

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

О.Б. Шамина

ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

2012

УДК 62.001.5
ББК 30.1:1
Ш 19

Ш 19

Шамина О.Б.

Теория решения изобретательских задач. Конспект лекций / О.Б. Шамина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 79 с.

В пособии дано описание наиболее распространенных методов, позволяющих активизировать мышление. Основное внимание уделено теории решения изобретательских задач. Приведен пример использования пакета прикладных программ «ИМ–Стандарты».

Конспект лекций предназначен для студентов старших курсов, обучающихся по программе элитного технического образования, интересующихся методами активизации творческой деятельности и поиска новых технических решений.

УДК 62.001.5
ББК 30.1:1

Рецензент

зав. кафедрой ТиЭФ, проф., д.ф.-м. наук

В.Ф. Пичугин

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет», 2012
© Шамина О. Б., 2012

ЛЕКЦИЯ 1. ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ПЕРЕБОРА ВАРИАНТОВ

Современный инженер должен обладать достаточно серьёзным набором системных компетенций, при этом важную часть его работы составляют:

- определение и оценка новых технических задач;
- понимание того, как люди будут применять разработанные им приборы и устройства;
- предвидение эффекта, который вызовет появление в продаже нового устройства.

Таким образом, деятельность инженера зависит от нужд общества, признания полезности изобретений и того, как эти изобретения помогают людям.

Традиционно основным смыслом инженерной деятельности считается проектирование и создание технических систем (ТС), но в последнее время значимость работ по допроектному и проектно–производственному снижению факторов расплаты (брак, аварии, загрязнение окружающей среды) стала превалировать над значимостью собственно проектирования.

За рубежом в квалификации инженера ценятся знания и навыки по обеспечению связей производства с рынком (экономика, маркетинг, психология, социология). И если сегодня на рынке труда пока ещё востребован инженер, который может обойтись традиционными методами проектирования и создания техники, то в будущем такой специалист будет беспомощен без владения методами анализа и прогнозирования ситуации. Отсюда, способы снижения факторов расплаты вкуче с изобретательством становятся важнейшей составляющей подготовки инженера XXI-го века.

В XIX веке француз Рибо провел исследования зависимости уровня воображения от возраста человека. Оказалось, что пик воображения приходится на юный возраст от 12 до 15 лет (рис. 1).

Психологи приложили огромные усилия для анализа того качества, которое называется потребностью к творчеству или изобретательностью. Считается, что способность к изобретательству, в свою очередь, зависит от:

- наследственности;
- окружающей среды;

- ранее полученного общего развития;
- уровня научно–технической подготовки.

Вопрос об изобретательности аналогичен постановке вопроса о том, является ли интеллект врожденным или приобретенным. В качестве доказательства преобладающего влияния наследственности



Рис. 1. Зависимость уровня воображения от возраста человека

Г. Дж. Айзенк¹ приводит результаты исследований, проведенных в США и Великобритании, которые показали, что если близнецы или двойни в раннем возрасте были разлучены и росли в разных условиях, тем не менее, остается явная тенденция к тому, что близнецы гораздо более похожи друг на друга, чем двойни.

В экспериментах с близнецами и двойнями наследственность была одинаковой, а окружающая среда изменялась. При изучении детей из сиротских приютов, которые попали туда вскоре после рождения, и жизнь которых протекала в условиях практически идентичных, было обнаружено, что интеллект является таким же разнообразным, как и у обычных детей, имеющих разнообразные условия жизни.

Психологами проводились самые различные исследования с целью определить наиболее характерные черты изобретателей. В результате были установлены следующие закономерности.

¹ Г. Дж. Айзенк – автор книги «Know your own IQ», профессор, доктор философии по психологии; после работы в качестве психолога в военном госпитале Милл Хилл он был назначен профессором психологии Лондонского университета и директором отделения психологии в институте психиатрии (госпиталь Модсли и Бетлем).



Рис. 1.5. Джим Уоррен
Война и мир

◀ Существует значимая зависимость между коэффициентом умственного развития IQ^2 и изобретательностью, но пределы умственного развития не обязательно накладывают ограничения на способность к изобретательству (необходимо выполнение условия $IQ > IQ_{min}$, далее пропорциональной зависимости не наблюдается).

◀ По шкале «рассудочность – восприимчивость», предложенной доктором Юнгом (США), восприимчивые люди (в отличие от людей рассудочных) более склонны к изобретательству. Рассудочный человек в новой ситуации быстро решает, хорошо это или плохо и как должно быть. Какова вещь или явление, каково её действие, как устроен механизм – все это у рассудочной личности не вызывает никакого интереса. Юнг делает вывод, что к изобретательству более склонны люди, полагающиеся на свою интуицию, и, как ни странно, выносящие суждения, основанные на чувствах, а не на размышлении.

Восприимчивость напрямую связана с наблюдательностью и визуальным восприятием, которое можно и нужно развивать через систему уроков живописи, рисования. Тренировать наблюдательность – значит внимательно смотреть на вещи, на то, как они действуют, отыскивать скрытые элементы и функции. Один из таких способов – описание окружающей среды на некоторой воображаемой планете. Метод предложен профессором Стэнфордского университета Дж. Арнольдом. Правда, идея эта не нова – в «Занимательной физике» Перельмана вы без труда найдете подобные задачи.

² IQ – intelligent quotient (коэффициент интеллекта), определяется как отношение ментального возраста к хронологическому.

ЭВРИСТИКА

Давно было подмечено, что после решения задачи часто становится видимым тот путь, по которому следовало идти. Соответственно также давно возникла мысль о необходимости упорядочения поисков и создании науки о решении творческих задач.

Термин «эвристика» появился в «Математическом сборнике» греческого математика Паппа, жившего в 3-м веке н. э., – так Папп называл науку о том, как делать изобретения и открытия. В создание эвристики свой вклад внесли Декарт, Лейбниц, Больцано, Пуанкаре. В России эвристикой занимался П.К. Энгельмейер – русский инженер и философ техники.

Создатели и последователи эвристики ставили своей целью найти универсальные правила для всех видов творчества, но в течение семнадцати веков таких правил создать не удалось. Во-первых, ставилась слишком общая цель, во-вторых, производство изобретений хотя и шло медленно, но вполне удовлетворяло спрос, и, в-третьих, техники ничего общего не желали иметь с психологией, полностью игнорируя психологические особенности творчества, а психологи не учитывали закономерностей развития науки и техники. Все попытки создать какую-либо схему были подобны высказыванию Юлия Цезаря, завоевавшего Вифинию: «*Veni. Vidi. Vici*»: «*Пришел. Увидел. Победил*».

В 1944 г. американский математик Д. Пойа писал об эвристике: «...так называлась не совсем четко очерченная область исследований, относимая то к логике, то к философии, то к психологии. Она часто охарактеризовывалась в общих чертах, редко излагалась детально и, по существу, предана забвению в настоящее время».

Возникновение кибернетики и создание ЭВМ позволили осуществлять невиданный перебор вариантов, и на время об эвристике забыли, но, в конце концов, такой способ оказался нерациональным, и в 50-е годы опять вспомнили об эвристике и необходимости отбора вариантов по определенным признакам.

Фонд эвристических приемов на сегодняшний день составляет порядка 140 различных модификаций.

Более подробно работа с фондом эвристических приёмов описана в книге А.И. Половинкина «Законы строения и развития техники».



Рис. 2.2. Математический сборник Паппа. Титульный лист

МЕТОД МОЗГОВОГО ШТУРМА

Перебор вариантов долгое время считался единственно возможной технологией изобретательства. В 1953 году Алекс Осборн предпринял попытку усовершенствовать метод проб и ошибок – разделить процесс генерации идей и их анализ, создав метод мозгового штурма (brainstorming). Существует несколько десятков разновидностей этого метода, однако в них нет той простоты и лёгкости, которые изначально присутствуют в идее чистого мозгового штурма.

Мозговой штурм (мозговая атака) – психологический метод, но его автор, Алекс Осборн, не был психологом: венцом его пестрой карьеры стала работа в крупной рекламной фирме, где Осборн, стараясь найти новые идеи для рекламы, создал и применил метод мозгового штурма.

В основе метода лежит понимание того, что процесс генерирования идей необходимо отделить от процесса их оценки. При обсуждении вариантов решения задачи многие люди не осмеливаются высказать неожиданные идеи, опасаясь насмешек и отрицательного отношения к себе. Если же неожиданные предложения все-таки высказываются, другие участники обсуждения зачастую подвергают их уничтожающей критике, и идеи гибнут, не получив развития.

Дело в том, что по складу ума и типу характера люди делятся на фантазеров и скептиков. Разумеется, деление является весьма условным, но, тем не менее, в группу генераторов идей можно отобрать «почти фантазеров». Такой отбор плюс запрет на критику, установка подхватывать и развивать любые высказывания создают благоприятные условия для появления смелых и нетривиальных идей.

Осборн предложил вести генерирование идей в условиях, когда критика запрещена; наоборот, поощряется всякое предложение, даже шуточное или явно нелепое. Для этого отбирают небольшую и, по возможности, разнородную группу (6–8 человек) «генераторов идей». В эту группу **не включают** руководителей, а сам процесс генерирования стараются вести в непринужденной обстановке. Высказанные предложения



записываются, и полученный материал передается группе экспертов для оценки и отбора перспективных идей.

Исторически предшественником мозгового штурма является «корабельный совет», который был известен со времен великих географических открытий и расцвета морских путешествий. В сложных обстоятельствах ка-

питан собирал команду и предоставлял слово всем, начиная с юнги: таким образом капитан обеспечивал себе банк идей ещё задолго до того, как брал слово.

В основе самой идеи мозгового штурма лежит философская концепция З. Фрейда. По Фрейду сознание человека представляет собой тонкое и непрочное наложение над бездной подсознания. В обычных условиях мышление и поведение человека определяются, в основном, сознанием, в котором властвуют контроль и порядок. Но сквозь тонкую границу сознания то и дело прорываются стихийные силы и инстинкты, бушующие в подсознании: они толкают человека на нелогичные поступки и нарушение запретов и норм. Поскольку для генерирования идей приходится преодолевать психологическую инерцию, обусловленную привычными представлениями о возможном и невозможном, то необходимо создание условий для прорыва иррациональных идей из подсознания.

Если представить все поле поисков в виде плоскости, то метод проб и ошибок будет выглядеть так, как показано на рис. 2, а метод мозгового штурма – как на рис. 3.

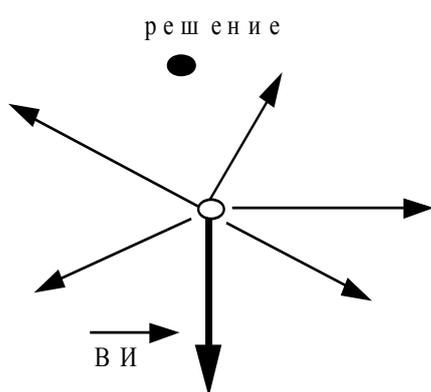


Рис. 2. Поле поисков по методу проб и ошибок

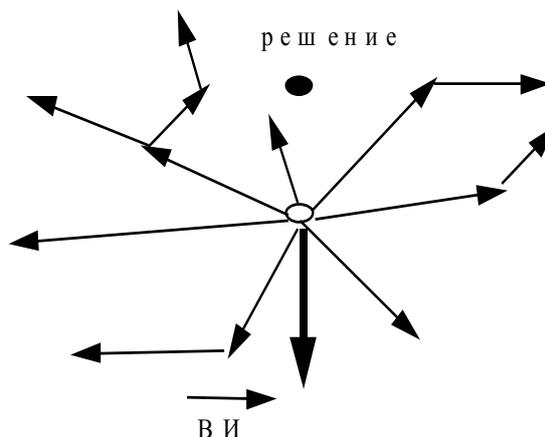


Рис.3. Поле поисков по методу мозгового штурма

Как видно из рисунков, мозговой штурм мало отличается от метода проб и ошибок – сохраняется все та же **бессистемность поиска**. Здесь В И – это вектор психологической инерции, как правило, он направлен в сторону, противоположную решению задачи.

ЛЕКЦИЯ 2. ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ПЕРЕБОРА ВАРИАНТОВ (продолжение)

СИНЕКТИКА

*Необходимо величайшее умение,
чтобы быть мастером метафор.
Аристотель*

Сила мозгового штурма состоит в запрете на критику. Но, с другой стороны, для развития и видоизменения идеи нужно выявить её недостатки, т.е. критика всё-таки нужна. Уильям Гордон (США) преодолел это противоречие путем формирования специально обученных групп. Участники этих групп постепенно привыкают к совместной работе, перестают бояться критики, со временем накапливается опыт решения задач. Таким образом, Гордону удалось одновременно упорядочить процесс решения задачи и сохранить стихийность, присущую мозговому штурму.

Теоретические основы синектики, как и других методов активизации перебора вариантов, несложны. По мнению Гордона, творческий процесс познаваем и поддается усовершенствованию. Гордон считает необходимыми предварительное обучение, использование определенной организации процесса решения и специальных приемов.

По Гордону существуют два вида механизма творчества:

- неоперационные процессы (т.е. неуправляемые) – интуиция, вдохновение и т. д.;
- операционные процессы (использование разного вида аналогий).

Применение операционных механизмов обеспечивает повышение эффективности творчества и создает благоприятные условия для проявления неоперационных механизмов. Многие зависят от понимания задачи, т. к. первоначальные условия не всегда ясны.

Синектика в переводе с греческого означает «совмещение разнородных элементов». Для творческого процесса по Гордону важно умение превращать непривычное в привычное и, наоборот, привычное – в непривычное. Речь идет о том, чтобы за новой (а потому непривычной) проблемой увидеть нечто знакомое и, следовательно, решаемое известными средствами. С другой стороны, очень важен свежий взгляд на то, что уже давно стало привычным.

Синектика – это мозговой штурм, проводимый с использованием аналогий, т. е. нахождение близкого по сущности решения путем последовательного нахождения аналогов (подобий) в различных областях знаний или исследование действий (поведения) объекта в измененных условиях, вплоть до фантастических.

