МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Основы технического творчества

Презентация курса лекций

САМАРА
2012

- Автор: **Хардин Михаил Викторович**

- **Хардин, М.В. Основы технического творчества** [Электронный ресурс] : презентация курса лекций **/** М. В. Хардин; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (1,26 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

- Презентация предназначена для студентов, обучающихся по специальностям (ГОС-2) 150106.65 «Обработка металлов давлением», 150201.65 «Машины и технологии обработки металлов давлением» для дисциплины «Основы технического творчества» в 5 семестре. Также предназначена для направлений подготовки (ГОС-3) 150400.62 «Металлургия», дисциплина «Основы научных исследований» (5 семестр), и 150700.62 «Машиностроение» для дисциплины «Основы технического творчества» (8 семестр), также могут быть полезны и студентам других факультетов вуза, инженерам, аспирантам.

- Подготовлена на кафедре обработки металлов давлением.

© Самарский государственный аэрокосмический университет, 2012

Содержание

Введение
1 Предмет труда инженера
2 Психологические и социальные аспекты творчества
2.1 Предпосылки творческой деятельности
2.2 Мотивы творчества
2.3 Барьеры творчества
3 Техническая система
4 Критерии развития технических систем
5 Противоречия в технических системах
6 Основные методы и приемы творческой деятельности
6.1 Метод проб и ошибок
6.2 Метод контрольных вопросов
6.3 Метод морфологического анализа
6.4 Методы мозгового штурма
6.5 Ассоциативные методы
6.6 Функционально-стоимостной анализ
6.7 Теория и алгоритм решения изобретательских задач
7 Тенденции развития современной инженерии
8 Интересные факты
9 Задачи

Введение

В современном мире людей окружает огромное количество различных технических изделий. Трудно сегодня представить жизнь человека без всех этих машин, устройств и сооружений. Все они результат инженерного труда, труда умственного, творческого и созидательного.

Еще в древние времена появлялись люди, которые создавали нечто новое, изобретали и конструировали. Позднее их назвали инженерами. В переводе с латинского слово «ingenium» означает «остроумное изобретение». Величайшими творениями инженеров прошлого, такими как египетские пирамиды и храмы, сооружения римской империи, Великая китайская стена и другими до сих пор восхищаются люди.

Содержание









Все, что было создано в древнейшие времена, основывалось на практических знаниях, опыте и изобретательности. С развитием науки, на новую ступень вышло и инженерное дело, которое воплощало научные знания в различные изделия. Возрастающий объем знаний предопределил специализацию инженерного дела: появились инженеры - металлурги, механики, конструкторы и т. д. Усложнялись задачи, многократно возрастало их число, но основной метод решения задач не изменялся. Перебор различных (возможных и невозможных, осуществимых и неосуществимых) вариантов, так называемый метод проб и ошибок, был основой инженерной деятельности.

20 век принес человечеству громадный прорыв в науке, технике и технологиях. Более 90 % окружающих нас сегодня вещей были неизвестны 100 лет назад. Сейчас количество образцов новой техники удваивается каждые 15 лет, их сложность - каждые 10 лет. Подобный рост объемов творческого труда инженеров потребовал новых методов решения технических задач и эти методы полуют все большее распространение. Главная их задача – интенсифицировать инженерное творчество, сократить путь между началом и окончанием решения задачи.

ПРЕДМЕТ ТРУДА ИНЖЕНЕРА

Инженерная задача.

Человека отличает способность сознательно принимать решения. И какую бы задачу он не решал: простую, повседневную или труднейшую научную в процессе решения ему необходимо пройти четыре основных этапа:

- постановка задачи;
- поиск вариантов решения;
- анализ вариантов решения;
- оценка вариантов и выбор решения.

Поставить задачу – значит уточнить исходную проблемную ситуацию, определив цель, ограничения и критерии выбора решения.

Ситуация называется проблемной если она не может быть однозначно разрешена имеющимися средствами. У любой задачи есть начальные условия (вход) и результат, который нужно достичь (выход). Большинство задач имеет несколько возможных вариантов решений. Так, например детали кузова автомобиля могут быть выполнены из углеродистых или высокопрочных легированных сталей, алюминиевых сплавов, композиционных материалов и т. д. Варианты решения различаются по затратам, производительности, технологичности и другим показателям. Каждое решение задачи должно быть физически осуществимым (соответствовать законам природы), технически реализуемым и экономически выгодным.



Цель описывает желаемый результат, соответствующий какой-либо потребности. Определить цель – значит ответить на вопрос: что мы будем иметь в результате решения?

Средства, которые должны быть обязательно применены при решении задачи, будем называть ограничениями. К ограничениям относятся также указания на допустимые размеры затрат ресурсов и на количественные характеристики решения. Так кузов гоночного автомобиля должен иметь высокую прочность и малый вес, а кузов серийной массовой машины кроме приемлемого уровня прочности и жесткости должен иметь невысокую стоимость.

Основной признак, по которому одно решение выбирается из множества других, будем называть критерием. По критерию проводится оптимизация решения. В качестве критериев выбора могут служить следующие показатели: себестоимость, рентабельность, коэффициент использования металла, производительность, качество и другие.

Таким образом, инженерную задачу отличают следующие признаки: необходимость перехода от одного состояния к другому, существование несколько возможных вариантов решения и не очевидность предпочтительного варианта.

Все инженерные задачи можно условно разделить на 5 уровней по степени трудности их решения:

1. Использование готового объекта или решения. Задача и средства ее решения лежат в пределах общих знаний специалистов.

2. Выбор одного объекта или решения из нескольких известных в данной области техники.

3. Частичное изменение объекта способами, известными в пределах одной науки.

4. Создание нового объекта или полное изменение исходного. Используются способы решения и знания из других областей науки.

5. Создание принципиально новых комплексов объектов, новых технологий. В некоторых случаях благодаря этому возникают целые новые отрасли техники.

Примеры задач 1-5 уровня из металлургии алюминия:

1. Повышение производительности электролиза путем увеличения тока до 300-500 кА.
2. Переход от «грязной» технологии Содерберга к «Экологическому» электролизу путем повышения чистоты угольных материалов.
3. Переход от технологии Содерберга к электолизу на предварительно обожженных анодах.
4. Создание нового типа электролизеров на инертных анодах, когда вместо оксидов углерода будет выделятся кислород.
5. Создание новой технологии термического замещения алюминия из оксида и новых производств.

Анализируя количественное распределение решенных инженерных задач, было отмечено что количество задач пятого уровня составляет около 0,2%, четвертого около 1%, третьего около 10%. Остальное составляют решения первого и второго уровня.

Одной из основных причин малого числа решений высоких уровней является использование метода проб и ошибок. Решение задачи первого уровня требует перебора нескольких очевидных вариантов, на втором число вариантов уже исчисляется десятками. На пятом уровне число вариантов может доходить до сотен тысяч.

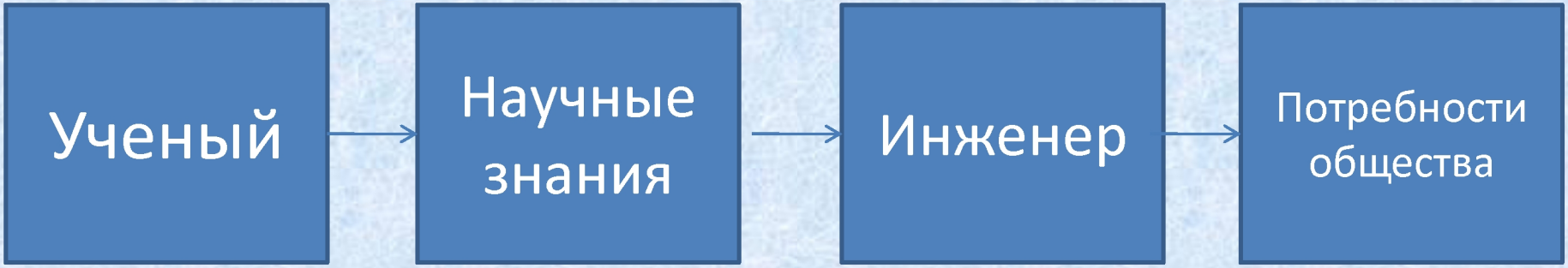
Кроме рационального использования различных методов творчества большое значение имеют психологические и социальные аспекты процесса. Они во многом объясняют, почему из огромной армии людей инженерных специальностей лишь немногие создают что-то качественно новое.

Психологические и социальные аспекты творчества

Творчество может иметь место в любой сфере деятельности человека. Научное творчество связано с познанием окружающего мира. Техническое творчество имеет прикладные цели и направлено на удовлетворение практических потребностей общества. Это поиск и решение задач в области техники на основе использования научных достижений.

