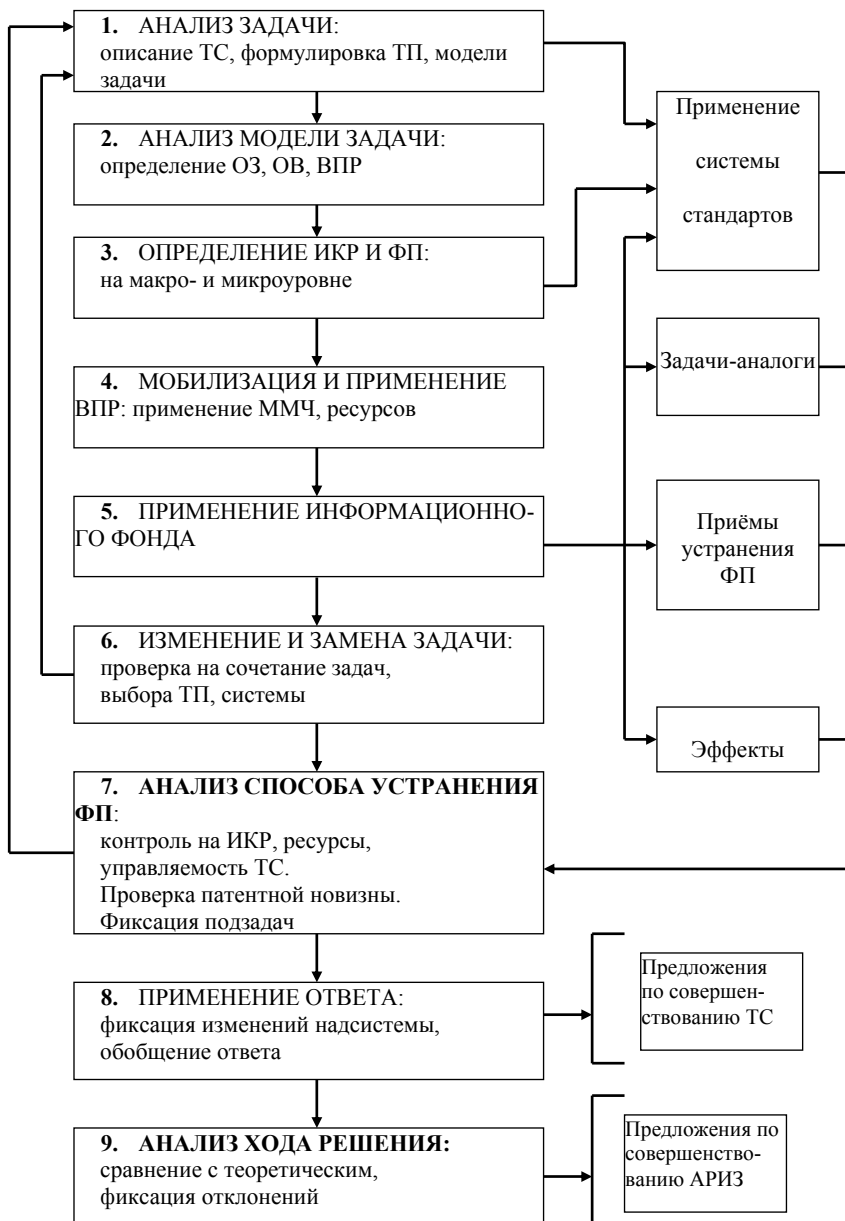
ВПР – это вещества и поля, которые уже имеются или могут быть легко получены по условиям задачи внутри системы, в надсистеме и вне системы.

Суть метода ММЧ состоит в том, что конфликтующие требования схематически представляют в виде условного рисунка, на котором действует большое число «маленьких человечков». Человечки выполняют необходимые изменения и действия в модели задачи. Благодаря этому снимается психологическая инерция, фокусируется работа воображения.

Для снятия психологической инерции в предшествующих версиях АРИЗ использовался **оператор РВС** (размер, время, стоимость). Сущность оператора РВС в том, что анализируется, как решается задача:

- 1) если мысленно меняем **размеры** объекта от заданной величины до нуля, а затем до бесконечности;
- 2) мысленно изменяем **время** протекания процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до нуля, а затем до бесконечности;
- 3) мысленно меняем **стоимость** (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до нуля, а затем до бесконечности.