На рис. 4 представлены виды аналогий, которые могут быть использованы при решении задач методом синектики.

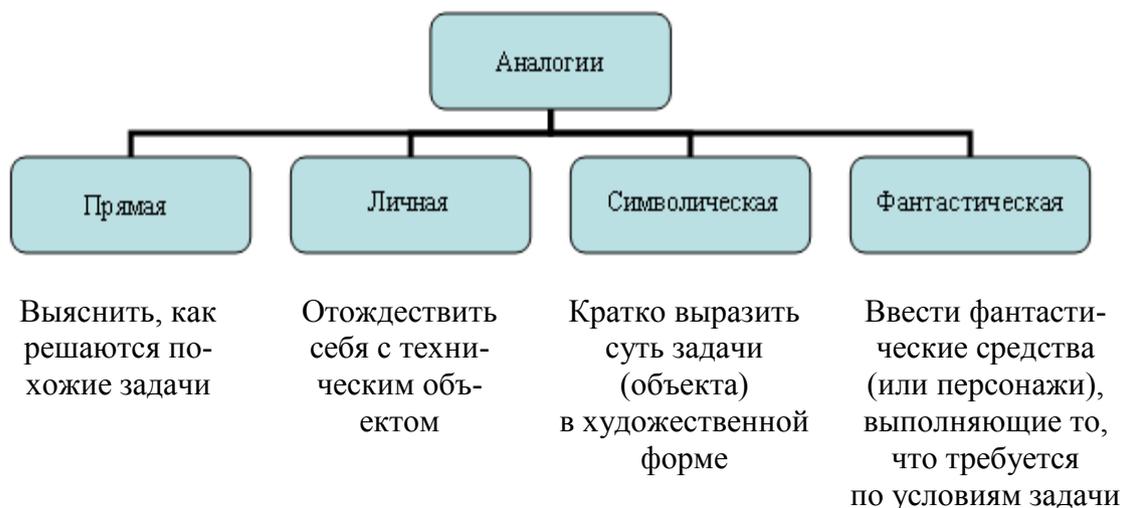


Рис. 4. Виды аналогий

При рациональном поиске аналогов по совету американского математика А. Пойа следует задать себе следующие вопросы:

- Не встречалась ли раньше эта задача, хотя бы в несколько другой форме? Известна ли какая-нибудь родственная задача?
- Надо понять, что есть неизвестное в задаче и постараться вспомнить знакомую задачу с тем же или подобным неизвестным.
- Есть задача, родственная данной и уже решенная. Нельзя ли воспользоваться ею? Нельзя ли применить ее результат?
- Если не удастся решить данную задачу, надо попытаться сначала решить сходную. Нельзя ли придумать другую сходную задачу? Аналогичную?

1. ПРЯМАЯ АНАЛОГИЯ

Прямая аналогия означает поиск любой аналогии – технической, природной, общекультурной, т.к. почти каждой новой задаче можно найти аналогичную, уже решенную. Тогда решение появляется в результате подбора уже готового технического объекта или обнаружения подобия между объектами, которые и «во сне никогда рядом не приснятся».

Поиск **технических аналогов** может вестись:

- в близких отраслях техники;
- в ведущих отраслях техники – в условиях поставленной задачи;
- в отраслях техники, в которых накоплен большой опыт решения аналогичных задач;
- в отраслях техники, в которых похожие задачи решаются в более жестких условиях.

Аналогия по внешней форме – находится аналог рассматриваемого предмета по внешнему виду, или вновь создаваемый объект по внешнему виду делается подобным какому-либо другому (например, рабочий стол ПК и обычный рабочий стол).



Компонентная (структурная) аналогия – выяснив примерную структуру устройства объекта, надо искать аналогичные структуры объектов в окружающем мире, которые бы наилучшим образом повторяли взаимодействие перечисленных компонентов (например, атомарная структура вселенной).

Функциональная аналогия – следует определить, какие функции должен выполнять рассматриваемый объект, а потом искать, кто или

что в окружающем мире выполняет такие же или близкие функции (в технике, в природе, в искусстве и пр.).

Аналогия по ситуации – поиск по различным фазам положения или состояния явлений и предметов (вода одновременно может быть и мягкой – в жидком состоянии, и твердой – лёд).

Аналогия по свойствам – необходимо дополнительно отвечать на вопросы: какой? какая? какое? (например: мяч – какой? Резиновый. Аналогия: соска, калоша, купальная шапочка. Упругий. Аналогия: зонт, ветер, струя).

Аналогия на основе метода ассоциативных гирлянд и гроздей – гирлянды (грозди) формируются в виде списка – от исходного слова тянется цепочка \ цепочки аналогий, но каждая новая ассоциация находится не по первому, а по последнему слову. Можно строить коллективную или индивидуальную гирлянду. Затем рассматриваются свойства объектов, включенных в гирлянду (гроздь). Лучшее пробуют применить по отношению к совершенствуемому объекту.

2. ЛИЧНАЯ АНАЛОГИЯ

Личная аналогия (эмпатия) – наиболее сильный вид аналогии. В основе эмпатии лежит принцип отождествления себя с рассматриваемым или представляемым объектом. Решающий задачу человек вживается в образ объекта, пытаясь выяснить возникающие при этом чувства, ощущения. Главный смысл эмпатии – войти в роль кого-либо или чего-либо. Для того, чтобы изменить, улучшить что-то, необходимо понять как внутренние связи и взаимодействие частей технической системы, так и понять взаимоотношения системы с окружающими предметами.

Частный случай личной аналогии (ЛА) – моделирование маленькими человечками (ММЧ). ММЧ позволяет наглядно увидеть и почувствовать природные явления, характер взаимодействия предметов и их элементов, испытать на себе, что чувствует моделируемый объект. Нужно представить себе, что всё окружающее состоит из множества маленьких человечков (не веществ, не микробов, не атомов). Человечки могут думать, производить какие-то действия, вести себя по-разному: у них разные характеры и привычки, они подчиняются разным командам. Можно поставить себя на место этих человечков, чтобы

лучше почувствовать и понять строение объекта через действия, ощущения и взаимодействие между собой.

3. СИМВОЛИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ

Символическая аналогия – это своеобразный поэтический образ объекта, метафора, раскрывающая свойства объекта. Русский язык начинен метафорами: у пилы – зубы, у стульев – ножки, у загадок – ключи, у мозга – полушария, компьютерные программы бывают дружественными. Символическая аналогия – это прием «размораживания слов и способов понимания», когда объект определяется через парадоксальную форму метафоры. Умение обозначить реальный объект через образ, символ, знак позволяет выявить явные и скрытые свойства объекта, его достоинства и недостатки.

Обычно такая аналогия составляется из двух слов: прилагательного и существительного, причем, по смыслу они должны противоречить, отрицать одно другое. Например: мрамор – радужное постоянство, застывшее непостоянство; облако: легкая тяжесть, воздушная вода, непрозрачная пустота. Старшим братом символической аналогии является *оксюморон* – стилистическая фигура, состоящая в объединении понятий парадоксальным образом и отнесении их к одному объекту («Цветы зла», «Горячий снег», «Живой труп», «Оптимистическая трагедия», «Без вины виноватые», «Очевидное–невероятное»).

При поиске решения к обозначению объекта подбирается символическая аналогия (метафора), выявляются скрытые смыслы метафоры, и уже на их основе выявляются скрытые (актуальные и потенциальные) свойства объекта.

4. ФАНТАСТИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ

Фантастическая аналогия предполагает изложение задачи в терминах и понятиях сказок, мифов, легенд. Нужно представить изменяемый объект таким, каким мы хотели бы его видеть в идеальном случае, без учета существующих ограничений и возможностей (отсутствие источников энергии, нарушение физических законов и пр.). Синекторы прибегают к помощи золотой рыбки, волшебной палочки, обученных животных и т. п. Использование фантастической аналогии позволяет отказаться от стереотипов, снять психологическую инерцию, пойти неизвестным ранее путем.

Руководитель синектического штурма поочередно напоминает о разных видах аналогий, предлагает использовать соответствующие приемы. Например, для применения символической аналогии ищут краткое название книги, в парадоксальной форме характеризующее суть задачи или объекта.

Синектика – предел того, чего можно достичь, сохранив принцип перебора вариантов.

МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

Чтобы правильно задать вопрос, нужно знать большую часть ответа.

Р. Шекли

Сократ в диалоге мог так искусно задавать вопросы, что его собеседнику ничего не оставалось, как, отвечая на них, приходиться к истине. Метод контрольных вопросов (МКВ) – один из методов психологической активизации творческого процесса, который позволяет более целенаправленно вести поиск решения задачи. Цель метода состоит в том, чтобы подвести к решению задачи с помощью наводящих вопросов. Изобретатель, отвечая на эти вопросы, анализирует свою задачу, при этом осознание проблемы идет более целенаправленно, системно. В практике изобретательской деятельности широкое распространение получили универсальные вопросники, составленные А. Осборном, Т. Эйлоартом, Д. Пирсоном, А. Пойа, Г. Я. Бушем и др. Это своего рода шпаргалки изобретателю, путеводные нити для его мысли. Эти списки можно применять и при проведении мозгового штурма.

Наибольшее распространение получил список А. Осборна, состоящий из 9-ти групп вопросов:

1. Какое новое применение техническому объекту Вы можете предложить? Возможны ли новые способы применения? Как модифицировать известные способы применения?
2. Возможно ли решение изобретательской задачи путем приспособления, упрощения, сокращения? Что напоминает Вам данный технический объект? Вызывает ли аналогия новую идею? Имеются ли в прошлом аналогичные проблемные ситуации, которые можно использовать? Что можно копировать? Какой технический объект нужно опережать?

3. Какие модификации технического объекта возможны? Возможна ли модификация путем вращения, изгиба, скручивания, поворота? Какие изменения назначения, функции, цвета, движения, запаха, формы, очертаний возможны? Другие возможные изменения?
4. Что можно увеличить в техническом объекте? Что можно присоединить? Возможно ли увеличение срока службы, продолжительности воздействия? Имеет ли смысл увеличить размеры, частоту, прочность, повысить качество? Можно ли присоединить новый ингредиент, продублировать? Возможны ли мультипликация рабочих органов, позиций или других элементов? Целесообразно ли преувеличение, гиперболизация элементов или всего объекта? (градиент – показатель какого-то свойства, обладающего возможностью возрастания или убывания, изменения).
5. Что можно в техническом объекте уменьшить или заменить? Можно ли что-нибудь уплотнить, сжать, сгустить, сконденсировать, применить способ миниатюризации, укоротить сузить, отделить, раздробить, приумножить?
6. Что в техническом объекте можно заменить? Что и сколько можно замещать в нем: использовать другой ингредиент, другой материал, другой процесс, другой источник энергии, другое расположение, другие цвет, звук, освещение?
7. Что можно преобразовать в техническом объекте? Какие компоненты допустимо заменить? Можно ли изменить модель, разбивку, разметку, последовательность операций? Можно ли поменять причину и эффект, изменить скорость или темп, режим?
8. Что можно в техническом объекте сделать наоборот? Нельзя ли поменять местами противоположно размещенные элементы или повернуть их задом наперед, низом вверх? Нельзя ли поменять полярность, перевернуть зажимы?
9. Какие новые комбинации элементов технического объекта возможны? Можно ли создать смесь, сплав, новый ассортимент, состав? Можно ли комбинировать секции, узлы, блоки, агрегаты? Можно ли комбинировать признаки, идеи?

Используется также система усовершенствованных методов, рекомендованная министерством внутренних дел США всем компаниям, фирмам и т.д. Предлагается ответить на вопросы типа: «Можем ли мы упростить операцию, совмещая ее с подобными действиями? Можем ли мы улучшить работу переменной последовательности?»

Один из наиболее полных и удачных списков вопросов при поиске новой идеи принадлежит английскому изобретателю *Т. Эйлоарту*. Полный список приведён ниже [11].

1. Перечислить все качества и определения предполагаемого изобретения. Изменить их.
2. Ясно сформулировать задачу. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные задачи и аналогичные задачи. Выделить главные.
3. Перечислить недостатки имеющихся решений, их основные принципы, новые предположения.
4. Набросать фантастические, биологические, экономические, молекулярные и другие аналогии.
5. Построить математическую, гидравлическую, электронную, механическую и другие модели (они точнее выражают идею, чем аналогии).
6. Попробовать различные виды материалов и энергии: газ, жидкость, твердое тело, пену, пасту и др., тепло магнитную энергию, свет, силу удара и т. п., различные длины волн, поверхностные свойства и пр.; переходные состояния – замерзание, конденсацию, переход через точку Кюри и т. п.; эффекты Джоуля–Томпсона, Фарадея и др.
7. Установить варианты зависимостей, возможные связи, логические совпадения.
8. Узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных в данном деле людей.
9. Устроить групповое обсуждение, выслушивая все идеи и воспринимая каждую без критики.
10. Попробовать «национальные» решения: хитрое шотландское, всеобъемлющее немецкое, расточительное американское, сложное китайское и пр.
11. Спать с проблемой, идти на работу, гулять, принимать душ, ехать, пить, есть, играть в теннис – все с ней!
12. Бродить среди стимулирующей обстановки (свалка лома, технические музеи, магазины дешевых вещей), просматривать журналы, комиксы.
13. Набросать таблицу цен, величин, перемещений, типов материалов и т. п. разных решений проблемы или ее частей, искать проблемы в решениях или новые комбинации.
14. Определить идеальное решение.

15. Видоизменять решение проблемы с точки зрения времени (скорее и медленнее), размеров, вязкости и т. п.
16. В воображении «залезть» внутрь механизма.
17. Определить альтернативные проблемы и системы, которые изымают определенное звено из цепи и, таким образом, создают нечто совершенно иное, уводя в сторону от нужного решения.
18. Чья это проблема? Почему его?
19. Кто придумал это первый? История вопроса. Какие ложные толкования этой проблемы имели место?
20. Кто ещё решал эту проблему? Чего он добился?
21. Определить общепринятые ограничительные условия и причины их установления.