Что же такое творчество: искусство, доступное единицам или деятельность, которой может посвятить себя каждый? Ответа на этот вопрос, поставленный философами древности нет и в наши дни. Несомненно то, что для успешной творческой деятельности необходимы знания, творческие способности, воображение и интуиция.

Создание и применение знаний



Современный уровень развития техники и технологий не дает возможности создать, модернизировать что-то без серьезных знаний по рассматриваемым и смежным вопросам. Знания позволят избежать многих ошибочных направлений, укажут верный путь при поиске технических решений. Для человека, связанного с творческой деятельностью процесс получения знаний должен быть непрерывным.

Способности человека частично закладываются на генетическом уровне. Огромное влияние на развитие творческих способностей оказывает дошкольный и младше школьный период жизни человека. Однако и в зрелом возрасте возможности развития творческих способностей неисчерпаемы – было бы желание. Об этом свидетельствует, в частности, многолетний опыт проведения семинаров по теории решения изобретательских задач.

Занятия по ТРИЗ Генрих Саулович Альтшуллер проводил с 1948 г. по 1998 г. До 70-х годов XX века обучение ТРИЗ велось им преимущественно на экспериментальных семинарах. В конце 1957 г. в Министерстве строительства Азербайджана Г.С. Альтшуллером был проведен семинар, который считается первым семинаром по ТРИЗ.

В 70-е годы особенно быстро развивалась создаваемая Г.С. Альтшуллером система обучения ТРИЗ, включающая государственные и общественные формы. С 1970 г. обучение сосредотачивается в постоянно действующих учебных центрах: общественных институтах и школах изобретательского творчества (Москва, Кишинев, Фрунзе, Дубна, Обнинск и др.), народных университетах научно-технического творчества (Баку, Ленинград, Красноярск, Днепропетровск и др.). Обучение ТРИЗ в эти годы шло через курсы и семинары, организованные различными министерствами и ведомствами, Всесоюзным обществом «Знание», НТО, ВОИР, администрациями предприятий, НИИ, вузов. Занятия по ТРИЗ велись и в ряде отраслевых институтов повышения квалификации специалистов. В эти годы Г.С. Альтшуллером была создана и в последующие десятилетия развивалась не имеющая аналогов образовательная сеть. В 1984/85 учебном году в СССР работали свыше 250 народных университетов, общественных институтов, школ, курсов, семинаров, групп ТРИЗ.

Воображению принадлежит решающая роль в создании нового. По словам А. Энштейна «воображение важнее знаний, воображением можно охватить то, что недоступно знанию». Различают три типа воображения. Логическое выводит будущее из настоящего путем логических преобразований. Критическое воображение ищет, что в объекте несовершенно и нуждается в изменении. Творческое воображение рождает принципиально новые идеи и представления, опирающиеся на элементы действительности, но не имеющие аналогов в реальном мире. Воображение создает определенный образ технической задачи. Творческое воображение рисует сразу несколько образов: сам объект, элементы объекта и их взаимодействие, внешнее взаимодействие объекта.

Интуиция представляет собой быстрое решение, полученное в результате длительного накопления знаний в этой области. Это итог умственной деятельности. Процессу творчества присущи как логика, так и интуиция. Иногда в процессе длительного решения задачи у человека происходит внезапное озарение. Это может произойти во время отдыха или сна, когда сознание человека не работает над поставленной задачей. Поиск решения идет в подсознании, в сознании отражается лишь результат. Наиболее широко известные примеры этого: открытие закона Архимеда и периодической таблицы Д. И. Менделеева.

Мотивы творчества

Связаны с потребностями, которые можно разделить на три группы: биологические, социальные и познавательские. Биологические лежат в основе житейской изобретательности. Примером может быть принцип экономии сил. Социальные потребности человека: материальное вознаграждение, стремление к почету являются определяющими при выборе творческих профессий. Познавательские потребности присущи человеку наряду с потребностью в пище и воде. Это потребности познания, стремления к новому, заранее неизвестному.

Преграды и барьеры на пути творчества

- Социальные барьеры связаны с недостаточно высоким в большинстве случаев статусом человека науки в нашем обществе. Сюда можно отнести низкий уровень заработной платы, невысокую стимуляцию изобретательской, творческой деятельности.
- Психологические барьеры отражают личные особенности человека. Здесь на пути творчества встают лень, рутина, привычки, вера в авторитеты, неверие в собственные силы, равнодушие.
- К физиологическим препятствиям можно отнести отсутствие нормальных условий для жизнедеятельности человека.

- Информационные барьеры определяются количеством и характером информации об объекте. Недостаток информации, приводящий к условиям неопределенности при принятии ряда решений и переизбыток информации различного рода, не дающий возможности самому найти ответ на поставленный вопрос – это препятствия на пути творческого процесса.
- Функциональные барьеры связаны с использованием устаревших методов и подходов, с неправильной постановкой задачи, с отсутствием необходимых условий труда, материальных и технических ресурсов.

Творчество представляет собой искусство, и на первый взгляд попытки превратить его в ремесло, описать его технологию, не совсем уместны. Однако такой подход типичен для всех видов человеческой деятельности, особенно связанной с производством. Применение современных методов творческого поиска рационализирует творческий процесс, позволяет значительно уменьшить время, затрачиваемое на поиск оптимального решения.

Техническая система как предмет инженерного творчества

Системный подход получил широкое применение в различных сферах деятельности человека. Это связано с тем, что он позволяет систематизировать многие объекты, оценить существующие взаимодействия и связи и осуществлять раздельную разработку частей целого объекта.

Системой будем называть совокупность взаимосвязанных между собой элементов, образующих единое целое и определенным образом взаимодействующих для достижения поставленной цели. Системы бывают искусственными и естественными, простыми и сложными, статическими и динамическими, реальные (вещественные) и абстрактные и т.д. Преобладающее большинство вещей, которые нас окружают, созданы или преобразованы руками человека и относятся к техническим системам.

Элементы, составляющие систему, являются относительно неделимыми частями целого. В других условиях, при другой постановке задачи этот элемент сам может рассматриваться как система. Это будет так называемая ***подсистема.***

В свою очередь, рассматриваемая система может входить как элемент в систему более высокого ранга – ***надсистему.***

Так, например, рассматривая систему «легковой автомобиль», заметим, что она состоит из взаимосвязанных элементов: двигателя, кузова, шасси и т.д. Каждый из этих элементов, в свою очередь, является сложной системой уровня ниже – подсистемой. В свою очередь, автомобиль может входить в надсистему, например, систему дорожного движения.

То, для чего предназначена система, цель ее функционирования, называется главной полезной функцией (ГПФ). Очень часто ГПФ определяется совокупностью нескольких элементарных функций. Эти функции показывают, что же может делать система, каковы внешние проявления ее свойств.

Система состоит из элементов. Каждый элемент обладает рядом свойств: геометрических, физических, механических и т.д. Функции системы определяются не только этими элементами и их свойствами, но и расположением и взаимодействием элементов, т.е. структурой системы. ***Структура – это важнейшая характеристика ТС, закон по которому создаются элементы системы.***

Связи между элементами системы обычно подразделяют на ***вещественные, энергетические и информационные.***

При представлении объекта в виде ТС, при решении задач по его модернизации и преобразованию очень важным является проведение ***системного анализа***. Он проводится в 3-х аспектах: ***предметном, функциональном и историческом.***

1. Предметный анализ охватывает структуру и внутренние связи системы, а также строение надсистемы и внешние связи в ней исследуемой системы.

2. Функциональный анализ рассматривает поэлементно внутреннее функционирование системы и «работу» системы в масштабе надсистемы.

3. Исторический анализ прослеживает историю создания развития системы, определяет текущую стадию жизненного цикла, а также дает прогноз и ее дальнейшего развития.

Пример

Задача о разработке лампы для освещения лунной поверхности на спускаемом аппарате (Бабакин Георгий Николаевич (1914-1971) - советский ученый и конструктор в области космической техники, член-корреспондент АН СССР (1970), Герой Социалистического Труда (1970)... С 1965 главный конструктор КБ. Под руководством Бабакина созданы серии КА для исследования Луны и планет Солнечной системы типа "Луна", "Венера" и "Марс", в том числе ИСЛ, ИСМ, "Луноход-1", "Луна-16", и "Луна-20", доставившие на Землю лунные породы.

Предметный и функциональный анализы позволяют определить полный перечень «входов» и «выходов» ТС и разделить их на полезные, избыточные и вредные. Выходы, необходимые для осуществления ГПФ, являются полезными. Другие выходы – это огромный ресурс для инженера. Путем преобразования избыточных и вредных выходов, использования их для каких-либо функций решается значительное количество инженерных задач.