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АРИЗ-85В



Оператор РВС (иногда называют методом числовой оси) не всегда даёт решение задачи. Главное, что оператор РВС последовательно расширяет представление о задаче, сбивает психологическую инерцию перед решением. Оператор РВС позволяет взглянуть на задачу с неожиданной стороны, увидеть скрытые резервы и новые направления поиска.

**Пример.** Вблизи нефтепровода необходимо возвести стальную ёмкость с размерами: диаметр 50 м, высота 20 м. Изготовление крыши для ёмкости вызывает массу затруднений, что затягивает сроки строительства. Если крышу монтировать на высоте, то нужны леса, трудно обеспечить качество. Лучше сварить на земле, а затем поднять её наверх и приварить к стенкам ёмкости. Вес готовой крыши 150 т. Специального подъёмного оборудования нет.

Решение. Используем оператор РВС. Уменьшаем **размер** крыши до 5 м. В этом случае вес крыши – 1,5 т – доступен обычному крану. Уменьшаем размер ещё в 10 раз. Крышу  $d = 0,5$  м можно поднять даже вручную. Изменение размера в этом направлении резко упрощает задачу, поэтому мысленные эксперименты в этом направлении прекращаем.

Двигаемся в другом направлении. Увеличим размер крыши в 10 раз. При этом её диаметр станет равным 500 м. Вес возрастёт в 100 раз и составит 15 тысяч тонн. Как поднять такую крышу? От такой задачи хочется отказаться? А как поступали строители пирамид? Может быть, насыпать гору песка, смонтировать крышу, песок удалить. Мысленно увеличим размер крыши ещё в 10 раз. Как поднять крышу диаметром 5 км? Как избежать перекосов при подъёме? Вероятно, надо создавать равномерное давление на всю площадь крыши. Это можно сделать жидкостью. А если крыша плавучая? Сварим крышу внутри цилиндра, снабдим плавучестью и наполним цилиндр водой. Крыша всплывёт на предназначенное место.

А если ёмкость необходима в пустыне?

Возвращаемся к исходным размерам. Теперь будем изменять **время** подъёма крыши. С помощью специального кранового оборудования крышу можно поднять за один час. А если поднять за 5 минут? А если за 0,5 секунды? За такое время может помочь только взрыв! При этом крыша движется как пыж (пуля) в стволе.

А если на подъём крыши отведён один год – посадить бамбук под крышей?

Обратимся к третьему параметру оператора РВС – **стоимости** процесса подъёма крыши. Допустим, стоимость подъёма крыши с помощью специального оборудования (с учётом затрат на его доставку и монтаж) составляет 1000 рублей. А как можно поднять крышу за 100 или 10 рублей? Можно комбинировать с предыдущими идеями. Чтобы существенно снизить стоимость, целесообразно использовать природные силы. Что если вместо взрыва создавать давление под крышей воздушным компрессором? Крыша будет подниматься как поршень.

В заключение следует отметить, что процесс решения изобретательской задачи в АРИЗе – это последовательность операций по выявлению, уточнению и преодолению технического противоречия. Направленность поиска достигается ориентировкой на идеальный конечный результат.

### **Контрольные вопросы к разделу 3**

1. Дайте общую характеристику ТРИЗ.
2. Что такое техническая система?
3. Перечислите и охарактеризуйте части технической системы.
4. Назовите условия прохода энергии и информации через ТС.
5. Как происходит вытеснение человека из ТС?
6. Как развивается ТС в направлении идеальности?
7. Перечислите этапы в развитии (жизни) ТС.
8. В чем суть девятиэкранного мышления?
9. Какие тризовские поля используются в ТС?
10. Охарактеризуйте виды противоречий в технике.
11. Что такое типовые приемы устранения технических противоречий?
12. Как построена таблица выбора приема устранения технического противоречия?
13. Принципы разрешения физических противоречий в ТРИЗ.
14. Дайте характеристику веполя.
15. Приведите пример достройки веполя.
16. Как преобразовать (разрушить) «вредный» веполю?
17. Как повысить управляемость и эффективность веполя?
18. Дайте общую характеристику АРИЗ.
19. В чем суть метода «маленьких человечков»?
20. На что направлен оператор РВС?