Существует также список вопросов математика Д. Пойа, который отличается тем, что вопросы в нем составляют определенную систему (в других изобретательских списках вопросы можно менять местами). Список *Пойа* предназначен преимущественно для решения **учебных математических задач**.

МКВ является усовершенствованием метода проб и ошибок, т. к. каждый вопрос – это проба (или серия проб). При составлении списков авторы, естественно, отбирают из изобретательского опыта наиболее сильные вопросы. Поэтому МКВ сильнее обычного метода проб и ошибок, но отбор вопросов без понимания внутренней механики изобретательства приводит к накоплению в списках внешних, поверхностных вопросов. Поэтому областью применения МКВ являются задачи второго уровня, *когда основная идея уже сформирована, требуется лишь её «доводка»*.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД



Рис. 5.

Раймундо Луллий и его Арс магна

Прообразом морфологического метода можно считать «Ars magna» («Великое искусство») Раймундо Луллия. Основная идея «Великого искусства» состоит в том, что структура любого знания определяется небольшим числом изначальных понятий, комбинируя ко-

торые можно вывести все знания о мире.

Лулл строил приборы в виде концентрических окружностей. На каждой окружности были записаны основные понятия. При повороте окружностей относительно друг друга, можно было получать различные высказывания и суждения. Сохранились рисунки этих приборов («фигур»). В центре находился круг, посвященный Богу и обозначенный буквой А. Вокруг – две концентрические окружности, разделенные на 16 частей каждая. Части обозначены буквами В, С, Д, Е, ..., причем В – доброта, С – величие, Д – вечность, Е – мудрость и т.д. Вращая внутренний круг относительно наружного, можно получить 256 сочетаний, каждое из которых дает определенные сведения о Боге. Наиболее крупный прибор имел 14 окружностей. Диковинная машина как бы воплощала в себе некий всеобъемлющий ум, способный выразить в формализованных суждениях все, что можно знать обо всем на свете: она давала свыше 70 квадриллионов сочетаний...

В современной форме морфологический метод воссоздан швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки: в 30-е годы Цвикки интуитивно применил морфологический подход к решению астрофизических проблем и предсказал существование нейтронных звезд. В годы второй мировой войны, когда Цвикки привлекли к американским военным разработкам, морфологический анализ – уже вполне сознательно – был использован для решения технических задач. Цвикки получил несколько десятков новых вариантов ракетных двигателей и ракет, среди которых были решения, повторяющие немецкие ракеты ФАУ–1 и ФАУ–2.

В простейшем случае морфологический метод предусматривает построение двумерной морфологической карты: выбирают две важнейшие характеристики технической системы, составляют по каждой из них список всевозможных видов и форм, а затем строят таблицу, осями которой являются эти списки. Клетки такой таблицы соответствуют вариантам технической системы.

Например, требуется предложить новую упаковку для изделий. Строим таблицу, где по горизонтали записываем, например, 20 видов материалов (металл, дерево, картон и т. д.), а по вертикали указываем 20 видов форм (сплошная жесткая упаковка, сплошная гибкая упаковка, рейчатая упаковка, сетчатая и т. д.). Получится таблица, включающая 400 сочетаний, каждое из которых соответствует одному варианту. Можно ввести и другие оси, неограниченно наращивая число полученных вариантов.

Примерами морфологических таблиц могут служить периодическая система элементов Д.С. Менделеева, базы данных (станков, инструмента, оснастки и проч.) в САПР ТП и т. д.

В Уфимском авиационном институте была разработана морфологическая модель технологических принципов обработки металлов (табл. 1).

Таблица 1

*Морфологическая модель технологических принципов
обработки металлов*

№ признака	Признак	№ значения признака	Наименование альтернативных значений классификационных признаков
01	Вид изменения (преобразования) состояния вещества заготовки	01	Изменение формы
		02	Изменение объема
		03	Изменение свойств
		04	Изменение формы и объема
		05	Изменение формы и свойств
		06	Изменение формы, объема и свойств
02	Вид агрегатного состояния вещества заготовки, удаляемого в процессе обработки	01	Твердое
		02	Расплавленное
		03	Ионизированное
		04	Текущее
		05	Химически связанное
		06	Удаляемое вещество отсутствует
03	Физико–химический эффект, лежащий в основе процесса преобразования	01	Диффузия
		02	Эрозия
		03	Анодное растворение
		04	Гидравлический удар
		05	Спекание
		06	Электролиз растворов (расплавов)
04	Вид энергии реализации физико–химического эффекта	01	Тепловая
		02	Механическая
		03	Упругостная
		04	Электрическая
		05	Химическая
		06	Ядерная
		07	Электромагнитная
05	Характер подвода и распределения энергии в процессе преобразования	01	Точечный
		02	Линейный
		03	Поверхностный
06	Характер действия энергии во времени	01	Непрерывное
		02	Импульсное

№ признака	Признак	№ значения признака	Наименование альтернативных значений классификационных признаков
07	Вид физического состояния рабочей среды	01	Жидкое
		02	Газообразное
		03	Твердое
		04	Вязкое (текучее)
		05	Вакуум
08	Вид физического состояния инструмента	01	Твердое
		02	Жидкое
		03	Газообразное
		04	Вязкое (текучее)
09	Вид движения инструмента в процессе преобразования	01	Вращательное
		02	Поступательное
		03	Вращательно–поступательное
		04	Неподвижное
10	Вид движения предмета труда в процессе преобразования	01	Вращательное
		02	Поступательное
		03	Вращательно–поступательное
		04	Неподвижное

На первый взгляд может показаться, что построение таблиц позволяет охватить все мыслимые варианты. И, действительно, там, где требуются упорядочение и систематизация по заранее определённым признакам, морфологические таблицы позволяют это сделать наилучшим образом, но они остаются бессильными при поиске *принципиально новых* идей.

ЛЕКЦИЯ 3. ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ. ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Everything should be made as simple as possible, but not simpler...

A. Einstein

Эвристические методы активизации творческой деятельности, несмотря на своё разнообразие, сохранили технологию проб и ошибок, именно поэтому при решении сложных технических задач выбор **оптимального** решения оказывается затруднен.

В основе Теории Решения Изобретательских Задач (ТРИЗ), созданной Г.С. Альтшуллером, лежат системный подход и понимание объективных законов развития систем. Был проведён анализ большого фонда изобретений и выявлены закономерности, по которым «живут» и развиваются технические системы.

Развитие любой системы связано с возникновением противоречий, для разрешения которых разработаны **приемы, стандарты** и, позднее, **алгоритм решения изобретательских задач**.

Практика обучения показывает, что довольно часто сильные изобретения связаны с использованием эффектов, выходящих за пределы специальности решающего. Поэтому в рамках ТРИЗ были созданы **указатели** различных явлений и эффектов: физических, химических, геометрических.

При решении более сложных задач, в которых противоречие, мешающее осуществлению необходимого действия, скрыто и не содержится в самом условии, применяются как **законы развития технических систем** (ЗРТС), так и **алгоритм решения изобретательских задач** (АРИЗ). При работе по АРИЗ решающий планомерно, шаг за шагом анализирует и упрощает условия задачи, формулирует **идеальный конечный результат** (ИКР), выходит на ключевое противоречие, исследует его, определяет причины возникновения, – и разрешает при помощи инструментов ТРИЗ. Кроме того, АРИЗ содержит части по проверке решения, развитию полученного ответа, совершенствованию самого алгоритма и т.д.

Особый раздел ТРИЗ – *развитие творческого воображения* (РТВ). Курс РТВ расшатывает привычные представления об объектах, ломает жесткие стереотипы, что очень важно при решении изобретательских задач.

ТРИЗ – это не только инструмент, позволяющий инженеру, изобретателю прогнозировать проблемную ситуацию и целенаправленно вести поиск оптимального решения задачи, это ещё и инструмент для тонких, дерзких, высокоорганизованных мысленных операций.

РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Какую бы позу ни принимали естествоиспытатели, над ними властвует философия.

Ф. Энгельс

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Французский биолог XVIII в. Бонне писал: *«Все части, составляющие тело, настолько непосредственно, многообразно и многообразно связаны друг с другом в области своих функций, что они неотделимы друг от друга, что родство их предельно тесно и что они должны были появиться одновременно. Артерии предполагают наличие вен; функции как тех, так и других предполагают наличие нервов; эти предполагают в свою очередь наличие мозга, а последний – наличие сердца; каждое отдельное условие – целый ряд условий...».*

Современные машины и аппараты представляют собой совокупность элементов, находящихся друг с другом в особых отношениях и образующих сложную систему. Существует множество различных определений понятия «система», в том числе, описательное и конструктивное.

Описательное определение объясняет систему как совокупность объектов, причем свойства системы зависят от отношений между этими объектами.

В рамках **конструктивного определения** систему рассматривают как конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с определенной целью и в определенном временном интервале.

ТРИЗ оперирует понятием «техническая система». Системный подход позволяет осуществить выбор оптимального варианта уже на этапе проектирования технического устройства. Под *технической системой* в ТРИЗ понимается созданное человеком или автоматом физически существующее устройство для удовлетворения определенной потребности³.

ТРИЗ определяет основные признаки технических систем следующим образом:

- системы состоят из частей, элементов, то есть имеют структуру,
- элементы (части) системы имеют связи друг с другом, соединены определенным образом, организованы в пространстве и времени;
- системы созданы для каких-то целей, то есть выполняют полезные функции;
- каждая система в целом обладает каким-то особым качеством, не равным простой сумме свойств составляющих ее элементов, иначе пропадает смысл в создании системы (цельной, функционирующей, организованной).

Отсутствие хотя бы одного из перечисленных признаков не позволяет считать объект технической системой⁴.

2. КРИТЕРИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Развитие любой технической системы определяется соответствующими критериями развития [16], которые можно разделить на четыре группы:

- функциональные;
- технологические;
- экономические;
- антропогенные.

Под *функциональными критериями* понимаются те критерии, которые непосредственно отвечают назначению системы. Другими словами, это эксплуатационные характеристики технической системы, например: скорость, высота полета, дальность стрельбы, точность позиционирования робота, количество позиций смены инструмента и т. д.

³ В свое время Витрувий утверждал: «Машина есть деревянное приспособление, которое оказывает большую помощь при поднятии тяжести».

⁴ Подробнее см. [16].

Технологические критерии позволяют оценить возможности изготовления данной технической системы (материалоемкость, энергоемкость, степень автоматизации и т. д.).

Технологические критерии тесно связаны с **экономическими критериями**, определяющими затраты на изготовление, проектирование, эксплуатацию, ремонт.

По **антропогенным критериям** можно оценить удобство и безопасность создаваемой системы для человека – это дизайн, эргономичность, экологичность.

Основным законом развития техники является **закон улучшения одних критериев и не ухудшения при этом других**.

Технические системы (независимо от своего назначения) последовательно проходят в своем развитии три этапа: медленное нарастание, быстрый лавинообразный рост и стабилизация одной из главных эксплуатационных характеристик системы.

Кривая, построенная в осях координат, где по вертикали откладывается численное значение одной из эксплуатационных характеристик, а по горизонтали – «возраст» технической системы или затраты на ее развитие, получила название S-образной линии жизни технической системы. S-кривая является иллюстрацией качественного развития технической системы (рис. 6).

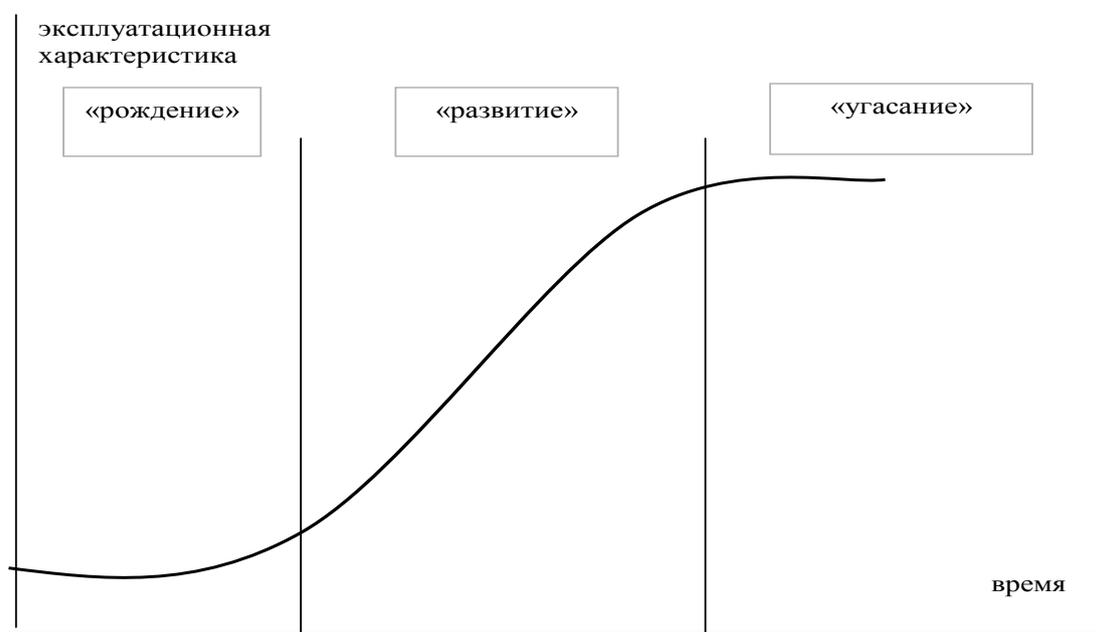


Рис. 6. Линия жизни технической системы

Первый этап – медленный рост и становление системы («рождение» и «детство» системы).

Второй этап – период интенсивного развития технической системы: характерной чертой данного этапа развития становится активная экспансия новой системы – она «вытесняет» другие, устаревшие системы из экологических ниш, порождает множество модификаций и разновидностей, приспособленных для разных условий.