Критерии развития ТС

Существуют некоторые закономерности, определяющие в основном пути развития технических систем. Характеристиками этих закономерностей является ряд параметров, которые названы критериями развития /5/. Они указывают направление прогрессивного развития изделий и технологий. Выделяют четыре группы критериев. Рассмотрим основные показатели из состава этих групп.

1. ***Функциональные критерии***, характеризующие важнейшие показатели реализации функций технических систем.

1.1 ***Критерий производительности***, частными случаями которого являются механизация, автоматизация, непрерывность процесса и т. д. Данный критерий всегда может быть определен или вычислен, он характеризует скорость выполнения главной полезной функции.

1.2 ***Критерий точности*** обычно связан с предыдущим критерием обратной связью. При попытке повысить один из двух показателей снижается другой, но как характеристика качества выполнения ГПФ он имеет большое значение. Частными случаями могут являться показатели точности обработки материала, потока энергии или информации, точности измерения и т. д.

1.3 ***Критерий надежности*** включает в себя ***безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтопригодность.***

При создании новых систем или при их оценке необходимо стремиться к максимальному увеличению показателей первой группы.

Критерии развития ТС

2***. Технологические критерии*** обеспечивают всестороннюю экономию живого труда и материалов при изготовлении ТС и подготовке их к эксплуатации.

2.1 ***Критерий трудоемкости изготовления*** должен быть убывающим при сопоставлении различных поколений ТС.

, где - суммарная трудоемкость проектирования, изготовления и подготовки к эксплуатации;

- главный показатель эффективности.

2.2 ***Критерий технологических возможностей*** отражает простоту и принципиальную возможность изготовления ТС. Он рассматривает наличие деталей изготовление которых в данный момент невозможно по техническим или экономическим причинам, количество деталей изготовление которых затруднительно и деталей которые изготовит несложно.

Критерии развития ТС

2.3 ***Критерий использования материалов*** отражает эффективность процессов обработки деталей ТС.

где G – масса материалов в изделии;

P – масса затраченных материалов.

2.4 ***Критерий расчленения ТС на элементы*** отражает особенности компоновки и агрегатирования, его значение исторически складывается для определенных типов систем. Уменьшение расчленения приводит к повышению прочности конструкции, к снижению количества комплектующих, упрощению сборки. К отрицательным сторонам можно отнести усложнение деталей, их обработки и перемещения, необходимость в случае повреждения замены крупных дорогостоящих элементов и наоборот.

Критерии развития ТС

3. ***Экономические критерии*** характеризуют только экономическую целесообразность реализации полезной функции с помощью рассматриваемой системы.

3.1 ***Критерий расхода материалов*** влияет на стоимость ТС, стоимость погрузочно-разгрузочных и транспортных работ при ее изготовлении и доставке, на экономию энергии при эксплуатации ТС. Он определяется по формуле:

3.2 ***Критерий расхода энергии*** отражает энергоемкость производства и эксплуатации рассматриваемой ТС.

где - полные затраты энергии за время эксплуатации;

Е – затраты энергии при изготовлении ТС;

Т – время эксплуатации.

Частным случаем данного критерия (обратной величиной) является коэффициент полезного действия.

Критерии развития ТС

3.3 Важность ***критерия затрат на информационное обеспечение*** особенно явно обозначилась в последние годы, когда для разработки новых изделий, подготовки и управления производством все больше и больше применяются новейшие компьютерные технологии.

где S – затраты на подготовку и обработку информации, стоимость компьютерной техники, разработки или аренды программного обеспечения и т. д.

Стоимость программного обеспечения может быть в десятки раз дороже техники. Так, например стоимость годовой аренды швейцарского программного комплекса Autoform, предназначенного для моделирования процессов листовой штамповки составляет порядка 50000 евро. Всего в мире на сегодняшний день работает около 1700 инсталляций, в России число рабочих мест чуть более 10. Лишь некоторые предприятия, в числе которых АВТОВАЗ и ГАЗ имеют этот мощный программный аппарат, способный решать сложнейшие задачи.

3.4 ***Критерий габаритных размеров*** ТС, отражает тенденцию к уменьшению геометрических характеристик большинства изделий. Это приводит к уменьшению площади, занимаемой ТС, к уменьшению площадей зданий для хранения и размещения, к сокращению расходов на транспортировку, защиту ТС.

Критерии развития ТС

4. ***Антропологические критерии*** связаны с вопросами человеческого фактора, с воздействием положительных или отрицательных факторов, вызванных созданной системой на людей. Они обеспечивают наибольшее соответствие и приспособление ТС к человеку, снижение дискомфорта, повышение положительных эмоций, снижение вредных и опасных воздействий на человека.

4.1 ***Критерий эргономичности*** характеризует свойства системы человек – машина изменять свою эффективность в зависимости от степени использования возможностей человека. До недавнего времени в нашей стране этому показателю уделялось недостаточное внимание. Однако реалии сегодняшнего дня, условия конкуренции с ведущими мировыми производителями определяют эргономичность как один из основных критериев по которым производится выбор ТС. Без повышения приспособленности разрабатываемых ТС к жизни и работе людей успех этих товаров на рынке невозможен.

Критерии развития ТС

4.2 Другим критерием, значение которого трудно переоценить является ***экологичность.*** Бурное развитие техники в последние десятилетия привело к сильнейшему загрязнению атмосферы, почвы и вод Мирового океана. Многие места на нашей планете практически непригодны для жизни человека. Поэтому от того, какие ТС будут созданы сейчас и в ближайшее время, зависит существование человечества. Транспортные средства должны резко сократить количество вредных выбросов в атмосферу, переходить на альтернативные источники энергии, должны более активно использоваться возобновляемые источники энергии, такие как энергии солнца, ветра, приливов, промышленные предприятия должны переходить на безотходные технологии, использовать новейшие системы очистки выбросов и стоков.

4.3 ***Критерий безопасности*** характеризует количество вредных и опасных факторов, создаваемых рассматриваемой ТС для окружающих ее людей. В настоящее время при разработке новой техники этому уделяется большое внимание, необходимо чтобы наряду с функциональностью, экономичность и другими параметрами повышалась безопасность.

Противоречия в технических системах.

Создавая новые объекты техники, человек практически всегда сталкивался с тем, что кроме положительного эффекта, это приносило и нежелательный.

Иногда нежелательный эффект является громадным и может сравниться с положительным (например, при строительстве гидроэлектростанций на равнинных реках), иногда он еле заметен и может проявиться через значительное время, но его присутствие предопределено законами диалектики.

В соответствии с законом единства и борьбы противоположностей борьба этих эффектов является источником развития технических систем, а само развитие техники выглядит как процесс зарождения, обострения и разрешения противоречий в ТС.

Противоречия, возникающие в системе «общество-техника» наиболее масштабны и заметны. Их называют ***социально-техническими противоречиями (СТП).***

ТС призваны удовлетворять потребности общества. Однако часто бывает так, что потребность общества существует, а ТС удовлетворяющей эту потребность нет. Примером этого могут служить многовековые мечты людей о покорении воздушного пространства и морских глубин, которые только в последние десятилетия стали воплощаться в реальность.

Другим проявлением СТП является опережающий рост потребностей общества по сравнению с возможностями техники. Существует значительное количество ТС, которые из-за дороговизны, трудоемкости изготовления не получили пока еще широкого распространения. Однако общество желало бы большего количества подобно ТС. Примером могут являться малогабаритные надежные летальные аппараты, средства спутниковой связи и навигации, переносные компьютеры и т.д.

Противоречия, возникающие в системе «общество-техника» наиболее масштабны и заметны. Их называют ***социально-техническими противоречиями (СТП).***

ТС призваны удовлетворять потребности общества. Однако часто бывает так, что потребность общества существует, а ТС удовлетворяющей эту потребность нет. Примером этого могут служить многовековые мечты людей о покорении воздушного пространства и морских глубин, которые только в последние десятилетия стали воплощаться в реальность.

Другим проявлением СТП является опережающий рост потребностей общества по сравнению с возможностями техники. Существует значительное количество ТС, которые из-за дороговизны, трудоемкости изготовления не получили пока еще широкого распространения. Однако общество желало бы большего количества подобно ТС. Примером могут являться малогабаритные надежные летальные аппараты, средства спутниковой связи и навигации, переносные компьютеры и т.д.