## Библиографический список

1. Советский энциклопедический словарь. – М. : Советская энциклопедия, 1981. – 1600 с.
2. Основы научных исследований. – М. : Высш. шк., 1989. – 400 с.
3. Коробко, В.И. Лекции по курсу «Основы научных исследований» / В.И. Коробко. – М. : АСВ, 2000. – 218 с.
4. Альтшуллер, Г.С. Алгоритм изобретения / Г.С. Альтшуллер. – М. : Московский рабочий, 1973. – 296 с.
5. Альтшуллер, Г.С. Дерзкие формулы творчества / Г.С. Альтшуллер // Дерзкие формулы творчества / сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск : Карелия, 1987. – 269 с.
6. Альтшуллер, Г.С. Творчество как точная наука / Г.С. Альтшуллер. – Петрозаводск : Скандинавия, 2004. – 208 с.
7. Иванов, Г.И. Формулы творчества, или Как научиться изобретать / Г.И. Иванов. – М. : Просвещение, 1994. – 208 с.
8. Нить в лабиринте / сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск : Карелия, 1988. – 277 с.
9. Михелькевич, В.Н. Основы научно-технического творчества / В.Н. Михелькевич, В.М. Радомский. – Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 320 с.
10. Патури, Ф. Растения – гениальные инженеры природы / Ф. Патури. – М. : Прогресс, 1982. – 270 с.
11. Пелипенко, В.Н. Методы технического творчества : практикум / В.Н. Пелипенко. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 88 с.
12. Рапацевич, Е.С. Словарь-справочник по научно-техническому творчеству / Е.С. Рапацевич. – Минск : Этоним, 1995. – 384 с.
13. Гражданский кодекс Российской Федерации. Части первая, вторая, третья и четвертая. – М. : Эксмо, 2010. – 512 с.

## ТИПОВЫЕ ПРИЁМЫ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

### 1. Принцип дробления:

- 1) разделить объект на независимые части;
- 2) выполнить объект разборным;
- 3) увеличить степень дробления объекта.

*Пример.* В США предложена пневматическая автомобильная шина, состоящая из двенадцати независимых секций.

### 2. Принцип вынесения.

Отделить от объекта мешающую часть (мешающее свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство).

В отличие от предыдущего приёма, состоящего в делении объекта на одинаковые части, здесь имеется в виду разделение объекта на разные части.

*Пример.* На катерах электроэнергия для освещения вырабатывается генератором, работающим от гребного двигателя. На стоянке приходится устанавливать вспомогательный генератор с двигателем, последний создает шум и вибрацию. Предложено разместить двигатель и генератор в отдельной капсуле, расположенной на некотором расстоянии от катера и соединенной с ним кабелем.

### 3. Принцип местного качества:

- 1) перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;
- 2) придать разным частям объекта различные функции;
- 3) каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для её работы.

*Пример.* Для того чтобы при сушке зёрна риса не трескались, рис перед сушкой разделяют по крупности на фракции, каждую из которых сушат отдельно по оптимальному режиму.

### 4. Принцип асимметрии:

- 1) перейти от симметричной формы объекта к асимметричной;
- 2) если объект асимметричен, увеличить степень асимметрии.

*Пример.* С целью увеличения пропускной способности в воронке для транспортировки сыпучих грузов ось цилиндрического отводного канала смещена относительно оси конусной части на расстояние 0,35 — 0,5 диаметра канала.

### 5. Принцип объединения:

- 1) соединить однородные или предназначенные для подобных операций объекты;
- 2) объединить во времени однородные или смежные операции.



*Пример.* Бульдозерный отвал закреплён между двумя тракторами – передним ведущим и задним ведомым. Сцепкой управляет один бульдозерист.