Третий этап – «старость» и «смерть» технической системы. Основным содержанием этапа является стабилизация параметров системы. Некоторое улучшение эксплуатационных характеристик еще наблюдается в начале этапа, но затем параметры остаются на прежнем уровне, несмотря на то, что вложения сил и средств растут. Резко увеличиваются сложность, наукоемкость системы, даже небольшое улучшение параметров требует, как правило, очень серьезных исследований. Другими словами, наблюдается кризис системы, создающий предпосылки для появления новой системы (надсистемы по терминологии ТРИЗ).

Существует ещё и четвертый этап – коренное изменение системы, переход на новый уровень развития.

На всех четырех этапах развития технической системы действуют свои законы и закономерности.

ЛЕКЦИЯ 4. ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (продолжение)

ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Толковый словарь русского языка трактует закон как необходимые, устойчивые, повторяющиеся отношения между явлениями, процессами в природе и обществе. Законы бывают универсальные, общие и частные. Универсальные законы справедливы для любых систем независимо от их природы, общие справедливы для многочисленных групп систем, а частные – только для определенного вида систем.

Законы развития технических систем, на которых базируется ТРИЗ, впервые сформулированы Г.С. Альтшуллером в книге «Творчество как точная наука», к ним относятся:

- закон полноты частей системы;
- закон энергетической проводимости;
- закон согласования ритмики частей системы;
- закон увеличения степени идеальности системы;
- закон неравномерности развития частей системы;
- закон перехода в надсистему;
- закон перехода с макроуровня на микроуровень;
- закон увеличения степени вепольности.

В дальнейшем был сформулирован еще один закон – увеличения степени динамичности систем.

Законы сгруппированы в три блока. Можно заметить определенную связь этих групп с моделью «рождения, развития и смерти» технических систем – S-образной кривой, которая использована Г.С. Альтшуллером для иллюстрации эволюционных процессов в технике.

На этапе становления («рождения») действуют **закон полноты частей системы** (необходимость наличия и минимальной работоспособности основных частей системы) и **закон энергетической проводимости системы** (необходимость обеспечения сквозного прохода энергии по всем частям системы).

Любая ТС является проводником и преобразователем энергии. Если энергия не будет проходить сквозь всю систему и обеспечивать её элементы, то есть «застрянет» где-то, то какая-то часть ТС не будет получать энергию, значит, не будет и работать. Энергия идет на обеспечение работы самой ТС (всех частей), на компенсацию потерь, на измерение (контроль) параметров работы частей системы. Таким образом, надо всегда стремиться к тому, чтобы ТС была не только хорошим провод-

ником энергии, но и обеспечивала бы минимальные потери энергии (потери при преобразовании, бесполезные отходы).

Этап развития связан с **законом согласования работы частей системы и законом идеальности**.

Закон согласования ритмики частей системы. Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование (или сознательное рассогласование) частоты колебаний (периодичности работы) всех частей системы. Хорошо работают, а значит и жизнеспособны только системы, в которых вид колебаний подобран так, чтобы части системы не мешали друг другу и наилучшим образом выполняли полезную функцию.

Закон увеличения степени идеальности системы. Под идеальной машиной (системой) в ТРИЗ понимается условный эталон, для которого вес, объем и площадь объекта, с которыми машина (система) работает, совпадают или почти совпадают с весом, объемом и площадью самой машины (системы). Идеальным же результатом считается тот, когда машины нет или почти нет, а результат достигается тот же, что и при работающей машине (системе).

Развитие систем идет неравномерно – чем сложнее система, тем неравномернее ее развитие, т. е. имеет место **закон неравномерности развития систем**, системное расхождение или рассогласование. В любой системе рано или поздно происходит расхождение темпов жизненных функций её элементов, что шаг за шагом дезорганизует всю систему и может вызвать угасание. Наступает кризис – это 3-й этап жизни технической системы. С точки зрения диалектики закон неравномерного развития есть принцип диалектической противоречивости сущности явлений, при этом внутренние противоречия являются источником развития явлений, процессов, техники, общества.

Неравномерность развития приводит к появлению административных, технических и физических противоречий. Возникает **проблемная ситуация**, которую можно определить как возникшее или назревшее:

- неудовлетворительное состояние элементов системы;
- неудовлетворительное взаимодействие элементов системы;
- неудовлетворительное взаимодействие системы и элементов внешней среды.

Если противоречие преодолевается (разрешается), то система развивается дальше, если нет, то происходит «угасание», т. е. замедление развития системы из-за того, что ресурсы системы исчерпаны. Преодоление противоречия может происходить по-разному:

- через увеличение степени динамичности системы (*закон увеличения степени динамичности*);
- через увеличение степени вепольности (*закон увеличения степени вепольности*);
- в результате перехода на микроуровень (*закон перехода с макроуровня на микроуровень*);
- через переход в надсистему (*закон перехода в надсистему*), когда система, исчерпав свои возможности развития, включается как часть в другую систему (надсистему).

Закон увеличения степени динамичности. «Жесткие» системы⁵, для повышения их эффективности должны становиться динамичными, то есть переходить к более гибкой структуре и к режиму работы, подстраивающемуся под изменения внешней среды.

На первых этапах развития ТС имеют обычно жесткие внутренние связи, в них отсутствуют подсистемы для изменения режима работы в зависимости от изменения внешних условий. Из-за этого ТС легко уязвимы, часто выходят из строя, недолговечны. Для механических систем первый этап адаптации начинается обычно с того, что жесткая связь (или конструкция) «ломается», вводятся шарниры, жесткие элементы заменяются на гибкие, на гидро- и пневмоконструкции, используются вибрация, периодическое изменение формы и т. д.

Для последующих этапов характерно введение обратной связи, использование физических и химических эффектов и явлений, замена систем и подсистем «идеальными» системами.

Закон увеличения степени вепольности. Понятие «веполь» подробно будет рассмотрено в следующей лекции. Там же будет приведена формулировка закона.

Закон перехода с макроуровня на микроуровень. На первых этапах ТС развивается на макроуровне – идет увеличение размеров и мощности действия рабочих органов систем. Возможности экстенсивного развития ТС изменений на макроуровне быстро исчерпываются, а рост массы, габаритов, энергоемкости ограничивается, например, физическими пределами. Поэтому переход на микроуровень неизбежен: необходим поиск дополнительных резервов энергии, выявление и использование новых (неизвестных на макроуровне) свойств материи, применение легкоуправляемых микрочастиц вещества.

⁵ Под жесткой системой в ТРИЗ понимается система с жесткими, неизменяемыми связями.

Другими словами, вместо колес, валов, шестеренок должны работать молекулы, атомы, ионы, электроны и т. д., которые легко управляются полями с помощью физико-химических эффектов.

Закон перехода в надсистему. Развитие системы, достигшей своего предела, может быть продолжено на уровне надсистемы.

Развитие техники в чем-то напоминает развитие жизни на Земле:

- объединение живых организмов во все большие надсистемы по цепочке: клетка – организм – популяция – экосистема – биосфера;
- совмещение функций (лист растения совмещает в себе функцию преобразователя солнечной энергии в химическую, функцию насоса, поддерживающего давление в капиллярах, функцию регулятора температуры, функцию кладовой питательных веществ);
- свертывание систем с полезной функцией в идеальное вещество (например, система передачи наследственной информации сначала была отработана на клеточном уровне, а затем свернулась в генетический аппарат).

Но есть и принципиальные отличия. Наиболее близкими прототипами современной техники могут быть лишь очень древние организмы да некоторые самые простые подсистемы ныне существующих животных. О прямой аналогии биологических и технических законов говорить нельзя, есть лишь некоторые общие черты, характерные для развития любых систем.

Американский биолог К. Саган приводит (Драконы Эдема, М.: Знание, 1986, с.28) такой пример: *«Каждый из Викингов – космических аппаратов, опустившихся на Марс в 1976 году, имел в своих компьютерах заранее запрограммированные инструкции объемом в несколько миллионов битов. Таким образом, Викинг обладал несколько большей генетической информацией, чем бактерия, хотя и значительно меньшей, чем водоросли»*. Космический робот Викинг по сложности, точности и эффективности работы можно сравнить, например, с бактерией, а с нормальной клеткой живого организма сравнивать надо, пожалуй, завод по сборке этих Викингов.

Познание и использование законов эволюции техники позволяет конструкторам и проектировщикам вести целенаправленный поиск оптимальных вариантов конструкций, что существенно снижает затраты на генерирование идеи и техническое воплощение проекта.

В качестве примера использования законов эволюции при проектировании технических систем можно привести тот факт, что специалисты General Motors разработали программы проектирования турбинных

лопатов, в которые была заложена возможность самосовершенствования методами дарвиновской эволюции – мутациями генетического кода и внутривидовой борьбой различных вариантов конструкций между собой.

ПРИМЕР ЭВОЛЮЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Можно считать, что любое достижение заведомо несовершенно, а любое несовершенство ценно лишь как зародыш совершенства, которое само является иллюзией.

М. Оукшот

Техническая система – как ансамбль музыкантов, как спортивная команда – хороша только тогда, когда все части играют согласованно, слаженно, подыгрывая друг другу. Поэтому усилия изобретателей сначала направлены на то, чтобы найти «формулу системы» – удачное сочетание частей. Это первый этап в жизни системы. Всего таких этапов, как уже было отмечено выше, четыре, на каждом этапе возникают свои задачи, и используются свои приемы решения этих задач. Рассмотрим последовательную смену этапов на примере «истории жизни» самолета.

На первом этапе изобретателей волновал вопрос: что такое летательный аппарат? Из каких частей он должен состоять: крылья плюс двигатель или крылья без двигателей (планер)? Какие крылья – неподвижные или машущие? Какой двигатель – мускульный, паровой, электрический или внутреннего сгорания? Наконец формула самолета была найдена: неподвижные крылья плюс двигатель внутреннего сгорания.

Начался второй этап развития системы – «исправление троек». Изобретатели совершенствовали отдельные части. Искали наилучшую форму и наиболее выгодное их расположение, подбирали лучшие материалы, размеры и т. д. – в конце второго этапа самолет приобрел знакомый нам вид.

И тут же начал терять его, потому что третий этап – это динамизация системы: части, которые были жестко соединены между собой, стали соединяться гибко, подвижно. Изобрели убирающиеся шасси и крылья, меняющие свою форму и площадь. У самолета появился подвижный нос. Изобретатели подняли в воздух машины вертикального взлета с поворотными моторами. Были запатентованы «разрезные» самолеты:

корпус делится на части, каждую из которых можно быстро разгрузить и загрузить.

Четвертый этап – этап самоуправляемых систем, о нем можно судить по ракетно-космическим аппаратам, умеющим перестраиваться в процессе работы: сбрасывать отработанные ступени, на орбите раскрывать крылья с солнечными батареями, отделять спускаемый аппарат.

При переходе от поколения к поколению происходят определенные изменения, которые имеют отношение к показателям (потребительским свойствам) и конструкции технического объекта (ТО). Анализ конструктивной эволюции различных ТО показывает, что основная и характерная причина перехода к следующему поколению заключается в устранении главного дефекта \ дефектов в существующем поколении ТО. При этом главный дефект чаще всего связан с улучшением какого-либо критерия прогрессивного развития или нескольких критериев. Главный дефект, как правило, устраняется путем определенных закономерных изменений конструкции ТО.

◀ *«Внимательное изучение большого числа переходов от предшествующего поколения к последующему позволяет говорить об иерархическом исчерпании возможностей конструкции по улучшению критериев развития ТО, т. е. найденное и реализованное на практике новое техническое решение (структура) в последующих поколениях улучшается за счет изменения параметров. Это направление конструктивной эволюции продолжается до приближения к глобально оптимальным (для данной структуры) значениям параметров, после чего становится невозможным существенное улучшение критериев развития за счет изменения параметров. В этот период для данного класса ТО происходит микрореволюция – переход к новому, более совершенному техническому решению (ТР) в рамках одинакового с прежним принципа действия, т. е. в рамках данного ПД не находится более совершенного ТО... В этот период для данного класса ТО может снова произойти микрореволюция – переход к новому, более эффективному и прогрессивному принципу действия и т. д.» [9].*

ЛЕКЦИЯ 5. МЕТОДЫ РАЗРЕШЕНИЯ ПРОТИВОРЕЧИЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ. МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТРИЗ. ВЕПОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

ПРОТИВОРЕЧИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

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

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

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

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

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

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

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

ВЕПОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Каждое движение мысли должно быть точным и выверенным, как движение летчика, ведущего самолет.

Авиаконструктор А. Яковлев

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

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

В ТРИЗ для поиска новых технических решений используются модели технических систем, получившие название «веполь». Веполь (от слов ВЕщество и ПОЛе) – это минимальная структурная модель работающей технической системы, включающая изделие V_1 (которое надо менять, обрабатывать, перемещать, обнаруживать, контролировать и т. д.) и инструмент V_2 (осуществляющий необходимое действие и приводящий к возникновению технического противоречия), а также внешнее поле Π (сила либо энергия их взаимодействия). Эта модель имеет свое графическое изображение (рис. 3.2).

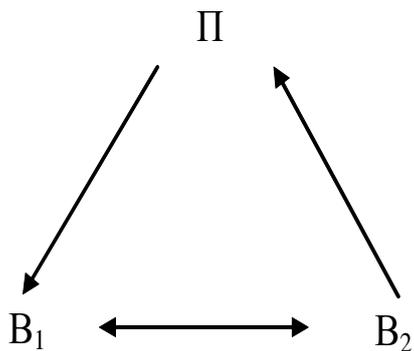


Рис. 3.2. Вепольная модель

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

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

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

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

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

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

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

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

T – тепловое поле (нагрев или охлаждение).

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

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

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

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

Большинство упомянутых полей связано со «своими» веществами:

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

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

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

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

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

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

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

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

▼ *«Форсирование» веполя*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЛЕКЦИЯ 6. ПРИЁМЫ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

ТИПОВЫЕ ПРИЕМЫ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

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

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

Список приемов устранения технических противоречий:

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

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

13. Принцип «наоборот»:

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

14. Принцип сфероидальности:

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

15. Принцип динамичности:

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

16. Принцип частичного или избыточного действия:

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

17. Принцип перехода в другое измерение:

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

18.Использование механических колебаний:

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

19.Принцип периодического действия:

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

20.Принцип непрерывности полезного действия:

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

21. Принцип проскока:

- преодолевать вредные или опасные стадии процесса на большой скорости.