Очень часто случается так, что длительное время известная и используемая ТС в какой-то момент времени перестает отвечать требованиям общества. Причины могут быть различными. Это и изменение требований и приоритетов общества, и рост количества ТС, приводящий к недопустимому увеличению влияния вредных выходов на окружающую среду и на жизнь людей. Примером может служить использование двигателей внутреннего сгорания. Данная система была изобретена более 100 лет назад, но лишь в последние десятилетия, когда количество основных носителей данной ТС – автомобилей стало расти гигантскими темпами и большинство городов окутали выхлопные газы, европейское сообщество создало систему требований к производителям двигателей. Последовательно вводимые с 90-х годов 20 века нормы Евро 1, 2, 3, 4, 5, 6 регламентируют количество вредных выбросов.

Технические противоречия возникают между различными частями системы, между свойствами и параметрами которыми эта система обладает. Технические противоречия (ТП) – это внутренние противоречия. Если традиционными способами улучшать одну часть (параметр) системы, то ухудшается другая часть (параметр). Положительный и нежелательный эффекты (ПЭ и НЭ) в большинстве случаев неразрывно связаны между собой, и можно записать: ***ТП=ПЭ+НЭ***

Существуют типовые технические противоречия, например, «вес-прочность», «точность – производительность», которые проявляются в большинстве технических систем и технологических процессов.

Пока положительный эффект превышает нежелательный, техническое противоречие мало заметно. Когда же ухудшение начинает приближаться к границам допустимого техническое противоречие обостряется. Оно может перерасти в социально – техническое противоречие, которое обостряется вместе с техническим. При разрешении ТП одновременно разрешается и СТП. Таким образом, новые технические решения, предполагающие качественное изменение исходной системы, связаны с разрешением обостренного ТП.

Разрешить обостренное ТП – это значит перевести ТС в такое состояние, при котором нежелательный эффект перестает быть недопустимым. Поскольку «недопустимость» эффекта зависит от окружения системы, от критериев ее оценки, разрешить ТП можно как за счет изменения ее внутреннего функционирования при неизменных внешних связях, так и за счет изменения внешнего функционирования ТС.

Начинать работу с противоречием нужно с его выявления на качественном уровне. Из определения ТП следует, что для этого необходимо установить, как связаны между собой положительный и нежелательный эффекты через внутренне функционирование системы. Другими словами необходимо установить причинно-следственную связь между улучшаемой и ухудшаемой сторонами системы.

В соответствии с законами диалектики механизм разрешения противоречий заключается в диалектическом отрицании. Применительно к ТП отрицанию должен подвергнуться нежелательный эффект, а положительный должен остаться. Поскольку положительный и нежелательный эффекты соединены между собой причинно-следственной цепочкой, то отрицание нежелательного предполагает отрицание звеньев этой цепочки.

Если сопоставить друг с другом две цепочки: исходную и полученную после отрицания и наметить возможные варианты перехода с одной на другую (от положительного эффекта к отрицанию нежелательного), то получим возможные направления разрешения ТП.

В ряде случаев необходимо совмещение в одной и той же части системы двух противоположных состояний, явлений или веществ. Например, количество углерода в стали должно быть большим (для улучшения прочностных свойств) и должно быть маленьким (для противостояния ударным нагрузкам). Элемент должен проводить ток и быть диэлектриком. Стремясь убрать конфликтующие противоречивые отношения между внешними сторонами технических систем, получаем противоречие на уровне внутреннего функционирования системы. Это ***физическое противоречие (ФП).***

С точки зрения традиционной логики физическое противоречие – это тупик, ошибка, парадокс, с позиций диалектической логики несовместимость – понятие относительное. При совмещении подобных требований необходимо использовать специальные принципы разрешения ФП.

В частности, в первую очередь следует выяснить, действительно ли необходимо совмещать оба противоречивых состояния компонентов в одной и той же точке пространства в один и тот же момент времени. Так, возвращаясь к приведенному примеру, науглероженная твердая сталь нужна на поверхности детали, а внутренние слои могут оставаться малоуглеродистыми. Это противоречие разрешено с помощью цементации, соединившей прочность и ударную вязкость.

При разделении несовместимых свойств во времени система становится более динамичной. Примерами могут служить убирающиеся шасси и изменяющаяся стреловидность крала самолета, изменяющиеся характеристики подвески и дорожный просвет легкового автомобиля и т. д.

Как правило, физическое противоречие однозначно связано с техническим. Каждому ТП соответствует ФП и наоборот. Тогда с учетом ранее сказанного можно записать:

ФП =ТП= СТП

Путь к созданию качественно новых систем лежит через выявление ФП, особенностей их проявления и нахождение способов их разрешения. В этом заключается одно из проявлений закона перехода количественных изменений в качественные.

Некоторые пути разрешения противоречий в процессе развития ТС

Описанию жизненного цикла технических систем посвящено значительное количество работ /5-7/.

Существуют общие особенности, отражающие изменение во времени главных показателей системы, ее эффективности, количества и уровня изобретений, относящихся к данной ТС и т. д. Знание особенностей развития ТС необходимо для выяснения резервов и определения целесообразности совершенствования данной системы или создания принципиально новой.

После создания ТС, она начинает развиваться в соответствии с общественной потребностью. Развитие проявляется в увеличении наиболее важных параметров: скорости, грузоподъемности, производительности, точности. Это приводит к обострению противоречий между различными полезными функциями системы. Разрешение большинства из этих противоречий осуществляется путем специализации.

Одной из закономерностей развития ТС является увеличение числа систем с их одновременной специализацией и дифференциацией.

В качестве примера можно рассмотреть историю развития автомобиля. Появившись в конце 19 века первые «самобеглые коляски» вскоре превратились в легковые, грузовые автомобили и автобусы. В настоящее время существуют десятки различных разновидностей автомобилей, отличающиеся предназначением, формой кузова, трансмиссии, типом двигателя.

Специализированные системы создаются для выполнения постоянной работы. Как только позволяет уровень техники, близкие системы объединяются в одну более универсальную. Циклы «специализация – универсализация» в процессе развития ТС могут повторяться несколько раз.

По мере роста наиболее важных параметров ТС все чаще обостряется ее главное противоречие, и все труднее дается его разрешение. Это свидетельствует о приближении к пределам возможностей данного принципа действия. ***Разрешение противоречий в данной ситуации возможно за счет объединения близких по функциям, но различных по принципу действия систем***. Причем в полученной системе должны взаимно компенсироваться недостатки каждого из принципов действия.

Примером могут служить самолеты вертикального взлета и посадки (объединение принципа действия самолета и ракеты), гибридные автомобили у которых наряду с двигателем внутреннего сгорания имеется электромотор, работающий при разгоне как дополнительный двигатель а при торможении как генератор.

При исчерпании возможностей принципа действия системы происходит его замена более перспективным. Смена принципа действия фактически означает рождение новой ТС.

Смена принципа действия с усложнением формы движения материи в системе – одна из основных тенденций развития техники. Развитие может происходить за счет использования законов природы, за счет более полного и комплексного применения всех известных и освоенных природных явлений и эффектов. Первые ТС использовали в основном механику. ***Прогресс техники имеет вид постепенного освоения физической, химической, биологической формы движения материи.***

Если принцип действия ТС сменить нельзя, рост функционального эффекта достигается за счет надсистемы. Так, например скорость движения машин и общественного транспорта в современных больших городах очень мала. Увеличить ее можно за счет построения дополнительных подземных и надземных магистралей и развязок.

Рост функционального эффекта системы может замедлиться или даже остановиться. Развитие ТС в этом случае идет только за счет повышения эффективности. ***Предельное состояние системы с бесконечной эффективностью (полезный результат есть, а затраты равны нулю) назовем идеальной технической системой.***

Идеальное транспортное средство – это перемещение людей и грузов без самого транспортного средства, идеальное вещество – это набор полезных свойств без самого вещества, идеальный процесс – это результат без самого процесса (мгновенное получение чего-либо).

Стремление к идеальному конечному результату (ИКР) в большинстве случаев не дает возможности его получить, но даже несколько шагов сделанных в этом направлении дают возможность решить поставленную техническую задачу. ИКР указывает направление поиска, направление движения при решении технических задач.

Рассмотрим основные принципы идеальности:

1. Необходимо получать полезный результат от действия или средства без самого действия или средства (получать даром). Осуществление этого принципа идет за счет использования различных выходов соседних систем. Это различные процессы вторичной переработки, получение электроэнергии от возобновляемых источников (солнца, ветра, волн т. д.)

2. В каждый момент времени в каждой точке ТС должны быть только те свойства и взаимодействия, которые необходимы для получения конечного результата (ничего лишнего). Этот принцип ориентирует на создание ТС, лишенных избыточности.

3. Необходимо максимально использовать имеющиеся свойства и взаимодействия элементов системы и ее окружения, устранять потери и отходы (из лишнего - максимальную пользу). Предусматривается максимальное использование всех резервов системы: неполезных выходов (отходов), скрытых свойств, снижение потерь энергии, оптимальное использование пространства и времени.