*Пример.* При сварке толстых стальных листов электроды располагают один за другим, при этом сварочный ток у каждого последующего электрода и глубина его погружения в разделку кромок должны быть больше, чем у предыдущего.

6. Принцип универсальности.

Объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.

*Пример.* Ручка для портфеля одновременно служит эспандером.

*Пример.* Обычно перед операцией травления детали обезжиривают, на что уходит время. Изобретён раствор, выполняющий обе операции одновременно.

7. Принцип «матрёшки»:

- 1) один объект размещён внутри другого, который, в свою очередь, может находиться внутри третьего, и т. д.;
- 2) один объект проходит сквозь полости в другом объекте.

*Пример.* Коаксиальный шланг для заправки автомобилей, предотвращающий потери бензина в окружающую среду из-за испарения: по внутреннему подаётся бензин, по наружному отсасываются пары.

8. Принцип антивеса:

- 1) компенсировать вес объекта соединением с другим, обладающим подъёмной силой;
- 2) компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счёт аэро- и гидродинамических сил).

*Пример.* Опоры тяжело нагруженных конвейеров устанавливают на поплавки, помещённые в резервуары с жидкостью.

*Пример.* Для увеличения сцепления шин спортивного автомобиля с дорожным полотном устанавливают антикрыло.

9. Принцип предварительного противодействия:

- 1) заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям;
- 2) если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить противодействие.

*Пример.* Для повышения прочности витых стальных пружин их изготавливают следующим образом: заготовку предварительно растягивают, скручивают, снова растягивают, навивают и закаляют.

*Пример.* Для того чтобы чашечный резец не вибрировал в процессе резания, его предварительно нагружают усилиями, близкими по величине и направленными противоположно усилиям, возникающим в процессе резания.

#### 10. Принцип предварительного действия:

- 1) заранее выполнить требуемое действие полностью или частично;
- 2) предварительно расположить объекты так, чтобы они могли вступить во взаимодействие без затраты времени на доставку.

*Пример.* Для озеленения откосов земляных сооружений на поверхность укладывают замороженные плиты из питательной среды, содержащей семена растений. Весной плиты оттаивают, и корни проросших трав скрепляют их между собой и с подстилающей земляной поверхностью.

#### 11. Принцип «заранее подложенной подушки».

Компенсировать относительно невысокую надёжность объекта заранее подготовленными антиаварийными средствами.

*Пример.* Для обнаружения затонувшего удилища к нему заранее посредством растворимого клея крепится поплавков, соединённый с удилищем отрезком лески; при попадании на воду клей растворяется и поплавок всплывает на поверхность, обозначая место затонувшего предмета.

#### 12. Принцип эквипотенциальности.

Расположить объекты так, чтобы не приходилось поднимать или опускать их в процессе работы.

*Пример.* Трейлер не поднимает груз на платформу, а въезжает под скобу, на которой заранее гидроподъёмником поднят груз.

#### 13. Принцип «наоборот»:

- 1) вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие;
- 2) сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную – движущейся;
- 3) перевернуть объект вверх ногами, вывернуть его.

*Пример.* При токарной обработке деталь вращается, а резец неподвижен. При обработке крупных деталей поступают наоборот: деталь неподвижна, а вращается резец вокруг детали.

#### 14. Принцип сфероидальности:

- 1) перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от деталей, выполненных в виде куба и параллелепипеда, – к шаровым конструкциям;
- 2) использовать шарики, ролики, спирали;
- 3) перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

*Пример.* Для более удобного обслуживания автомобилей при техобслуживании взамен конвейерной линии, вытянутой в прямую линию, предложена карусель.

*Пример.* Для обеспечения возможности перемещения транспортного средства в любом направлении предложены опоры в форме шара.

#### 15. Принцип динамичности:

- 1) менять характеристики объекта или внешней среды так, чтобы они были оптимальными в каждый момент работы;
- 2) разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга;
- 3) заменить неподвижный объект подвижным.

*Пример.* Бульдозерный отвал в виде упругой ленты, которая в процессе работы способна изменять свою форму, приспособляясь к различным условиям эксплуатации.