22.Принцип «обратить вред в пользу»:

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

23.Принцип обратной связи:

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

24.Принцип посредника:

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

25.Принцип самообслуживания:

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

26. Принцип копирования:

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

27. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности:

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

28. Замена механической схемы:

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

29. Использование пневмоконструкций и гидроконструкций:

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

30. Использование гибких оболочек и тонких пленок:

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

31. Применение пористых материалов:

- выполнить объект пористым или использовать дополнительные

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

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

32. Принцип изменения окраски:

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

33. Принцип однородности:

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

34. Принцип отброса или регенерации частей:

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

35. Изменение физико-химических параметров объекта:

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

36. Применение фазовых переходов:

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

37. Применение термического расширения:

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

38. Применение сильных окислителей:

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

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

39.Изменение степени инертности:

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

40.Применение композиционных материалов:

- перейти от однородных материалов к композиционным.

Позже неоднократно предпринимались попытки систематизации приемов по группам:

Приёмы разделения противоречивых требований в пространстве.

Приёмы разделения противоречивых требований во времени.

Приемы удовлетворения противоречивых требований изменением физико-химических параметров системы.

Приёмы снятия ФП за счет перехода в надсистему.

Приемы снятия ФП за счет перехода в подсистему.

Приемы снятия ФП за счет отказа от системы.

Приемы снятия ФП за счет перехода к антисистеме.

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

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

ЛЕКЦИЯ 7. СТАНДАРТЫ, ЭФФЕКТЫ В РЕШЕНИИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ. ФИЗИКА, ХИМИЯ, ГЕОМЕТРИЯ В ИЗОБРЕТЕНИЯХ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЭФФЕКТОВ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Человек, создавая свои первые технические системы, использовал в них макромеханические свойства окружающего мира. Это не случайно, так как научное познание природы началось исторически именно с механических процессов на уровне вещества.

Вещество с его внешними формами и геометрическими параметрами является объектом, непосредственно данным человеку в ощущениях. Это тот уровень организации материи, на котором она предстает перед человеком как явление, как количество, как форма. Поэтому каждый технологический метод воздействия соответствовал (и во многих современных технических системах сейчас соответствует) простейшей форме движения материи – механической.

С развитием техники все методы воздействия совершенствуются, но, тем не менее, в их соотношении можно проследить известные изменения. Механические методы в большинстве случаев заменяются более эффективными физическими и химическими: например, в добывающей промышленности вместо механического дробления руды и подъема ее на поверхность, получают распространение методы выщелачивания рудного тела и получение раствора металла с последующим его выделением химическим путем.

В обрабатывающей промышленности микротехнология приводит к революционным преобразованиям: сложные детали выращивают в виде монокристаллов, внутренние свойства вещества изменяют воздействием сильных электрических, магнитных, оптических полей; в строительстве использование фундаментальных свойств вещества позволяет отказываться от сложных и дорогих механизмов.

Например, только одно явление термического расширения позволяет создавать неломающиеся домкраты, строить арочные мосты в 5 раз быстрее (при этом отпадает необходимость в опалубке и подъемных механизмах). Прямо на месте строительства можно сделать несущую часть арочного моста высотой до 20 метров, накладывая друг на друга два стометровых металлических листа и помещая между ними асбесто-

вую прокладку. Нижний лист нагревают токами высокой частоты до 700 градусов, соединяют его с верхним и получают арку при остывании этого «пирога».

Чем объяснить эффективность микротехнологии? Здесь трудно различить вещество, являющееся орудием воздействия, и вещество, служащее предметом труда. Здесь нет инструмента непосредственного воздействия, рабочего орудия или рабочей части машины, как это имеет место при механических методах. Функции орудия труда выполняют частицы веществ – молекулы, атомы, участвующие в процессе. Причем сам процесс становится легко управляемым, так как мы можем воздействовать определенными полями на части системы, создавая соответствующие условия.

Переход от механических и макрофизических методов воздействия к микрофизическим позволяет значительно упростить любой технологический процесс, добиться при этом большего экономического эффекта, получить безотходные процессы. Надо только помнить, что безграничность возможностей научно–технической деятельности может успешно реализоваться лишь при соблюдении границ возможного в самой природе, которая ведет своё производство на тончайшем атомном уровне бесшумно, безотходно и полностью автоматически.

3.3.1. ФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

В сущности, все приемы прямо или косвенно физичны. Например, дробление на микроуровне становится диссоциацией–ассоциацией, десорбцией–сорбцией и т. п. Но в типовых приемах главное – комбинационные изменения. Физика либо проста (тепловое расширение), либо скромно держится на втором плане.

Мост между изобретательскими задачами и физикой еще не достроен, работа над указателем физических эффектов начата ещё в 70-е годы XX века и продолжается до сих пор.

Ниже приведены несколько примеров из «Указателя физических эффектов и явлений».

▼ *Центробежная сила инерции*

Центробежная сила инерции возникает, когда тело под действием центростремительной силы изменяет направление своего движения, при этом сохраняется энергия тела. Эта сила действует всегда только в одном направлении – от центра вращения.

Пример. А. с. 518 322: Способ шлифования криволинейных поверхностей движущейся абразивной лентой, отличающийся тем, что с

целью обеспечения возможности обработки выпуклых поверхностей, ленту прижимают к рабочей поверхности контактного копира центробежными силами.

На каждый элемент объема вращающейся вязкой жидкости действуют две силы: центробежная, пропорциональная ее плотности и сила тяжести, также пропорциональная той же плотности. Поэтому на форму параболического мениска плотность не влияет, т. е. любые жидкости будут иметь одинаковые формы.

Пример. А. с. 232 450: Способ изготовления изделий с параболической поверхностью, основанный на использовании вращения резервуара с жидкостью, отличающийся тем, что с целью снижения стоимости и повышения точности параболической поверхности, в качестве формовочного элемента используют жидкость с большим удельным весом, на которую наносят жидкость с меньшим удельным весом, затвердевающую при вращении резервуара.

▼ «Эффект памяти»

Некоторые сплавы металлов: титан – никель, золото – кадмий, медь – алюминий обладают эффектом памяти. Если из такого сплава изготовить деталь, а затем ее деформировать, то после нагрева до определенной температуры деталь восстанавливает в точности свою первоначальную форму. Из всех известных сейчас науке сплавов с памятью наиболее уникальными по спектру свойств являются сплавы из титана и никеля ТН (за рубежом они известны под названием *нитинол*). Сплавы ТН развивают большие усилия при восстановлении своей формы. Этим свойством воспользовались в Институте металлургии им. А.А. Бойкова. После того, как нитинолу дают запомнить сложную форму, изделие вновь превращается в плоский лист. На его поверхность наносят обычными приемами – с помощью проката, напыления, сварки взрывом или как-либо иначе слой любого другого металла или сплава. Металлический слоеный пирог после нагревания вновь превращается в деталь сложной конфигурации.

Таким способом можно создавать многослойные изделия любой формы, которые обычными приемами сделать никак нельзя. ТН сплавы легко обрабатываются, из них изготавливают всевозможные изделия: листки, прутки, поковки. Кроме того, эти сплавы сравнительно экономичны, устойчивы к коррозии, хорошо гасят вибрации. Из нитинола американцы изготавливают антенны для спутников. В момент запуска антенна свернута и занимает очень мало места. В космосе же, нагретая солнечными лучами, она принимает сложнейшие формы, приданные ей еще на Земле.

Перспективы для сплавов с памятью самые заманчивые: тут и тепловая автоматика, быстродействующие датчики, термоупругие элементы, реле, приборы контроля, тепловые домкраты, напряженный железобетон и многое другое.

▼ *Температурное расширение*

При температурном расширении или сжатии твердых тел развиваются огромные силы; этот эффект можно использовать в соответствующих технологических процессах.

Например, это свойство использовано в электрическом домкрате для растяжения арматуры при изготовлении напряженного железобетона. Принцип действия очень прост: к растягиваемой арматуре прикрепляют стержень из металла с подходящим коэффициентом термического расширения. Затем его нагревают током от сварочного трансформатора, после чего стержень жестко закрепляют и убирают нагрев. В результате охлаждения и сокращения линейных размеров стержня развивается тянущее усилие порядка сотен тонн, которое растягивает холодную арматуру до необходимой величины. Так как в этом домкрате работают молекулярные силы, он практически не может сломаться.

▼ *Фазовые переходы*

При фазовых переходах первого рода скачком изменяются плотность веществ и энергия тела; очевидно, что при этом *всегда* выделяется или поглощается конечное количество тепловой энергии. При фазовых переходах второго рода плотность и энергия меняются непрерывно, а скачок испытывают такие величины, как теплоемкость, теплопроводность; фазовые переходы второго рода *не* сопровождаются поглощением или выделением энергии.

Примером фазового перехода *второго рода* может служить переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние, переход ферромагнетика в парамагнетик при точке Кюри, переупорядочение кристаллов сплавов и др.

Характерным примером фазового перехода *первого рода* может служить переход вещества из одного агрегатного состояния в другое. В физике рассматривают четыре агрегатных состояния: твердое, жидкое, газообразное и плазменное. Нередко изменения агрегатного состояния вещества позволяют очень просто решать такие технические задачи, которые на первый взгляд кажутся почти неразрешимыми.

Например, как заполнить послойно емкость смешивающимися между собой жидкостями? А. с. 509275: Способ послойного заполнения емкости смешивающимися жидкостями путем последовательного ана-

лиза их, отличающийся тем, что с целью упрощения процесса, первую жидкость, налитую в емкость, замораживают, следующую жидкость наливают на верхний слой замороженной жидкости, а затем последнюю размораживают.

▼ *Резонанс*

Особую роль в колебательных процессах играет явление *резонанса* – резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, наступающего при совпадении частот собственных и вынужденных колебаний системы. Явление резонанса используется для интенсификации различных технологических процессов.

Примеры.

А. с. 508 543: Способ обработки металлических изделий, включающий нагрев до температуры отпуска с одновременным приложением механической вибрации. Способ отличается тем, что с целью предотвращения образования усталостных трещин и интенсификации процесса снятия внутренних напряжений в сварных изделиях, обработку ведут при местном нагреве зоны сварного шва с одновременной вибрацией всего изделия, осуществляемой в резонансном режиме с частотой, соответствующей частоте, используемой при его нагреве.

А. с. 271 051: Способ измерения массы вещества в резервуаре, например, жидкого, отличающийся тем, что с целью повышения точности и надежности измерения возбуждают механические резонансные колебания системы резервуар – вещество, измеряют их частоту, по величине которой судят о массе вещества.

А. с. 509 798: Способ испытания конструкций без разрушения материалов. В элементе конструкции возбуждают колебания на его собственной частоте и увеличивают эту частоту при определении усилий. С целью повышения точности длину колеблющейся части элемента ограничивают наложением дополнительных механических связей, после чего измеряют собственную частоту элемента под этой нагрузкой, и, сравнивая частоты, судят о величине начальных усилий.

▼ «Омагничивание» воды

Это словосочетание прочно вошло в изобретательскую практику. Неважно, что до сих пор нет четкого объяснения изменения свойств воды после наложения на нее магнитного поля. Важно, что применение этого эффекта позволяет интенсифицировать многие процессы.

Примеры.

А. с. 511644: Способ изготовления люминесцентного экрана путем осаждения люминофора из водной суспензии, содержащей силикат ка-

лия, отличающийся тем, что, с целью увеличения яркости свечения экрана, воду для приготовления суспензии предварительно пропускают через постоянное магнитное поле.

А. с. 423767: Способ обработки воды при подготовке строительной смеси, например, при производстве бетонных изделий. С целью повышения и стабилизации прочности изделий, на воду затворения воздействуют вращающимся магнитным полем с напряженностью 100–2000А при промышленной частоте электрического тока и скорости протекания воды 0,5–2,5 м/сек.

▼ Трение

Трение представляет собой силу, возникающую при относительном перемещении двух соприкасающихся тел в плоскости их касания. Ввиду зависимости сил трения от многих, порой очень трудно учитываемых факторов, предпочитают пользоваться феноменологической теорией трения, описывающей в основном факты.

Различают трение качения и трение скольжения. Феноменологическая теория трения базируется, в основном, на представлении о том, что касание твердых тел имеет место лишь в отдельных пятнах, где действуют силы диффузии, химической связи, адгезии и т.п.; при скольжении каждое пятно касания (так называемая фрикционная связь) существует в течение ограниченного времени. Сумма всех сил, действующих на пятна касания, усредненная по времени и по поверхности, носит название силы трения. Продолжительность существования фрикционной связи определяет такие важные величины, как износостойкость, температуру пограничного слоя, работу по преодолению сил трения. Характерно, что при трении наблюдаются значительные деформации пограничного слоя, сопровождающиеся структурными превращениями и избирательной диффузией: учет всех этих процессов затруднен из-за сильной зависимости их от температуры. Температура на пятнах касания возрастает очень быстро и может достигать несколько сот градусов.

Обычно сила трения качения, при котором основная работа затрачивается на деформацию материала при формировании валика перед катящимся телом, много меньше силы трения скольжения. Но как только скорость качения достигает скорости распространения деформаций, сила трения качения резко возрастает; поэтому при больших скоростях качения лучше использовать трение скольжения.

Сила трения покоя больше силы трения движения, и этот факт снижает чувствительность точных приборов. Заменить трение покоя трением движения – значит, уменьшить силу трения и как-то стабили-

зировать ее. Задачу можно решить, заставив трущиеся элементы совершать колебания.

Примеры.

В патенте США 3 239 283 задача решается выполнением втулки подшипника из пьезоэлектрического материала и покрытием ее электропроводящей фольгой. Пропуская переменный ток, под действием которого пьезоэлектрик вибрирует, ликвидируют трение покоя.