Необходимо доводить до минимума затраты времени на получение полезного результата (получать сразу, мгновенно). Это путь к повышению эффективности происходящих в системе процессов: сокращение числа переходов и совмещение их в пространстве и во времени, то есть переход от последовательных операций к параллельным, от цикличных процессов к непрерывным.

Сложность ТС возрастает. Увеличивается их универсальность, динамизм, усложняется форма движения материи. В процессе развития ТС действуют два закона: увеличение функционального эффекта и повышение эффективности (идеальности) системы. При всем многообразии возникающих противоречий основной схемой их устранения является:

1. Переход от рассматриваемой ТС к идеальной путем формулирования идеального конечного результата.
2. Переход от технических противоречий к физическим.
3. Поиск эффективных способов преодоления ТП и ФП.
4. Преобразования для устранения противоречий.

Основные методы и приемы творческой деятельности

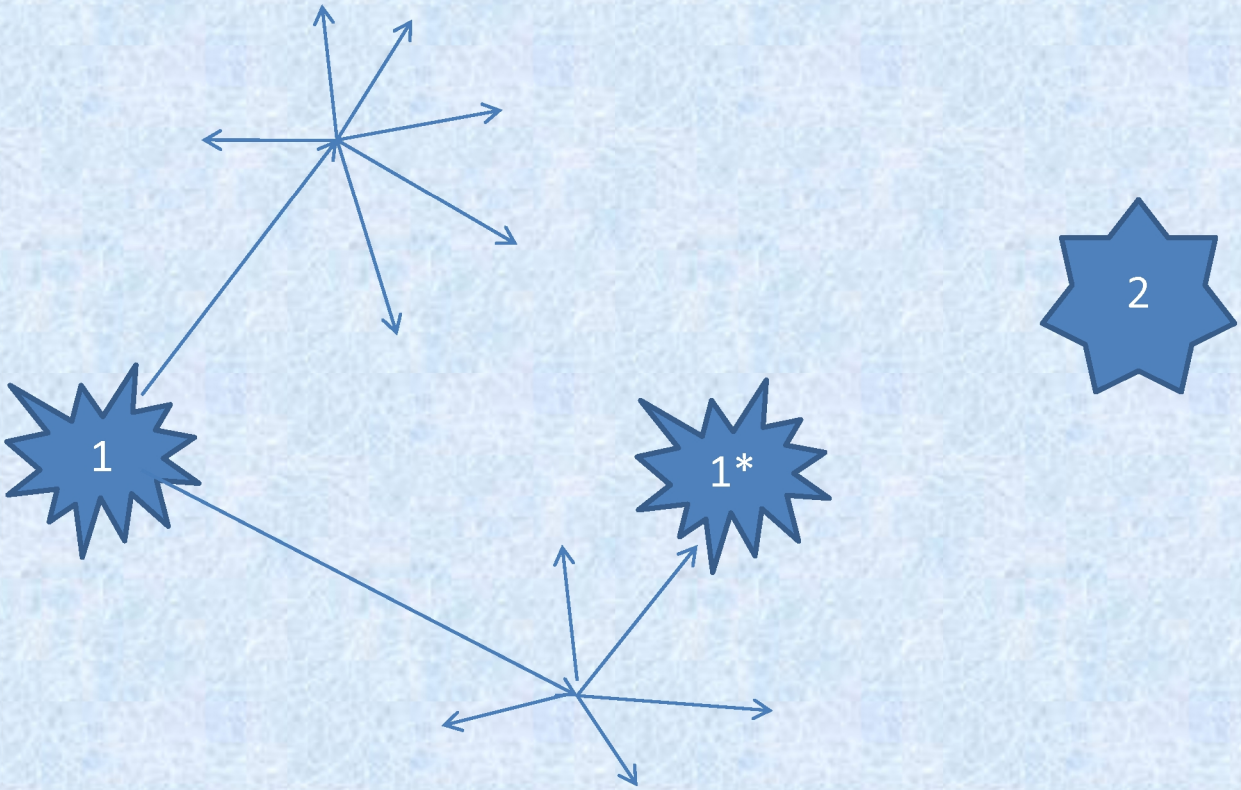
Попыткам ученых и философов создать науку об изобретательстве более двух тысяч лет. Первым начал разработку учения еще древнегреческий философ Сократ (469-399 гг. до н. э.), который ставил задачу создания метода, с помощью которого можно создавать систему. Архимед (287-212 гг. до н. э.) разработал учение о методах решения задач. Древнегреческий математик Папп Александрийский в III веке н. э. ввел термин «эвристика» для обозначения методов решения задач, отличных от математических и логических. Его трактат «искусство решать задачи» явился первым методическим пособием, показывающим как решать подобные задачи. В последствии лишь в эпоху возрождения труды Галилея, Лейбница, Вольфа и некоторых других ученых продолжили становление эвристики как науки.

В наше время эвристикой принято называть науку о творческом мышлении, исследующую правила и методы, ведущие к открытиям и изобретениям. Однако сумма накопленных знаний о подобных методах еще не нашла широкого научного признания. Необходимость интенсификации творчества и развитие его методологии еще недостаточно осознанна обществом. Но количество и уровень стоящих перед ним научно-технических задач требуют активизации творческого мышления, создания надежной и эффективной методологии, перехода к современным и продуктивным методам творчества.

Метод проб и ошибок

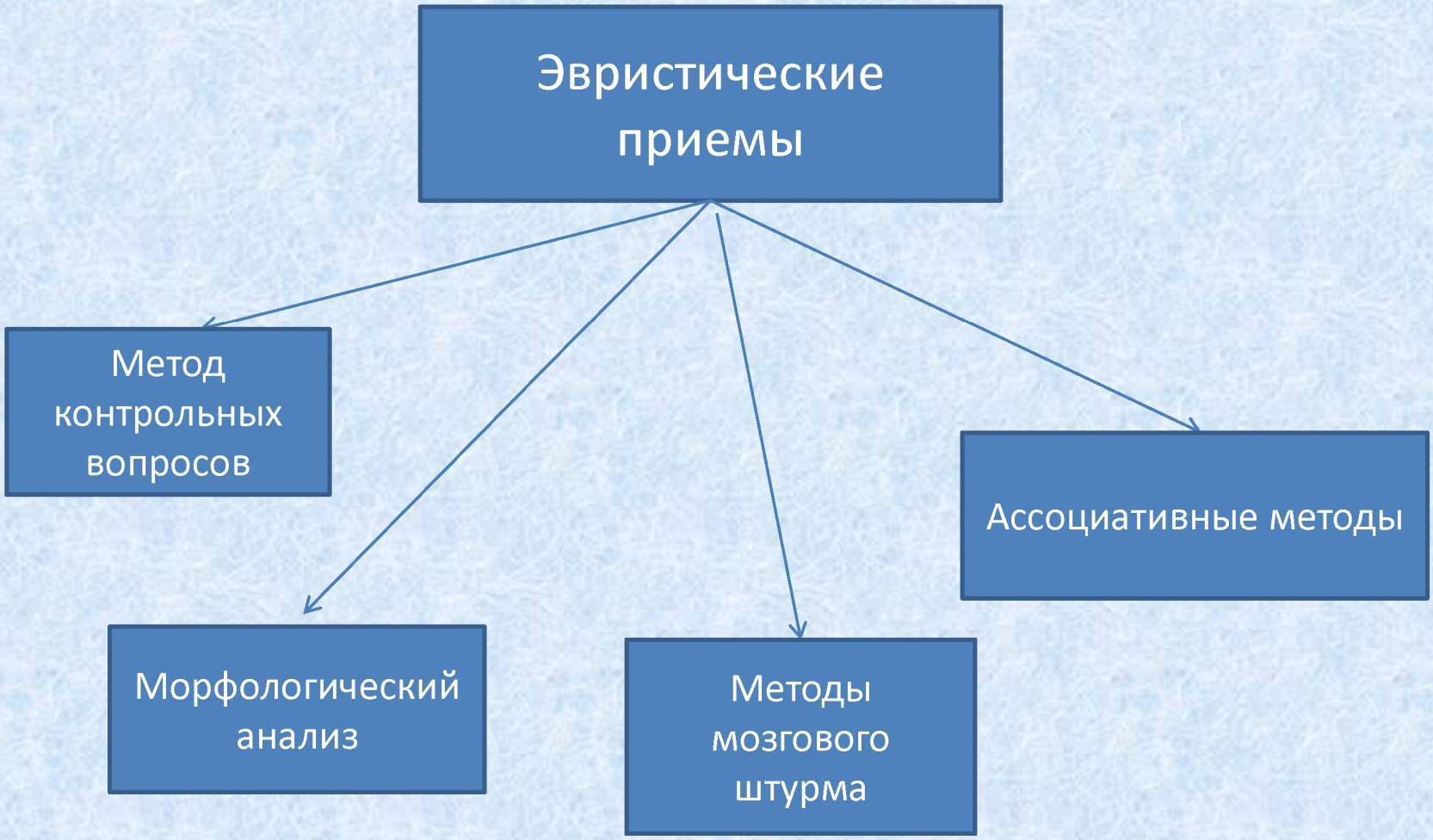
- С древнейших времен человек ставил перед собой и решал простейшие изобретательские задачи. Они были связаны с его повседневной деятельностью: добыванием пищи, защитой от различных опасностей и т. д. Со временем задачи усложнялись, число их увеличивалось, но методы решения не изменялись.
- Задачи решали методом проб и ошибок, перебирая различные – возможные и невозможные, осуществимые и неосуществимые варианты. Перебрав большое количество вариантов, изобретатель часто находил приемлемое решение. И сегодня метод может быть использован при решении несложных задач.