#### 16. Принцип частичного или избыточного действия.

Если трудно получить 100% требуемого эффекта, проще получить «чуть меньше» или «чуть больше» – принцип колуна.

*Пример.* При плазменно-дуговой резке металлов с целью обеспечения гарантированного прорезания металла при отсутствии возможности визуального наблюдения за процессом при изменении скорости резки процесс ведут с постоянной величиной напряжения на дуге, соответствующей максимальной длине дугового промежутка, то есть, чтобы резать с «гарантией», дугу включают на полную мощность.

#### 17. Принцип перехода в другое измерение:

- 1) заменить движение или размещение объекта по прямой линии перемещением в двух измерениях по плоскости или в трёх измерениях;
- 2) использовать многоэтажную компоновку объектов;
- 3) наклонить объект или положить его набок;
- 4) использовать обратную (тыльную) сторону объекта.

*Пример.* Новая конструкция лодочной станции – элинглифт, в котором лодки хранятся в вертикальном положении.

*Пример.* Двухъярусная пила, у которой зубья нижнего яруса разведены больше верхних, чисто режет волокнистые материалы.

*Пример.* Шлифовальная лента выполнена в виде ленты Мебиуса.

#### 18. Использование механических колебаний:

- 1) привести объект в колебательное движение;
- 2) увеличить частоту колебаний объекта вплоть до ультразвуковой;
- 3) использовать резонансную частоту;
- 4) применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы;
- 5) использовать звуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

*Пример.* При забивке свай им придают колебания.

*Пример.* Ультразвуковые колебания, наложенные на поток перекачиваемой жидкости, снижают сцепление в потоке и трение о стенку.

#### 19. Принцип периодического действия:

- 1) перейти от непрерывного действия к периодическому, импульсивному действию;

- 2) изменить периодичность действия;
- 3) использовать паузы между импульсами для другого действия.

*Пример.* Высокое напряжение на электроды электрофильтра подают в импульсном режиме. В перерывах между импульсами слой пыли падает с электродов под действием собственного веса.

20. Принцип непрерывности полезного действия:

- 1) вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой);
- 2) устранить холостые и промежуточные ходы.

*Пример.* Плуг, на раме которого установлены левосторонний и правосторонний отвалы. Пропахав ряд, тракторист из кабины поворачивает раму и движется в обратном направлении, сохраняя направление отвалов.

21. Принцип проскока.

Вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.

*Пример.* С целью сохранения структуры природной древесины при изготовлении шпона прогрев древесины осуществляют кратковременным воздействием факела пламени газа непосредственно в процессе изготовления шпона.

22. Принцип «обратить вред в пользу»:

- 1) использовать вредные факторы для получения полезного эффекта;
- 2) устранить вредный фактор сложением с другим вредным фактором;
- 3) усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

*Пример.* Очистку дымовых газов от кислых компонентов путём абсорбции проводят щелочными сточными водами гидрошлакозолоудаления тепловых электрических станций.

23. Принцип обратной связи:

- 1) ввести обратную связь;
- 2) если обратная связь есть, изменить её.

*Пример.* При автоматическом регулировании процесса точечной сварки сварочный ток изменяют прямо пропорционально величине акустической проводимости зоны сварки.

24. Принцип посредника:

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

*Пример.* Соединение разнородных металлов, например меди и алюминия, осуществляют, используя промежуточные прокладки, хорошо свариваемые между собой и с этими металлами.

*Пример.* Для уменьшения брака, вызванного поверхностными трещинами при изготовлении шариков из высоколегированных сталей с помощью штамповки, заготовку помещают в оболочку, изготовленную из малоуглеродистой стали. После штамповки оболочка уходит в облой (отходы).

25. Принцип самообслуживания:

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

*Пример.* В пустотелую ось звёздочек пластинчатого конвейера встроены приводной шнек, который очищает механизм от просыпающегося материала.

26. Принцип копирования:

- 1) вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощённые и дешёвые копии;
- 2) заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличивать или уменьшать копии);
- 3) использовать инфракрасные или ультрафиолетовые копии.