А. с. 350 577: Способ получения отливок, заключающийся в пропуске расплавленного металла через каналы, выполненные в теле оправки, отличающееся тем, что с целью совмещения процесса плавки и заливки металла, оправку поднимают к металлической заготовке и вращают, расплавляя заготовку теплом, выделяющимся в процессе трения.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Существует также множество *геометрических эффектов (ГЭ)*, которые или малоизвестны или фактически воспроизводят решения, уже известные в других областях техники. В «Указателе геометрических эффектов» разделы выполнены по принципу геометрическая форма – её технические функции. Сводная таблица, помещенная в конце «Указателя», выполнена по обратному принципу: техническая функция – реализующие её геометрические формы.

Необходимо подчеркнуть, что с помощью «Указателя ГЭ» можно найти основной принцип, идею решения, а не саму требуемую конструкцию со всеми подробностями. Важно понимать место ГЭ в информационном фонде ТРИЗ. В отличие от химических эффектов, позволяющих получить одни вещества из других с поглощением или выделением энергии, или физических эффектов, позволяющих преобразовывать один вид энергии в другой, ГЭ обычно перераспределяют уже имеющиеся потоки вещества и энергии.

Анализ патентного фонда показал, что геометрия в технических системах развивается не в сторону ещё большей геометрии, а в направлении синтеза с возможностью управления.

Следующее направление – вещественно–полевые ресурсы и ГЭ. Дело в том, что форма – изобретательский ресурс, который есть практически всегда и который чрезвычайно редко используется эффективно. С помощью формы удастся оптимально перераспределить потоки вещества и энергии, уже имеющиеся в технической системе или внешней среде. Далее следует синтез неклассических геометрических форм с физическими эффектами и т.д.

Приведем несколько показательных примеров

▼ *Сыпучие тела*

Сыпучие тела занимают промежуточное положение между жидкостями и твердыми телами. По сравнению с твердым телом они обладают значительно большей поверхностью, способной облегать рельеф (из-за подвижности частиц сыпучего тела). По сравнению с жидкостью сыпучие тела сохраняют форму (в определенных пределах).

При увеличении внешнего давления сыпучее тело, помещенное в замкнутый объем, приобретает свойство несжимаемости. Указанное свойство позволяет использовать сыпучее тело как наполнитель при обработке полых изделий для уменьшения деформаций (а. с. 523742, а. с. 770659).

Издавна для фиксации фигурных деталей столяры применяли мешочки, заполненные песком, через которые передавалось усилие зажима. Недавно для усиления подобных решений стали появляться изобретения, где частицам сыпучего тела придается свойство упругости за счет выполнения их из податливого материала (например, полистирола) или покрытия легкоплавким материалом (заполняющим пустоты между частицами при расплаве).

▼ *Щеточные конструкции*

Наиболее известная функция щеточных конструкций – хорошо регулируемое прилегание к фигурным поверхностям. Традиционные области применения: нанесение покрытий и очистка поверхностей, организация акустического, электрического, магнитного или иного контакта.

Развитая поверхность щеточных конструкций позволяет в несколько десятков раз увеличивать площадь поверхности теплообмена, что применяется как для увеличения теплоотдачи, так и для охлаждения⁶ (а. с. 315893, 509314, 1059407).

Щетка способна не только повторять изгибы взаимодействующей с ней поверхности, но и активно её обрабатывать. В.С. Салуквадзе изобрел и запатентовал иглофрезу, способную обрабатывать самые различные материалы: металлы, пластмассу, резину. При этом иглофреза никогда не «засаливается» (даже при обработке цветных металлов), позволяет снимать за проход 5 мм металла и отшлифовывать поверхность до высокого класса чистоты (а. с. 486521, 578949).

⁶ По одной из гипотез гребни на спинах динозавров служили для рассеивания избыточного тепла.

Соединяя пару щеток ворсом навстречу друг другу, можно получить простейшие быстроразъемные соединения (а. с. 245505, 329585, 530964). Возможно применение щеточных конструкций не только для соединения друг с другом, но и для захвата, фиксации и скрепления фигурных деталей разнообразной формы и габаритов.

Щеточные конструкции могут рассматриваться как один из способов динамизации и повышения гибкости.

▼ *Спирали*

В настоящее время спирали – самые патентуемые из всех классических геометрических форм.

Спираль Архимеда имеет некоторые замечательные свойства. Одно из них – расстояние между двумя последовательными витками спирали является величиной постоянной. Это свойство спирали используется в самоцентрирующихся патронах. Кулачок, выполненный по форме спирали Архимеда, позволяет преобразовать равномерное вращательное движение в равномерное возвратно-поступательное, т. к. величина радиус–вектора этой спирали пропорциональна углу поворота кулачка.

Винтовая линия с постоянным шагом образуется при наворачивании плоскости с нанесенной на ней прямой на круговой цилиндр. Такие линии применяются в винтовых конвейерах, шнеках, червячных прессах для плавного изменения шага по длине винта.

Задача полной автоматизации изготовления и сборки таких изделий, как корпус судна, автомобиля, реакторной колонны может быть решена путем крестообразной намотки синтетических жгутов, предварительно пропитанных синтетическими смолами, где для придания конструкции жесткости между слоями закладывается металлическая арматура.

Изготовление тел при помощи намотки обладает ещё одним преимуществом: нити ленты можно уже при формировании изделия укладывать по направлению главных механических напряжений в соответствии с картиной распределения усилий.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Доля изобретений с использованием химических эффектов в общей массе не столь высока, в то время как применение химических эффектов позволяет обеспечить качественно новый, более высокий уровень технических решений.

Например, металлизация поверхности (эффект образования–исчезновения вещества) позволяет улучшить свойства поверхности, по-

высить коррозионную устойчивость, регулировать коэффициент трения, способствовать упрочнению контакта запрессованных деталей, регенерировать изношенную поверхность изделий. С этой целью используют растворимые соли металлов, металлоорганические соединения (растворимые в неводных средах), оксиды металлов, летучие соединения металлов.

Восстановление производится реагентами (гипофосфитами в водных растворах, глицерином для оксидов, растворами натрия в жидком аммиаке) или электротоком на катоде. Управляют ходом процесса восстановления с помощью теплового или электрического поля.

Выделение металла в «объеме» тел позволяет получать металлодревесину (или металл в других пористых телах), фоточувствительные стекла (за счет обратимости распада – образования хлорида серебра).

Иногда бывает необходимо обеспечить «исчезновение» вещества, которое может происходить как физическим путем (испарением, расплавлением), так и физико-химическим или химическим связыванием (с возможным улетучиванием, испарением, растворением и т. д.).

Известно также, что большинство химических превращений связано с эффектами выделения или поглощения тепловой энергии (экзо- и эндотермические реакции). Выделение в форме механической энергии связано с выделением продуктов реакции в виде газа (пара) и повышением давления в замкнутой системе. Изменение давления в системе происходит за счет введения в состав технической системы геля, добавки некоторых полимеров, восстановления оксидов, при пенообразовании либо термораспаде металлоорганических соединений (металлоплакирующая смазка).

Процессы создания запаса тепловой энергии относятся к процессам поглощения тепла. В частности, при растворении некоторых солей в воде можно достичь достаточно низких температур.

Получение электрической энергии возможно за счет хорошо известных химических источников тока. Хотя большинство известных полимеров является диэлектриками, им можно придать свойства электропроводности с помощью гидрофильных красок.

Синтез полимеров в электромагнитном поле позволяет получать новый класс веществ – пленки–электреты, являющиеся носителями постоянного распределенного электрического заряда. Такие пленки могут быть использованы как маломощные источники электроэнергии, как датчики контроля различных параметров и т. д.

Приведенные примеры – лишь малая часть эффектов, рассматриваемых в «Указателях».

ЛЕКЦИЯ 8. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ (АРИЗ)

Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) – это комплексная программа алгоритмического типа, основанная на законах развития технических систем и предназначенная для анализа изобретательской задачи с целью выявления и разрешения скрытого в ней противоречия. Другими словами, АРИЗ – это программа последовательных операций анализа (обработки) неопределенной (а зачастую и неверно поставленной) изобретательской задачи по выявлению и решению противоречий, не всегда понятных при постановке задачи.

Поскольку программу реализует человек, АРИЗ предусматривает операции по управлению психологическими факторами. Эти операции снижают психологическую инерцию и стимулируют работу воображения. Также АРИЗ снабжен обширным и одновременно компактным информационным фондом, в который входят как основные составляющие:

- приемы устранения противоречий;
- стандарты на решение изобретательских задач;
- банки физических, химических и геометрических эффектов.

1. АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Основная цель первой части АРИЗ, включающей семь последовательных шагов, – переход от расплывчатой изобретательской ситуации к четко поставленной и предельно простой модели задачи.

► Шаг 1 – Мини-задача

Анализ начинается с формулирования минимальной задачи по специальной форме:

- а) записывается функция технической системы и входящие в нее основные компоненты;
- б) формулируются два технических противоречия (ТП1 и ТП2), связанные с противоположными состояниями имеющегося в системе инструмента;
- в) указывается результат, который должен быть получен при решении задачи.

Переход к мини-задаче вовсе не означает, что взят курс на решение маленькой задачи. Наоборот, вводится дополнительное требование,

чтобы искомым результатом был получен без существенных изменений в системе.

► **Шаг 2 – Конфликтующая пара**

Определяется конфликтующая пара элементов (изделие и инструмент), между которыми возник конфликт, породивший задачу.

► **Шаг 3 – Графические схемы конфликтов**

Графически изображаются схемы конфликтов, соответствующие двум техническим противоречиям, сформулированным на шаге 1.

► **Шаг 4 – Выбор схемы конфликта**

На шаге 4 выбирается одна из схем конфликтов (см. шаг 3), то есть определяется направление поиска решения. Выбор должен обеспечить наилучшее выполнение главного производственного процесса, для которого предназначена исходная техническая система.

► **Шаг 5 – Усиление конфликта**

Этот шаг имеет важное значение, так как отсекает попытки вместо решения изобретательской задачи поиска компромисса.

► **Шаг 6 – Модель задачи**

На этом шаге суммируется результат анализа и указываются:

- а) конфликтующая пара;
- б) усиленный конфликт;
- в) требования, которым должен удовлетворять вводимый в систему икс–элемент (икс–элемент – не обязательно какая-то деталь, устройство – это нечто неизвестное, некое изменение системы, которое решит наши проблемы и которое нужно найти в результате анализа).

2. АНАЛИЗ МОДЕЛИ ЗАДАЧИ

Цель второй части – учет имеющихся в системе ресурсов, которые могут быть использованы для решения задачи: ресурсов пространства, времени, веществ и полей. Она включает три шага:

► **Определение оперативной зоны**

Определение оперативной зоны (ОЗ) как пространства, в котором возникает конфликт.

► **Определение оперативного времени**

► **Определение вещественно–полевых ресурсов**

Вещественно–полевые ресурсы (ВПР) выписываются в виде таблицы в определенном порядке: ресурсы, имеющиеся непосредственно в оперативной зоне (внутрисистемные ресурсы), вне оперативной зоны (внесистемные) и ресурсы надсистемы.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИДЕАЛЬНОГО КОНЕЧНОГО РЕЗУЛЬТАТА И ФИЗИЧЕСКОГО ПРОТИВОРЕЧИЯ

Цель третьей части АРИЗ – формирование образа идеального решения, указывающего на наиболее сильный ответ, а также определение физического противоречия, мешающего его достижению.

Эта часть содержит шесть шагов:

► **Шаг 1 – Формулирование идеального конечного результата решения (ИКР–1)**

Главное требование ИКР–1: вводимый в систему икс–элемент не должен усложнять систему, вызывать дополнительные вредные явления, не должен мешать (или подменять собой) имеющемуся в системе инструменту совершать полезное действие, но обязан устранить (не допустить) связанное с полезным вредное (ненужное) явление.

► **Шаг 2 – Усиление формулировки ИКР–1**

Формулировка ИКР–1 усиливается дополнительным требованием: в систему нельзя вводить посторонние вещества и поля, вводимый икс–элемент должен быть из имеющихся ресурсов.

► **Шаг 3 – Физическое противоречие на макроуровне**

Этот шаг – один из важнейших для решения, здесь формулируется физическое противоречие на макроуровне: предъявляются противоположные требования к физическому состоянию оперативной зоны, необходимые для выполнения конфликтующих действий.

► **Шаг 4 – Физическое противоречие на микроуровне**

Формулируется физическое противоречие на микроуровне (для частиц оперативной зоны) противоположные действия или состоя-

ния, в которых они должны находиться, чтобы удовлетворить требованиям ФП на микроуровне.

► **Шаг 5 – Идеальный конечный результат ИКР–2**

Этот шаг завершает анализ и вообще аналитическую часть АРИЗ. Здесь формулируется новый идеальный конечный результат ИКР–2. Получается новая задача физического характера, суть которой состоит в том, что оперативная зона в течение оперативного времени должна сама обеспечивать противоположные микро- и макросостояния, определенные на шагах 3 и 4. После анализа согласно второй и третьей частям задача может измениться, причем иногда до неузнаваемости.

► **Шаг 6 – Применение системы стандартов**

Выявление физического противоречия на микроуровне (шаг 4) позволяет применить систему стандартов [23, 24].

4. МОБИЛИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННО-ПОЛЕВЫХ РЕСУРСОВ

Цель четвертой части – планомерные операции по использованию имеющихся в системе ресурсов, а также расширение возможности их использования за счет минимальных изменений. С этой части начинается непосредственный поиск решения. Необходимо выполнять действия в следующем порядке:

► **Использовать метод ММЧ** (моделирование маленькими человечками). Метод применяют в следующей последовательности: первый рисунок должен отражать конфликт, а на втором следует так перегруппировать маленьких человечков, чтобы они действовали, не вызывая конфликта.

► **Выполнить шаг назад от ИКР.** В тех случаях, когда из условий задачи ясно, какой должна получиться искомая система, а задача сводится к поиску способа ее получения, помогает шаг назад от ИКР. Изобразив готовую систему и внося в нее минимальное демонтирующее изменение (буквально одного человечка), смотрим, как этого «человечка» устранить. Очень часто решение такой микророзадачи оказывается простым и может подсказать способ решения всей задачи.