- Но как же быть с задачами высокого уровня, которые требуют рассмотрения и оценки многих тысяч вариантов решения? Ведь метод не дает правил выдвижения идей, критериев их оценки. Изобретатель подчас останавливается далеко не на лучшем варианте решения, так как на поиск другого могут уйти многие месяцы и даже годы.



Уже к концу 19 века стало ясно, что метод стал недостаточно быстрым и эффективным. Чтобы повысить эффективность творческого поиска, в него стали вовлекать все большее количество людей, причем использовались специалисты различного профиля. Так в мастерской Эдисона работало до 1000 человек. Проблема разбивалась на несколько задач, и по каждой задаче одновременно велась проверка многих вариантов. Подобные мастерские постепенно превращались в современные специализированные, узкопрофильные НИИ и КБ, где индустрия изобретений в основном организована на методе проб и ошибок.

Конечно, в процессе работы сейчас не нужно проверят все возможные варианты, опыт и знания позволяют многие из них заранее оценить, принять или отвергнуть. Замена реальных экспериментов теоретическими, мысленными, использование виртуальных, компьютерных приемов позволяют ускорить путь к нахождению результата, но все это в целом не компенсирует недостатков метода проб и ошибок. Основанная на методе организация творческого труда пришла в социально-техническое противоречие с требованиями настоящего времени.



Эти методы не связаны между собой, ни с сущностью и основными законами развития технических систем.

Метод контрольных вопросов

Метод контрольных вопросов заключается в том, что ученый, инженер отвечая на предложенные ему вопросы, подходит к решению своей задачи или определяет новое направление, в котором лучше искать, расширяя при этом зону поиска. Лежащая в основе метода функция подсказки определяет его эвристическую ценность. Его применение уменьшает случайность поиска и повышает вероятность получения положительных результатов.

С начала 20 века разными авторами было предложено много различных вариантов списков контрольных вопросов (А.Осборн, Т.Эйлоарт, Д.Пойа, Р.Кроуфорд, С.Пирсон...)

Список вопросов по Т. Эйлоарту

- Перечислить все качества и определения предполагаемого технического решения.
- Сформулировать задачу четко и ясно. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные и аналогичные задачи, выделить главные.
- Перечислить недостатки имеющихся вариантов решения, их основные принципы и предположения.
- Привести фантастические, биологические , экономические и другие аналогии.
- Попробовать различные виды материалов и энергии: газ, жидкость, твердое тело; тепловую, магнитную энергию и т. д.; переходные состояния вещества: замерзание, испарение и другие.
- Постоянно думать о проблеме, сжиться с ней.
- Определить идеальное решение, разрабатывать возможные варианты перехода к нему.
- Кто решил похожую проблему, как он это сделал и т. д.

В зависимости от специфики, сложности, характера функций анализируемого объекта, целей поиска каждая группа вопросов может быть дополнена более конкретными вопросами, подсказанными опытом изобретателя.

В промышленно развитых странах подобные вопросники используются давно и довольно широко. Это связано, прежде всего, с необходимостью постоянно подталкивать ученого, изобретателя, инженера в его деятельности, не давать остановиться для обеспечения успеха предприятия в условиях острой конкурентной борьбы.

В целом метод контрольных вопросов может быть использован на начальных стадиях постановки или решения технически несложных задач.

Метод морфологического анализа

Прообразом морфологического метода можно считать комбинаторику Раймондо Луллия. В 13 веке он делал устройства в виде нескольких дисков разного диаметра, сидящих на одной оси. На дисках по окружности были записаны различные понятия. Вращая диски друг относительно друга при совмещении различных секторов с понятиями можно было получить некоторые высказывания и суждения.

В современной форме морфологический анализ создан швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки. В 30-е годы прошлого века он применил его к решению астрофизических проблем и предсказал существование нейтронных звезд. В годы второй мировой войны Цвикки участвовал в американских военных разработках и активно применял морфологический анализ при создании реактивных ракетных двигателей.

Метод заключается в попытке охватить все многообразие возможных решений задачи, которые вытекают из закономерностей строения (т. е. морфологии) исследуемой системы. Он предусматривает:

- Формулировку задачи.
- Составление списка характерных параметров (или признаков) объекта. К параметрам предъявляются определенные требования. Они должны быть существенными для любого решения, независимыми друг от друга, охватывающими все аспекты задачи, достаточно немногочисленными, чтобы обеспечить быстрое изучение.
- Перечисление всех возможных вариантов изменения каждого параметра.
- Рассмотреть все возникающие варианты решения от комбинирования всех возможных сочетаний параметров. На практике происходит составление двухмерных или многомерных таблиц или матриц. В случае наличия только двух параметров получается двухосная таблица, где по осям располагаются варианты изменения параметров, а каждая клетка в середине таблицы – возможны вариант решения.
- Анализируются полученные варианты и отбираются лучшие решения.

Морфологический анализ более эффективен, чем поиск с помощью бессистемных проб, он позволяет выявить очень много вариантов, найти неожиданные, оригинальные решения. Однако отсутствие правил отбора и оценки вариантов приводит к субъективизму и при большом количестве решений этот этап очень затруднителен.

Метод целесообразно использовать при решении конструкторских задач, при проектировании, модернизации технических систем, при поиске компоновочных решений. Задачи высокого уровня при помощи морфологического анализа решаются крайне редко.

Методы мозговой атаки

Первые сведения об использовании некоторых элементов метода относятся к XVI – XVII векам, когда во время морских путешествий проходили обсуждения всей командой возникших сложных и непредвиденных ситуаций.

В современном виде метод был разработан американским инженером А. Осборном в 40-е годы прошлого века.

Он заметил, что одни люди более склонны к генерированию идей, другие к их критическому анализу. При обычных обсуждениях эти люди оказываются вместе и мешают друг другу. Осборн предложил разделить этапы генерирования и анализа идей. Обычно во время сеанса мозговой атаки высказывается от 50 до 150 идей. Происходит как бы цепная реакция идей, приводящая к интеллектуальному взрыву. При индивидуальной работе – общее число идей будет в несколько раз меньше. Более 90 процентов важных конструкторских идей возникают подобно электрической искре при контакте с мнениями других людей.

Метод прямой мозговой атаки

1. Составление формулировки задачи, которая должна быть четкой и понятной для всех участников группы, должна отвечать на вопросы:

   - что в итоге желательно получить или иметь,

   - что мешает получению желаемого.

2. Формирование творческой группы.

   Оптимальное число участников составляет 5-12 человек. В группе обычно выделяются две части: постоянное ядро (руководитель и сотрудники легко и плодотворно генерирующие идеи и знающие правила) и временные члены (специалисты по исследуемой проблеме и специалисты - смежники).

3. В ходе работы должны выполнятся следующие правила для участников:

- максимальное число высказываемых идей;
- запрещено высказывание критических идей;
- одобрять и принимать любые идеи;
- создание непринужденной обстановки, шутки, юмор, смех;
- развитие, комбинирование и улучшение высказанных ранее идей;
- обеспечение между участниками дружелюбных и доверительных отношений.

4. Руководителем (ведущим) выбирается наиболее опытный участник группы, который должен:

- представить участников группы, давать им лестную характеристику;
- ознакомить с правилами проведения сеанса;
- изложить формулировку задачи, чётко и эмоционально;
- обеспечить соблюдение всех правил, не пользуясь приказами и критическими замечаниями;
- обеспечить непрерывное высказывание идей, заполнять паузы поощрительными репликами;
- направлять обсуждение, расширять сферу поиска.
- следить за регламентом работы (высказывания не более 30-ти секунд и т.д.)