*Пример.* Для чёткой локализации болезненного очага в организме предложена система тонких рентгеноконтрастных линеек, образующих сетку. При рентгеноскопии пациента помещают перед этой сеткой, и местоположение очага становится чётко определимым.

*Пример.* С целью экономии электроэнергии и сварочной проволоки при обучении сварщиков вместо электрода используют тубик с окращенным веществом, которым обучаемый выводит на картоне швы.

27. Дешёвая недолговечность взамен дорогой долговечности.

Заменить дорогой и долговечный объект набором дешёвых разовых объектов.

*Пример.* В США создано дорожное полотно, которое прокладывается по болотам и другим труднопроходимым местам для наведения временных дорог; покрытие, разматываемое с рулонов, достаточно прочно, чтобы по нему прошла колонна грузовиков.

28. Замена механической системы:

- 1) заменить механическую систему связи между объектами оптической, акустической или «запаховой»;
- 2) использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;
- 3) перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных к имеющим определённую структуру;
- 4) использовать магнитное поле в сочетании с ферромагнитными частицами.

*Пример.* Сигнализатор засорённости топливного фильтра: в момент засорённости в кабине водителя возникает резкий запах.

*Пример.* Способ нанесения металлических покрытий на термопластичные материалы путем контакта с порошком металла, нагретым до температуры, превышающей температуру плавления термопласта, отличающийся тем, что процесс осуществляют в электромагнитном поле.

#### 29. Использование пневмо- и гидроконструкций.

Вместо твёрдых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, гидростатические и гидрореактивные, воздушную подушку.

*Пример.* Опрокидыватель-кантователь из воздушных мешков, раскрывающийся при надувании подобно вееру в ту сторону, куда надо перекладывать груз.

*Пример.* Предложен способ фиксирования нефтяного пятна на водной поверхности с помощью воздушного барьера. Место разлива нефти окружают погружёнными в воду перфорированными гибкими трубами и подают в них воздух. При тихой погоде такой барьер способен удерживать до 800 м<sup>3</sup> нефти.

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

- 1) вместо жёстких конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие плёнки;
- 2) изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких плёнок.

*Пример.* Способ формирования газобетонных изделий путем заливки сырьевой массы в форму и последующей выдержки, отличающийся тем, что на залитую в форму сырьевую массу укладывают газонепроницаемую пленку.

#### 31. Применение пористых материалов:

- 1) выполнить объект или часть его пористым;
- 2) использовать пористость объекта, заполнив поры каким-либо веществом.

Для пайки печатных плат расплавленный припой из ванны подают с помощью капиллярного подъёма по пакету металлических сеток, один конец которого погружён в ванну.

#### 32. Принцип изменения окраски:

- 1) изменить окраску объекта или внешней среды;
- 2) изменить степень прозрачности объекта или внешней среды;
- 3) для наблюдения за плохо видимыми объектами или процессами использовать красящие добавки;
- 4) если такие добавки уже применяются, использовать люминофоры.

*Пример.* Для улучшения передачи сигнала светофора в солнечный день предложено перед фонарём светофора устанавливать устройство,

состоящее из жидкокристаллической плёнки, заключённой между стёклами. При выключенной лампе светофора плёнка не отражает света и выглядит как матовая чёрная поверхность. При включении лампы на часть плёнки подаётся электрическое поле, переориентирующее кристаллы, эта часть плёнки становится прозрачной, что повышает контрастность сигнала.

### 33. Принцип однородности.

Объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала или близкого ему по свойствам.

*Пример.* С целью компенсации усадки изделий, получаемых методом литья в постоянной литейной форме, форму выполняют из материала, одинакового с изделием.

### 34. Принцип отброса и регенерации частей:

- 1) выполнившая своё назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена т. п.) или видоизменена непосредственно в ходе работы;
- 2) расходимые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.

*Пример.* Пористые изделия из тугоплавких материалов получают с помощью щётки из легкоплавкого материала. На подложку с торчащей щетиной осаждают из парогазовой смеси материал изделия и нагревают для выплавления подложки.