- ▶ **Выяснить**, решается ли задача применением смеси ресурсов.
- ▶ **Заменить имеющиеся ресурсы** пустотой или смесью ресурсных веществ с пустотой.
- ▶ **Использовать вещества**, являющиеся производными от ресурсных (полученные в результате фазовых превращений или химических реакций).
- ▶ **Ввести вместо вещества электрическое поле** или взаимодействие двух электрических полей: в любом веществе всегда есть очень удобные для использования ресурсы – собственные электроны, ионы, которые только нужно вытащить из нейтральных атомов.
- ▶ **Ввести типовые пары** поле – вещество, отзывающееся на поле, например: магнитное поле – ферромагнитное вещество, ультрафиолет – люминофор, тепловое поле – металл с памятью формы и т. д.

5. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ФОНДА

Главная цель пятой части – поиск решения за счет использования изобретательского опыта, сконцентрированного в информационном фонде ТРИЗ.

К решению подключают еще один мощный инструмент – таблицу приемов разрешения физических противоречий, в которой в зависимости от вида противоречия предлагается использовать следующие группы приемов:

- ▶ **Разделение противоречивых свойств в пространстве.**
- ▶ **Разделение противоречивых свойств во времени.**
- ▶ **Использование системных переходов:**
 - объединение однородных или неоднородных систем в надсистему;
 - переход от системы к антисистеме или сочетание системы с антисистемой;
 - наделение всей системы одним противоречивым свойством, а ее частей – другим;

- переход к системе, работающей на микроуровне.

► **Использование фазовых переходов:**

- замена фазового состояния части системы или внешней среды;
- двойственное фазовое состояние одной части системы (переход ее из одного состояния в другое в зависимости от условий работы);
- использование явлений, сопутствующих фазовому переходу;
- замена однофазового вещества двухфазовым.

► **Использование физико–химических переходов:** исчезновение–возникновение вещества за счет разложения–соединения, ионизации–рекомбинации.

На этом поисковая часть алгоритма заканчивается.

6. ИЗМЕНЕНИЕ И / ИЛИ ЗАМЕНА ЗАДАЧИ

Цель шестой части – изменение исходных условий задачи, если анализ, проведенный по пяти частям АРИЗ, не дал результата. Скорее всего это означает, что задача была неверно поставлена или решалась не та задача. Работа над сложными проблемами обычно связана с изменением их смысла. Процесс решения, в сущности, есть процесс корректировки задачи.

В случае успешного решения задачи переходят от идеи физического ответа к «железу» – формулируют способ, разрабатывают принципиальную схему устройства для его реализации. Если же ответа нет, то следует вернуться к началу и проверить, не скрыто ли в формулировке мини-задачи несколько разных задач.

Есть довольно коварные задачи, которые «притворяются» обычными с хорошо сформулированным техническим противоречием, но на самом деле являются комбинацией нескольких задач. Часто такую «путанку» удастся разоблачить, если убрать из формулировки мини-задачи специальные термины, которые удобны для общения специалистов между собой, но скрывают от решающего истинную картину происходящего.

Случается и другое. Проведен анализ задачи по АРИЗ, получено интересное решение, но его нельзя использовать, потому что возникает новая задача. Это нормально. В ТРИЗ известно, что для решения задачи

высокого уровня часто приходится решать несколько дополнительных задач более низкого уровня. Следует не отказываться от хорошей идеи, а решать новую задачу.

Если «путанки» не оказалось, а решения нет, необходимо вернуться и выбрать другое техническое противоречие для поиска решения задачи. Возможно, неверно был определен главный процесс в системе, либо необходимо отказаться от совершенствования старой системы и перейти к созданию принципиально новой.

Часто оказывается, что задача, совершенно неразрешимая в прежней постановке, решается легко, стоит только выйти за рамки данной системы. Порой изобретателю нужно сделать шаг назад и по имеющейся задаче восстановить исходную изобретательскую ситуацию, найти в ней более логичные, поддающиеся решению задачи.

7. АНАЛИЗ СПОСОБА УСТРАНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОТИВОРЕЧИЯ

Главная цель седьмой части – проверка полученного ответа. Нужно убедиться, устранено ли физическое противоречие, поскольку лишь в этом случае можно рассчитывать на изобретательское решение. В этой части четыре шага:

- ▶ **Шаг 1.** Напоминание о возможности улучшения решения за счет ресурсов, об использовании саморегулирующихся веществ (способных изменять свое состояние за счет различных физических и химических эффектов в зависимости от свойств среды).
- ▶ **Шаг 2.** Предварительная оценка полученного решения с помощью серии контрольных вопросов. Если решение не удовлетворяет всем требованиям, необходимо начать сначала.
- ▶ **Шаг 3.** Проверка по патентным данным формальной новизны полученного решения, оформление патентной документации. При выполнении этого шага необходимо посещение патентного отдела библиотеки.
- ▶ **Шаг 4.** Формулировка всех подзадач, которые возникают при дальнейшей технической проработке найденной идеи: изобретательских, конструкторских, расчетных, организационных и других.

8. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННОГО ОТВЕТА

Цель восьмой части – обеспечить максимальное использование ресурсов найденной идеи. Нужно уточнить, как должна быть изменена надсистема, в которую входит измененная в результате решения задачи наша система. Следует проверить, не может ли теперь измененная система (надсистема) использоваться по-новому, не появились ли у нее неожиданно какие-то новые полезные или вредные свойства. Большая работа должна быть проведена для выяснения возможности использования полученной идеи для решения других задач. Здесь сначала формулируется общий принцип полученного решения (это можно сделать, например, подставив ответ в имеющиеся формулировки ИКР и ФП). Затем рассматривается, можно ли применять его (а также ему обратный) при решении других задач. Строятся и анализируются *морфологические таблицы* типа «расположение частей – агрегатное состояние изделия» или «использование поля – агрегатное состояние внешней среды». Здесь же исследуются изменения найденного общего принципа при изменении размеров системы или ее главных частей (по принципу действия оператора РВС – размер – время – стоимость). Фактически, таким образом проводят прогноз будущего развития новой, только что родившейся системы и ведут поиск возможных областей её применения.

ЛЕКЦИЯ 9. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА «ИЗОБРЕТАЮЩАЯ МАШИНА»

По мере расширения использования ЭВМ в научной и инженерной практике появилась идея создания искусственного интеллекта (ИИ) – «сделать ЭВМ думающей и генерирующей новые технические решения».

За последние 30 лет появилось достаточно большое число интеллектуальных программ, решающих за разработчика (точнее – вместе с разработчиком) те или иные задачи, которые возникают в ходе разработки новых технических решений. Известны такие программные системы как ИЗОБРЕТАЮЩАЯ МАШИНА, АЛЬТЕРНАТИВА, НОВАТОР, ЭДИСОН, BRAINSTORMER, IDEA, FISCER, IDEA GENERATOR PLUS и др.

1. СЕМЕЙСТВО «ИЗОБРЕТАЮЩАЯ МАШИНА»

«Изобретающая машина» (ИМ) была разработана в Минске, в лаборатории изобретающих машин, руководимой В. Цуриковым. Идеи создания такого комплекса программ были высказаны ещё в 1975 – 1976 г. г., но только в 1989 году была выпущена первая версия программного продукта, положившая начало новой информационной технологии ИМ.

На сегодня Изобретающая машина представляет собой семейство интеллектуальных программных систем, состоящее из трех компонент:

- *изобретательские ПРИЕМЫ (ИМ–П)* – позволяет найти решение через устранение технических противоречий, возникающих при постановке задачи;
- *изобретательские СТАНДАРТЫ (ИМ–С)* – помогает устранить проблемы на основе нетрадиционных структурных преобразований в технической системе. Комплексное применение стандартов позволяет осуществить прогноз развития технической системы.
- *научно–технические ЭФФЕКТЫ (ИМ–Э)* – позволяет решать задачи с помощью физических, химических и геометрических эффектов. Выход на необходимый эффект осуществляется через анализ вещественно–полевых ресурсов (п. 3.5.4) и функций, которые необходимо реализовать для решения задачи.

Каждая из систем (ИМ–П, ИМ–С или ИМ–Э) ведет диалог с пользователем посредством отображения информации на поле экрана. Смена

содержимого экрана происходит при окончании манипуляций пользователя в активной области кадра экрана.

Основные характеристики семейства ИМ:

- область техники – любая;
- число категорий ТРИЗ:
 - ИМ–П – 40 приемов разрешения технических противоречий с 90 подприемами;
 - ИМ–С – 76 стандартов для выявления технических решений;
 - ИМ–Э – 1200 научно–технических эффектов;
- база данных содержит наиболее сильные примеры из патентного фонда:
 - ИМ–П – 189 примеров в виде графических иллюстраций;
 - ИМ–С – 294 примера в виде графических иллюстраций;
 - ИМ–Э – 975 примеров, из которых 183 в виде графических иллюстраций, а 792 в виде текстовых описаний;
- система позволяет восстанавливать содержимое задачи, решаемой в предшествующем сеансе работы системы;
- система содержит «Записную книжку» для фиксирования полученных решений;
- система ведет протокол сеанса работы системы с возможностью его просмотра, редактирования, распечатки, удаления;
- система ведет единый протокол в случае решения одной и той же задачи на нескольких системах;
- система позволяет вернуться на любой предыдущий шаг решения задачи из текущего шага;
- система позволяет вернуться на любой предыдущий этап решения задачи из текущего шага (выход на любой пройденный этап через меню этапов, вызываемый по клавише <F4>).

2. ПОИСК РЕШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИМ–СТАНДАРТЫ

Понятно, что хорошо изучить возможности семейства ИМ можно лишь в ходе непосредственной работы пользователя по поиску решения в конкретной изобретательской ситуации. Для общего ознакомления рассмотрим решение задачи с помощью ИМ–СТАНДАРТЫ.

Описание решения задачи представлено в виде последовательности

отдельных шагов (кадров). Название этапа, к которому относится данный шаг, содержится в тексте названия пункта раздела (кадра).

Кадр 1 (постановка задачи)

Введите формулировку в свободной форме изложения

Для увеличения механической прочности и защиты от внешней среды радиоэлектронные платы заливают эпоксидной смолой. Однако при затвердевании смолы происходит ее усадка (уменьшение объема) и вследствие этого возможны повреждения платы: разрывы проводящих дорожек, а также выводов радиоэлементов. Как быть?

Кадр 2 (выбор типа задачи)

Выберите тип задачи

Синтез новой технической системы
<Нейтрализация вредных воздействий и факторов>
Повышение эффективности или управляемости существующей системы
Обнаружение или измерение параметров

Пользователь выбрал тип задачи: *нейтрализация вредных воздействий и факторов*.

Кадр 3 (указание названия технической системы)

Укажите название технической системы

плата

Кадр 4

Исходная формулировка проблемы:

Для увеличения механической прочности и защиты от внешней среды радиоэлектронные платы заливают эпоксидной смолой. Однако при затвердевании смолы происходит ее усадка (уменьшение объема) и вследствие этого возможны повреждения платы: разрывы проводящих дорожек, а также выводов радиоэлементов.

Тип задачи: нейтрализация вредных воздействий и факторов.

Рассматривается техническая система – плата.

<Провести анализ Вашей задачи>
Вы сами строите вепольную модель?

Пользователь отвечает утвердительно – *провести анализ задачи.*

Кадр 5

Выберите, между какими типами элементов ТС плата возникает вредное взаимодействие

<между двумя веществами>
между веществом и полем

Пользователь выбрал – *в системе возникает вредное взаимодействие между двумя веществами.*

Кадр 6

Введите название первого элемента (вещества)

смола

Кадр 7

Введите название второго элемента (вещества)

радиоэлемент

Кадр 8 (ЭВМ формулирует задачу):

Исходная формулировка проблемы

Для увеличения механической прочности и защиты от внешней среды радиоэлектронные платы заливают эпоксидной смолой. Однако при затвердевании смолы происходит ее усадка (уменьшение объема) и, вследствие этого, возможны повреждения платы: разрывы проводящих дорожек, а также выводов радиоэлементов

Тип задачи: нейтрализация вредных воздействий и факторов

Рассматривается техническая система: плата

В системе возникает вредное взаимодействие: между двумя веществами

Смола вредно взаимодействует с элементом радиоэлемент

Кадр 9

Обязательно ли сохранять непосредственное соприкосновение элемента *смола* и элемента *радиоэлемент*?

<НЕТ>

ДА

Пользователь отвечает – НЕТ.

Кадр 10

Есть ли в зоне взаимодействия посторонние вещества, отличные от смолы и радиоэлемента?

<НЕТ>

ДА

Кадр 11

Исходная формулировка проблемы

Для увеличения механической прочности и защиты от внешней среды радиоэлектронные платы заливают эпоксидной смолой. Однако при затвердевании смолы происходит ее усадка (уменьшение объема) и вследствие этого возможны повреждения платы: разрывы проводящих дорожек, а также выводов радиоэлементов.

Тип задачи: нейтрализация вредных воздействий и факторов.

Рассматривается техническая система: плата

В системе возникает вредное взаимодействие между двумя веществами Смола вредно взаимодействует с элементом радиоэлемент

Соприкосновение этих элементов сохранять не обязательно.

Кадр 12

Для решения воспользуйтесь стандартами

1–2–1 устранение вредной связи введением постороннего вещества

1–2–2 устранение вредной связи видоизменением имеющихся веществ

1–2–4 противодействие вредным связям с помощью поля

Окончить просмотр

Кадр 13

Стандарт 1–2–1. Если между двумя веществами в объеме возникают полезное и вредное действия и непосредственное соприкосновение веществ сохранять не обязательно –

– Задачу решают введением между веществами постороннего третьего вещества, дарового или достаточно дешевого.

Примечание. Третье вещество может быть введено извне в готовом виде или получено из имеющихся веществ действием полей. В частности, вводимое вещество может быть «пустотой», пузырьками, пеной и т. д.