5. Оповещение участников должно быть осуществлено за 2-3 дня с изложением целей и задач Организация и проведение самого сеанса (продолжительность 1,5 – 2 часа) должны включать следующие моменты:

- представление участников и ознакомление с правилами – 5-10 мин;
- постановка ведущим задачи с ответами на вопрос -10-15 мин;
- проведение сеанса – 30-40 мин;
- перерыв -10 минут;
- составление отредактированного списка идей – 30-45 мин.

Для сеанса обычно выбирается нейтральное и нешумное помещение, в котором находится П-образный или круглый стол. Повысить качество работы может показ короткометражного фильма на рассматриваемую тему, фоновая музыка, показ образцов, аналогичных объектов, угощение чаем, кофе, объявление перед сеансом о вознаграждении в случае получения приемлемого результата и т. д.

6. Запись и оформление результатов сеанса могут проводиться следующими способами:

- ведение стенограммы;
- запись на видео или на магнитофон;
- каждый участник после высказывания записывает свою идею.

После сеанса проходит коллективное редактирование полученного списка идей с полукритическим отношением. При этом можно не только обсуждать, отбрасывая заведомо невыполнимые идеи, но и развивать приемлемые и дополнять список новыми предложениями. Все идеи делят на три группы:

а) наиболее применимые и легко реализующиеся;

б) наиболее эффективные перспективные

в) другие

Далее список передается заинтересованным лицам.

Методы мозговой атаки представляют собой достаточно эффективные способы решения поставленной задачи, которые целесообразно использовать:

- при решении изобретательских и рационализаторских задач в самых различных областях техники.
- при самых различных постановках задачи по форме деятельности и глубине проработки
- на различных этапах решения творческой задачи и на различных стадиях разработки и проектирования изделия
- в сочетании с другими эвристическими методами

Так же с их помощью могут быть решены задачи из области организации производства, сфера обслуживания, бизнеса, экономики, социологии, уголовного розыска, военных операций и т.д., если они просто и ясно сформулированы.

За время существования метода возникло множество его разновидностей, таких как индивидуальный, массовый, поэтапный, многоступенчатый мозговой штурм, синектика и т. д. Одной из интересных разновидностей, в основе которой лежит критика, направленная на максимальное выявление недостатков является обратная мозговая атака.

Ассоциативные методы

В данных методах для генерирования идей используются аналогии и ассоциации (связи возникающие при определенных условиях между двумя и более психическими образованиями – ощущениями, двигательными актами, восприятиями, идеями и т. п.).

При решении практических задач используются в основном четыре вида аналогий: прямая, символическая, личная и фантастическая.

При прямой аналогии рассматриваемый объект сравнивается с более или менее схожим из другой области техники или природы. Например: очки – хамелеон, сеть – паутина и т. д.

Ассоциативные методы

- Символическая аналогия предусматривает формулировку в обобщенной, абстрактной форме сути явления или понятия. Например: пламя – видимая теплота, прочность – принудительная целостность.
- Личная аналогия (эмпатия) представляет собой отождествление с исследуемым объектом. Человек должен настолько «прочувствовать» проблему, чтобы вжиться в образ совершенствуемого объекта.
- При фантастической аналогии в решение вводят какие-то фантастические средства, выполняющие то, что требуется по условию. С их помощью анализируются альтернативы на основе нереальных вещей или сверхъестественных процессов, например отсутствие массы, трения и т. д.

Ассоциативные методы

Кроме решений по аналогии существует группа методов использующих дальние ассоциации и их цепочки, приводящие к неожиданным скачкам мысли и психологической активизации. К таким методам относятся методы каталога (Э. Кунце, Германия), фокальных объектов (Ч. Вайтинг, США) и гирлянд случайностей и ассоциаций.

Методы позволяют взглянуть на систему или объект под необычным углом. Возможности данной группы методов ограниченны, они эффективны при поиске новых возможностей, новых вариантов несложных технических систем.

Метод фокальных объектов

- выбирается фокальный объект (ТС, которая нуждается в совершенствовании);
- выбирается 3-4 случайных объекта, их берут практически наугад;
- составляется список признаков случайных объектов;
- генерируются идеи путем присоединения к фокальному объекту признаков случайных объектов;
- развитие полученных сочетаний путем свободных ассоциаций;
- оценка полученных идей и отбор полезных решений.

Функционально - стоимостной анализ (ФСА)

Метод технико-экономического исследования систем, направленный на оптимизацию соотношения между их потребительскими свойствами (качество функций) и затратами на достижения этих свойств. Метод разработал конструктор Пермского телефонного завода Ю. М. Соболев, но как самостоятельный метод ФСА был введен в широкую практику Л. Д. Майлзом (США).

- Соболев, Юрий Михайлович, (СССР)
- 1948 г. — первый успех в применении метода поэлементного анализа на Пермском телефонном заводе.
- 1949 г. — первая заявка на изобретение, в основе которого лежал новый метод.
- Лоуренс Д. Майлс, (США)
- 1947 г. — организация в компании «Дженерал электрик» группы по созданию нового метода.
- 1949 г. — первая публикация о методе.

Функционально - стоимостной анализ (ФСА)

- Суть метода — поэлементная отработка конструкции. Ю. М. Соболев предложил рассматривать каждый элемент конструкции в отдельности, разделив элементы по принципу функционирования на основные и вспомогательные. Из анализа становилось ясно, где «спрятаны» излишние затраты. Соболев применил свой метод на узле крепления микротелефона и ему удалось сократить перечень применяемых деталей на 70 %.
- Задачей ФСА является достижение наивысших потребительских свойств продукции при одновременном снижении всех видов производственных затрат. Классический ФСА имеет три англоязычных названия-синонима — Value Engineering, Value Management, Value Analysis. Не следует путать метод ФСА, как это имеет место у некоторых авторов, с методом АВС (Activity Based Costing).
- Сегодня в экономически развитых странах практически каждое предприятие или компания используют методологию функционально-стоимостного анализа как практическую часть системы менеджмента качества, наиболее полно удовлетворяющую принципам стандартов серии ИСО 9000.

Основные идеи ФСА

- Потребителя интересует не продукция как таковая, а польза, которую он получит от её использования.
- Потребитель стремится сократить свои затраты.
- Интересующие потребителя функции можно выполнить различными способами, а, следовательно, с различной эффективностью и затратами.
- Среди возможных альтернатив реализации функций существуют такие, в которых соотношение качества и цены является оптимальным для потребителя.

Термины и определения ФСА

Функция — проявление свойств материального объекта, заключающееся в его действии (воздействия или взаимодействии) на изменение состояния других материальных объектов.

Носитель функции — материальный объект, реализующий рассматриваемую функцию.

Объект функции — материальный объект, на который направлено действие рассматриваемой функции.

Полезная функция — функция, обусловливающая потребительские свойства объекта.

Вредная функция — функция, отрицательно влияющая на потребительские свойства объекта.

Нейтральная функция — функция, не влияющая на изменение потребительских свойств объекта.

Главная функция — полезная функция, отражающая назначение объекта (цель его создания).

Термины и определения ФСА

Дополнительная функция — полезная функция, обеспечивающая совместно с главной функцией проявление потребительских свойств объекта.
Основная функция — функция, обеспечивающая выполнение главной.
Вспомогательная функция первого ранга — функция, обеспечивающая выполнение основной.
Вспомогательная функция второго ранга — функция, обеспечивающая выполнение вспомогательной функции первого ранга. Вспомогательные функции третьего и других более низких рангов — функции, подчиненные по отношению к функциям предыдущего ранга.
Ранг функции — значимость функции, определяющая её место в иерархии функций, обеспечивающих выполнение главной функции.
Уровень выполнения функции — качество её реализации, характеризующееся значением параметров носителя функции.
Требуемые параметры — параметры, соответствующие реальным условиям функционирования объекта.
Фактические параметры — параметры, присущие анализируемому объекту (существующему или проектируемому).

Термины и определения ФСА

Адекватный уровень выполнения функции — соответствие фактических параметров требуемым.
Избыточный уровень выполнения функции — превышение фактических параметров над требуемыми.
Недостаточный уровень выполнения функции — превышение требуемых параметров над фактическими.
Модель объекта ФСА — условное представление объекта в графической или словесной (вербальной) форме, отражающее его существенные характеристики.
Компонентная модель — модель, отражающая состав объекта и иерархию (соподчиненность) его элементов.
Структурная модель — модель, отражающая взаимосвязи между элементами объекта.
Функциональная модель — модель, отражающая комплекс функций объекта анализа и его элементов.
Функционально-идеальная модель — функциональная модель, отражающая комплекс функций объекта, реализуемых минимальным числом материальных элементов.
Нежелательный эффект — свойства.
Техническое противоречие — недопустимое ухудшение в анализируемом объекте одного из параметров при улучшении другого.