*Пример.* Чтобы при старте ракеты не пострадали чувствительные приборы, расположенные на внешней поверхности, их заключают в пенопласт, который, выполнив роль амортизатора, быстро испаряется в космосе.

### 35. Изменение агрегатного состояния объекта.

Сюда входят не только простые переходы, например от твердого состояния к жидкому, но и переходы к «псевдосостояниям» («псевдожидкость») и промежуточным состояниям, например, использование эластичных твердых тел.

*Пример.* При перевозке сыпучих легковоспламеняющихся грузов на судах в загерметизированном трюме их поверхность выравнивают, уплотняют и создают корочку, нагревая поверхностный слой груза до температуры плавления.

### 36. Применение фазовых переходов.

Использовать явления, возникающие при фазовых переходах: изменение объёма, выделение или поглощение тепла и т. п.

*Пример.* Домкрат из материала с памятью формы, поднимающий грузы пакетом плоских пластин, каждая из которых «помнит», что при нагревании ей следует изогнуться.

### 37. Применение теплового расширения:

- 1) использовать тепловое расширение или сжатие материалов;
- 2) использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.

*Пример.* Крыша парника из шарнирно закрепленных труб, внутри которых находится легко расширяющаяся жидкость. При изменении температуры смещается центр тяжести конструкции, поэтому крыша сама поднимается и опускается. Разумеется, можно использовать биметаллические пластины.

### 38. Применение сильных окислителей:

- 1) обогатить воздух кислородом;
- 2) заменить обогащённый воздух чистым кислородом;
- 3) воздействовать на воздух или кислород ионизирующими излучениями;
- 4) использовать озонированный кислород;
- 5) заменить озонированный кислород озоном.

*Пример.* Для детоксикации зерна, поражённого микрофлорой и её токсинами, зерно обрабатывают водным раствором озона с последующей сушкой подогретым воздухом.

### 39. Применение инертной среды:

- 1) заменить обычную среду инертной;
- 2) вести процесс в вакууме.

*Пример.* Для предотвращения взрыва при ремонтной сварке резервуаров с остатками нефтепродуктов предложено неочищенные ёмкости заполнять дымом (выхлопными газами ДВС) и кусками сухого льда.

*Пример.* Фруктовый сок консервируют замораживанием и сушкой под вакуумом.

### 40. Применение композиционных материалов.

Перейти от однородных материалов к композиционным.

*Пример.* Полимерная композиция на основе эпоксидной смолы с повышенной износостойкостью в условиях гидродинамического и абразивного воздействия наполнена корундом и стекловолокном.

### 41. Использование пауз (подприём к приёму 19).

Одно действие «вставлено» в паузы другого действия.

*Пример.* При автоматическом управлении контактной точечной сваркой, основанном на изменении термо-ЭДС, с целью повышения точности управления при сварке импульсами повышенной частоты термо-ЭДС измеряют в паузах между импульсами сварочного тока.

### 42. Принцип многоступенчатого действия.

Эффективность действия наращивают путём последовательного применения группы однородных объектов.



*Пример.* Для наращивания скорости вращения турбобура его составляют из нескольких секций так, что вал ротора турбины первой секции присоединяют к корпусу турбины второй секции и т. д., при этом скорость вращения валов ротора возрастает от первого к последующим.

43. Применение пены.

Смазку штампового инструмента осуществляют вспененной смазкой.

Полости электрического паяльника заполняют вспененной массой.

44. Применение вставных частей:

- 1) трудности, связанные с изготовлением объекта, преодолевают, изготавливая часть объекта отдельно и присоединяя эту часть к основной части изготавливаемого объекта;
- 2) вставку используют только на время изготовления объекта, а затем удаляют (подприём к приёму 34).

*Пример.* При изготовлении тонкостенных трубок из нихрома волочение на последних операциях доводки осуществляют на деформируемом алюминиевом стержне, который после обработки удаляют вытравливанием щелочью.

45. БИ-принцип.

Использование двух однотипных объектов с разными характеристиками.

*Пример.* Измерение концентрации и молекулярного веса реагирующих жидкостей осуществляют с помощью двух вибрационных вискозиметров, работающих на разных частотах.