Кадр 14

Предлагаю. Проанализируйте, введение какого вещества между элементом смола и элементом радиоэлемент устраняет вредное взаимодействие. Рассмотрите варианты введения ресурсных веществ или их производных.

Примеры

гр. 5–1 особенности введения веществ

гр. 5–3 использование фазовых переходов

гр. 5–4 особенности применения физэффектов

гр. 5–5 особенности получения частиц вещества

Кадр 15

Приводятся примеры решения по данному стандарту
КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
ГИБКА ОШИПОВАННЫХ ТРУБ
ОЧИСТКА ИЗДЕЛИЙ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ
ЗАЩИТА СТЕНОК СКВАЖИНЫ
СНИЖЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

После анализа примеров по предложенным стандартам возникающие по ассоциации идеи можно занести в «записную книжку».

Кадр 16

П—о

П—о

П—о

П—о З А П И С Н А Я

П—о

П—о К Н И Ж К А

П—о

П—о

П—о Выберите в меню нужную страницу

П—о и откройте записную книжку, нажав

П—о клавишу <Enter>

П—о

П—о

П—о

Кадр 17 (информация, занесённая в Записную книжку)

Появилась новая идея

1. Ввести между эпоксидной смолой или радиоэлементами слой текучего, упругого или легкосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучука.
2. Ввести между основным слоем эпоксидной смолы и радиоэлементом легко сминаемый вспененный слой эпоксидной смолы.
3. Осуществить заливку платы не просто смолой, а вспененной эпоксидной смолой, при усадке которой не возникают значительные усилия.
4. Заставить вибрировать радиоэлектронную плату. Вибрации снимают вязкость застывающей эпоксидной смолы на границе контакта радиоэлемента и смолы, что приводит к реализации возникающих при застывании напряжений

Кадр 18

Дополнительная идея:

возможность совместить данную операцию с операцией испытания платы на воздействие вибраций.

5. Между радиоэлементом и слоем эпоксидной смолы ввести промежуточный слой эпоксидной смолы либо с уменьшенным количеством отвердителя, либо с добавкой пластификатора

Кадр 19

Прогноз развития системы

Целесообразно производить заливку одновременно двух или большего количества плат с целью снижения веса устройства за счет снижения объема эпоксидной смолы, требуемого для заливки и возможности отказа от нескольких комплектов крепёжных деталей

Кадр 20

Закончить работу.

Перейти к решению новой задачи

На этом шаге пользователь может либо закончить работу с ИМ–С, либо перейти к решению новой задачи.

После завершения работы пользователь переходит к редактированию протокола работы с системой ИМ–С. Дело в том, что система протоколирует все шаги пользователя, а они могут быть избыточны. В ре-

зультате редактирования мы получаем протокол вида:

Начало работы с задачей plata
Запись от 17-05-12 10:52:05

===== ПРОТОКОЛ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ ИМ-С

***** ЭТАП: Формулировка проблемы

Для увеличения механической прочности и защиты от внешней среды радиоэлектронные платы заливают эпоксидной смолой. Однако при затвердевании смолы происходит ее усадка (уменьшение объема) и вследствие этого возможны повреждения платы: разрывы проводящих дорожек, а также выводов радиоэлементов. Как быть?

***** ЭТАП: Выбор типа задачи

Тип задачи: нейтрализация вредных воздействий и факторов.
Рассматривается техническая система плата.

***** ЭТАП: Анализ вредных взаимодействий

В системе возникает вредное взаимодействие между двумя веществами. Смола вредно взаимодействует с элементом: радиоэлемент.
Соприкосновение этих элементов: сохранять не обязательно.
В зоне взаимодействия отсутствуют посторонние вещества.

***** ЭТАП: Разрушение вредного взаимодействия

Для решения предлагаются следующие стандарты:

1-2-1 устранение вредной связи введением постороннего вещества

1-2-2 устранение вредной связи видоизменением имеющихся веществ

1-2-4 противодействие вредным связям с помощью поля

>>>>> Выбран стандарт:

1-2-1 устранение вредной связи введением постороннего вещества

Предлагаю: Проанализируйте, введение какого вещества между элементом *смола* и элементом *радиоэлемент* устраняет вредное взаимодействие. Рассмотрите варианты введения ресурсных веществ или их производных.

————— Появилась новая идея —————

1. Ввести между эпоксидной смолой или радиоэлементами слой текучего, упругого или легкосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучука.

>>>>> Выбран стандарт:

5–1–1–1 вместо вещества – введение «пустоты»

Если необходимо ввести в систему вещество, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, вместо вещества используют «пустоту».

Примечание: «Пустотность» изменяется по линии: «пустота» вне объекта —>, «пустота» соприкасается с объектом —>, «пустота» вклинивается в объект —>, «пустота» внутри объекта —>, раздробленная «пустота» —>, сквозная «пустота» —>, капиллярная структура —>, «пустота» образуется в результате физического или химического эффекта.

Появилась новая идея

1. Ввести между эпоксидной смолой и радиоэлементами слой текучего, упругого или легкосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучука.

2. Ввести между основным слоем эпоксидной смолы и радиоэлементом легко сминаемый вспененный слой эпоксидной смолы.

3. Осуществлять заливку платы не просто смолой, а вспененной эпоксидной смолой, при усадке которой не возникают значительные усилия.

>>>>> Выбран стандарт:

5–1–1–2 вместо вещества – введение поля

Если необходимо ввести в систему вещество, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, вместо вещества вводят поле.

Появилась новая идея

1. Ввести между эпоксидной смолой и радиоэлементами слой текучего, упругого или легкосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучука.

2. Ввести между основным слоем эпоксидной смолы и радиоэлементом легкосминаемый вспененный слой эпоксидной смолы.

3. Осуществить заливку платы не просто смолой, а вспененной эпоксидной смолой, при усадке которой не возникают значительные усилия.

4. Заставить вибрировать радиоэлектронную плату. Вибрации снижают вязкость застывающей эпоксидной смолы на границе контакта радиоэлемента и смолы, что приводит к нейтрализации возникающих при застывании напряжений.

Дополнительная идея: возможность совместить данную операцию с операцией испытания платы на воздействие вибраций.

>>>>> Выбран стандарт:

1–2–2 устранение вредной связи видоизменением имеющихся веществ.

Предлагаю: Измените, преобразуйте элемент смола или элемент радиоэлемент с целью получения нового вещества, введение которого в зону взаимодействия устраняет вредный эффект. Рассмотрите варианты введения ресурсных веществ или их производных.

>>>>> Выбран стандарт:

5–3–1 замена фазового состояния вещества

Эффективность применения вещества, без введения других веществ, повышается заменой его фазового состояния.

Появилась новая идея

1. Ввести между эпоксидной смолой и радиоэлементами слой текучего, упругого или легкосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучика.

2. Ввести между основным слоем эпоксидной смолы и радиоэлементом легкосминаемый вспененный слой эпоксидной смолы.

3. Осуществить заливку платы не просто смолой, а вспененной эпоксидной смолой, при усадке которой не возникают значительные усилия.

4. Заставить вибрировать радиоэлектронную плату. Вибрации снижают вязкость застывающей эпоксидной смолы на границе контакта радиоэлемента и смолы, что приводит к релаксации возникающих при застывании напряжений.

Дополнительная идея: возможность совместить данную операцию с операцией испытания платы на воздействие вибраций.

5. Между радиоэлементом и слоем эпоксидной смолы ввести промежуточный слой эпоксидной смолы либо с уменьшенным количеством отвердителя, либо с добавкой пластификатора.

***** ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ

::::: Построение вепольной модели

изделие *радиоэлемент*

инструмент *смола*

поле *взаимодействия механическое*

смола воздействует полем *механическое* на элемент *радиоэлемент*.

***** ЭТАП: Повышение эффективности взаимодействий

***** ЭТАП: Усложнение системы

Увеличение числа элементов в системе запрещено.

**** ЭТАП: Формирование системы

Система обладает способностью адаптироваться к изменяющимся условиям.

Дробление веществ смола и радиоэлемент недопустимо.

Поле механическое хорошо управляемо.

Вещества и поле согласованы в пространстве и во времени.

Ритмика элементов системы согласована.

***** ЭТАП: Введение электрических и магнитных полей

Введение в систему ферровещества и магнитного поля запрещено.

Введение в систему электрических и магнитных полей и токов запрещено.

***** ЭТАП: Системные переходы

Появилась новая идея

1. Ввести между эпоксидной смолой и радиоэлементами слой текучего, упругого или легкосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучука.

2. Ввести между основным слоем эпоксидной смолы и радиоэлементом легкосминаемый вспененный слой эпоксидной смолы.

3. Осуществлять заливку платы не просто смолой, а вспененной эпоксидной смолой, при усадке которой не возникают значительные усилия.

4. Заставить вибрировать радиоэлектронную плату. Вибрации снижают вязкость застывающей эпоксидной смолы на границе контакта радиоэлемента и смолы, что приводит к релаксации возникающих при застывании напряжений.

Дополнительная идея: возможность совместить данную операцию с операцией испытания платы на воздействие вибраций.

5. Между радиоэлементом и слоем эпоксидной смолы ввести промежуточный слой эпоксидной смолы либо с уменьшенным количеством отвердителя, либо с добавкой пластификатора.

***** ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ:

Целесообразно производить заливку одновременно двух или большего количества плат с целью снижения веса устройства за счет снижения объема эпоксидной смолы, требуемого для заливки и возможности отказа от нескольких комплектов крепежных деталей.

Для решения предлагаются следующие стандарты:

3–1–1 переход к би– и полисистемам

3–1–2 развитие связей в би– и полисистемах

3–1–3 увеличение различия между элементами би– и полисистем

3–1–4 свертывание би– и полисистем

3–1–5 несовместимые свойства системы и ее частей

3–2–1 переход на микроуровень

Предложенные стандарты можно применить для решения задачи.

***** ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАКОН- ЧЕН

При анализе полученных идей не забудьте рассмотреть возможность их комбинации.

===== ОКОНЧАНИЕ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ ИМ–С

ВЫВОДЫ:

1. Поставленная задача успешно решена. В результате анализа ее при помощи стандартов получено 5 работоспособных решений.
2. Анализ полученных вариантов решений показывает, что ИМ–С совершенствует техническую систему в соответствии с законами развития. Очень хорошо просматривается действие закона увеличения степени идеальности технических систем (требуемые функции должны достигаться без введения в систему дополнительных элементов): первоначально было предложено ввести в систему новое вещество, свойства которого удалось достаточно четко сформулировать (решение 1). Введение новых веществ с одной стороны позволяет решить задачу, а с другой – приводит к ухудшению характеристик технической системы, так как для выполнения одного и того же количества полезных функций требуется большее количество веществ.
3. Система ИМ–С совершенно логично выводит на способы введения веществ, не вводя их: использование пены, поля и пр. (решения 2, 3, 4). Полученное решение приближается к идеальному, согласно которому система остается неизменной, а недостаток должен исчезнуть.
4. Новые преобразования в системе также направлены на повышение идеальности: с недостатками в системе борются имеющиеся вещества. Видоизмененная эпоксидная смола сама может убирать неравномерность усилия (решение 5).

5. Система ИМ–С подсказывает, что следует искать поле, которое необходимо для реализации решения 4. Желательно для создания этого поля использовать не какие–то специальные источники, а то, что есть в системе.
6. Закончив работу с «больным» местом в технической системе и фактически завершив решение поставленной задачи, ИМ–С предлагает сделать прогноз.
7. В диалоговом режиме были проверены такие характеристики как эффективность управления, степень динамизации, согласование ритмики и пр. Результатом этого этапа является ряд новых идей, которые позволили еще более усовершенствовать рассматриваемую систему.

В частности, идея одновременной заливки нескольких плат является весьма перспективной при изготовлении определенной номенклатуры изделий, так как она приводит к снижению массогабаритных характеристик изделия.

Предложенные варианты решения задачи не исключают дальнейшего развития технической системы, для чего необходимо провести анализ выполнения не одной технологической операции, а всего технологического процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Курс завершён. Возникает закономерный вопрос – как использовать изученные (освоенные!) методы в своей практической деятельности, при каких условиях они эффективны?

Применение тех или иных методов зависит от типа задачи, которую необходимо решить и области деятельности, в которой данная проблемная ситуация возникла. Например, все разновидности мозговой атаки и синектика (при правильном их использовании) позволяют с успехом разработать рекламные материалы в частности и рекламную кампанию в целом. Надо только понимать, что мозговая атака оказывается весьма затратной для компании, поскольку достаточно большое количество сотрудников отвлекается от основной работы на день–два, а то и больше.

Морфологические таблицы наилучшим образом позволяют упорядочить и систематизировать данные по заранее определённым признакам, но они остаются бессильными при поиске *принципиально новых* идей.

Решение задач по ТРИЗ характеризуется следующими признаками:

- возможность решения задач из любой области техники;
- получение множества решений, в том числе и дешёвого (идеального);
- высокая скорость решения задач.

Все это делает возможным постановку решения задач на «конвейер», именно поэтому ТРИЗ активно применяют во всём мире. Заключены десятки контрактов на решение проблем в различных областях техники. За право представлять Изобретающую машину, в основе которой лежит ТРИЗ, на международном рынке борются фирмы Канады и Франции. Американские эксперты оценивают ТРИЗ, как методiku решения изобретательских задач, в 300 миллионов долларов.

Обучение ТРИЗ даёт в руки инструмент, помогающий успешно справиться как с практическими, так и теоретическими задачами из самых различных областей человеческого знания. Речь идёт не только о технике, но и о системах научных, художественных, социальных и т. д. Развитие всех систем подчинено сходным закономерностям, поэтому многие идеи и механизмы ТРИЗ могут быть использованы при построении теорий решения нетехнических творческих задач (например, ТРИЗ–

Шанс). В настоящее время ведётся активная работа по созданию информационных фондов в самых различных областях человеческой деятельности – бизнесе, художественном творчестве, литературе и др.

В любом случае право выбора и остаётся за вами, только вам решать, по какому пути пойти. Дерзайте – и всё получится