46. Применение взрывчатых веществ и термитов.

Выполнять операции перемешивания и нагревания труднодоступных объектов с помощью взрывчатых веществ и термитов.

*Пример.* Анкерное устройство для линий электропередач, радиомачт и т. д. помещают на необходимую глубину буровой установкой и подрывают заряд взрывчатки, находящийся в устройстве, который создаёт полость в грунте и прочно закрепляет в этой полости раздвижные лапы анкерного устройства.

*Пример.* Предложена свая, в остром наконечнике которой заложен заряд взрывчатого вещества с цементом. После забивки сваи заряд подбивается. Несущая способность сваи увеличивается.

47. Сборка на воде.

Чтобы при изготовлении цельнометаллической оболочки дирижаблей не использовать дорогостоящих приспособлений – стапелей и лесов, монтаж осуществляют на плавающем в водоёме понтоне.

48. «Мешок с вакуумом».

Чтобы сыпучий грунт в трюме судна не смещался при транспортировке, свободную поверхность груза покрывают эластичной проклад-

кой, герметизирующей грузовое пространство, в котором затем создают вакуум, обеспечивая прижатие за счёт атмосферного давления.

49. Диссоциация – ассоциация.

Этот приём можно рассматривать как разделение-объединение на молекулярном уровне.

*Пример.* В качестве рабочего тела для контуров бинарного цикла энергетической установки используют вещества, диссоциирующие при нагревании с поглощением тепла и рекомбинирующие при охлаждении с выделением той же порции энергии.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                       | 3  |
| 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ<br>И ТВОРЧЕСТВА.....                     | 4  |
| 1.1. Понятия о научном знании.....                                                  | 4  |
| 1.2. Методы научного познания.....                                                  | 10 |
| 1.3. Элементы теории и методологии научно-технического<br>творчества.....           | 17 |
| 1.4. Особенности теоретического исследования.....                                   | 21 |
| 2. ОБЗОР МЕТОДОВ ТВОРЧЕСТВА.....                                                    | 28 |
| 2.1. Характеристика творческой деятельности.....                                    | 28 |
| 2.2. Метод проб и ошибок.....                                                       | 29 |
| 2.3. «Мозговой штурм».....                                                          | 30 |
| 2.4. Синектика.....                                                                 | 32 |
| 2.5. Морфологический анализ.....                                                    | 36 |
| 2.6. Метод контрольных вопросов.....                                                | 39 |
| 2.7. Метод фокальных объектов.....                                                  | 42 |
| 2.8. Метод «Патенты природы».....                                                   | 43 |
| 3. ОСНОВЫ ТРИЗ.....                                                                 | 47 |
| 3.1. Изобретательская задача.....                                                   | 47 |
| 3.2. Техническая система.....                                                       | 49 |
| 3.3. Закон полноты частей технической системы.....                                  | 50 |
| 3.4. Закон энергетической и информационной проводимости<br>технической системы..... | 52 |
| 3.5. Закон вытеснения человека из технической системы.....                          | 53 |
| 3.6. Закон повышения степени идеальности технической системы.....                   | 54 |
| 3.7. Закон повышения динамичности технической системы.....                          | 55 |
| 3.8. Закон этапного развития технических систем.....                                | 56 |
| 3.9. Использование полей в технических системах.....                                | 59 |
| 3.10. Противоречия в технике.....                                                   | 60 |
| 3.11. Типовые приёмы устранения технических противоречий.....                       | 62 |
| 3.12. Принципы разрешения физических противоречий.....                              | 68 |
| 3.13. Вепольный анализ.....                                                         | 70 |
| 3.14. Алгоритм решения изобретательских задач.....                                  | 78 |
| Библиографический список.....                                                       | 83 |
| Приложение..... - .....                                                             | 84 |

Учебное издание

*Пелипенко Виктор Николаевич*

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА

Учебное пособие

Технический редактор *З.М. Малявина*

Корректор *Г.В. Данилова*

Вёрстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 29.12.2010. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 6,0. Уч.-изд. л. 5,6.

Тираж 100 экз. Заказ № 1-50-10.

Тольяттинский государственный университет

445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14