Этапы выполнения метода

Для проведения анализа необходимо знание не только стоимости функций, выполняемых исследуемым изделием, но и стоимость выполнения аналогичных функций другими доступными деталями или узлами. Возможно назначение стоимости в виде сравнительных оценок – отталкиваться от стоимости исходной функции, принимаемой за единицу.

В первую очередь минимизируют стоимость выполнения главных функций. При этом качество функционирования изделия стремятся сохранить на прежнем уровне. Однако не следует упускать из внимания и вспомогательные функции, часто решающим образом определяющие спрос на выпускаемое изделие (например, внешняя привлекательность, удобство эксплуатации и т.п.). Это указывает на важность знания не только стоимости каждой функции, но и её ценности (значимости).

Этапы выполнения метода

- ФСА, основываясь на выявлении всех функций исследуемого объекта и соотнесении их с его элементами (деталями, узлами, сборочными единицами), нацелен на минимизацию полной стоимости выполнения этих функций. Для этого необходимо знать функциональную структуру объекта, стоимость отдельных функций и их значимость.
- Стоимость функций включает затраты на материалы, изготовление, сборку, транспортировку и последующие обслуживание и утилизацию и т.п. (этот круг определяется целями задачи и жизненным циклом). Эффективны действия, направленные на совмещение выполнения одной частью изделия нескольких функций и на максимальную реализацию принципа ИКР (функция выполняется, а её носителя нет). На практике этому соответствует то, если стоимость нового объекта, совмещающего ряд функций, будет меньше суммарной стоимости объектов, выполнявших эти функции поврозь. Стоит отметить, что важнее искать ненужные и неэффективно работающие части изделия и отказываться от них, а не снижать их стоимость.

Этапы выполнения метода

На стоимость функции влияют:

- стоимость реализации принципа действия: энергетические затраты, доступность и стоимость материалов, последствия от побочных эффектов и т.д.;
- структурные признаки: простота (технологичность) форм деталей, их взаимное расположение и количество (разнообразие) и т.д.;
- параметрические характеристики: материалоемкость деталей, их размеры и качество поверхностей, точность изготовления и сборки и т.д.

Следует помнить, решение задачи методом ФСА конкретно и зависит от условий производства и применения исследуемого изделия. Например, на стоимость изделия влияют отличия в цене на электроэнергию в разных районах, имеющееся на данном заводе оборудование.

ФСА можно вести бессистемно с целью решения какой-то частной задачи. Например, рассматривается шероховатость некоторой поверхности. Почему здесь нужно такое качество поверхности? Нельзя ли его понизить (а, следовательно, заменить, допустим, шлифование точением) и что для этого нужно сделать или изменить?

Этапы выполнения метода

Эффективное проведение ФСА включает выполнение следующих этапов:

- Планирование и подготовка: уточняется объект и цели (минимизация стоимости или повышение качества выполнения функции при сохранении прежней стоимости), формируется рабочая группа.
- Информационный: сбор сведений по условиям применения и изготовления изделия, требованиям к его качеству, возможным проектным решениям, недостаткам.
- Аналитический: составление функциональной структуры, определение стоимости и ценности отдельных функций, выбор направления работы.
- Поисковый: улучшение решения на основе привлечения эвристических, математических и экспериментальных методов, выбор лучших вариантов.
- Рекомендательный: оформление протоколов и рекомендаций по реализации предложений.

ФСА широко применяется для повышения конкурентоспособности выпускаемых изделий, «вылизывания конструкций», т.е. такого снижения стоимости изделия и улучшения его конструкции, чтобы не допустить (сделать экономически нецелесообразным) выпуск подобного по функциям и их качеству изделия конкурирующими фирмами. Так, в Японии 100% экспортируемых промышленных изделий подвергается ФСА.

Обычно на несовершенство конструкции и неосознанное применение ФСА указывают подаваемые в процессе выпуска продукции рационализаторские предложения.

Теория решения изобретательских задач

В наше время долгие поиски решения
свидетельствуют не только о настойчивости изобретателя,
но и о плохой организации творческой работы.
Г.С.Альтшуллер

Работы по созданию метода были начаты в на рубеже 40-50 годов прошлого века в нашей стране Г. С. Альтшуллером. В их основе лежит анализ большого количества изобретений и исследование обучения методам творчества, которые позволили автору сформулировать принципиально новые подходы.

- При создании современных методов творчества необходимо учитывать закономерности развития объектов преобразования – технических систем.
- Метод должен строится на основе науки о развитии – диалектики, в частности важнейшей ее части – учения о противоречиях.

Теория решения изобретательских задач

Работы по созданию метода были начаты в 40-е годы прошлого века в нашей стране Г. С. Альтшуллером. В их основе лежит анализ большого количества изобретений и исследование обучения методам творчества , которые позволили автору сформулировать принципиально новые подходы.

- При создании современных методов творчества необходимо учитывать закономерности развития объектов преобразования – технических систем.
- Метод должен строится на основе науки о развитии – диалектики, в частности важнейшей ее части – учения о противоречиях.

Идеальный конечный результат. Противоречия.

Одно из основных понятий ТРИЗ – идеальный конечный результат (ИКР). Идеальность некоторых процессов давно подмечена народом: в русском языке более ста сложных слов, начинающихся с «само-». Предлагается вспомнить эти слова. Вещи, которые сами выполняли определенные функции, описаны в сказках.

ИКР – наименее затратное (ноль затрат), с наименьшим(нулевым) количеством нежелательных эффектов решение проблемы. ИКР необходим, чтобы определить цель решения технической проблемы. Формулировка идеального конечного результата часто содержит слово «сам» («сама», «само»).

ИКР предлагается формулировать непосредственно после постановки задачи. Он отвечает на вопрос: что должно получиться после решения проблемы?

Идеальный конечный результат. Противоречия.

ИКР необходимо формулировать, чтобы:

1. Определить цель, направление решения.
2. Избавиться от заведомо пустых проб при поиске решения.
3. Гарантировать высокое качество будущего решения.

Пример 1. Мыть стекла в офисных зданиях – дело долгое и недешевое. Можно ли оптимизировать процесс? Да, можно.

Самоочищающееся стекло предложила английская фирма Pilkinton. Оно произведено методом магнетронного напыления. Основной частью стекла является тонкое прозрачное покрытие из оксида титана. Под воздействием ультрафиолетового излучения этот материал провоцирует химическую реакцию (т. е. это катализатор), разлагающую органические соединения на поверхности стекла. Во время дождя вся грязь смывается. Стекло *само себя очищает.*

Пример 2. При очистке воды идеальным конечным результатом является *самоочищение воды – зачастую в естест*венных водоемах достаточно лишь летних температур и солнечного излучения. Разложение загрязнителей осуществляется путем фотолиза (т. е. разложением солнечным светом) либо за счет воздействия различных организмов.

Идеальный конечный результат. Противоречия.

Идеальное решение возможно получить не всегда. ИКР –это эталон, к которому следует стремиться. Близость полученного решения к ИКР определяет качество решения. Если ИКР реализовать не удается, можно сформулировать «шаг назад от ИКР» – это решение чуть хуже, чем ИКР, но уже с менее жесткими условиями.

Напомним главное правило при использовании ИКР: не следует заранее загадывать, возможно ли достичь идеального результата. Включайте фантазию! Переход от ситуации «это невозможно» к вопросу «как это сделать?» помогает снять боязнь перед необычным, смелым решением.

Термин, связанный с ИКР, – идеальность – отношение полезной функции, выполняемой устройством, к затратам. Как повысить идеальность технических систем, подробно изложено в разделе «Законы развития технических систем».

Идеальный конечный результат. Противоречия.

Одним из разделов ТРИЗ является система методов разрешения **противоречий различной природы. Создатель ТРИЗ** Г.С. Альтшуллер выделял три вида противоречий: Социально-технические (административные), технические и физические.

СТП – несоответствие в производственной и общественной ситуации желаемого и действительного. Оно возникает, когда поставлена цель, но непонятно, как ее достичь. Это может быть связано либо с неструктурированностью проблемы, либо с несистемностью деятельности людей, ее решающих. При анализе проблемы, как правило, удается сформулировать *техническое противоречие – это ситуация, когда попытка* улучшить одну характеристику технической системы приводит к ухудшению другой характеристики.

Идеальный конечный результат. Противоречия.

В основе технического противоречия (ТП), как правило, лежит *физическое противоре*чие (ФП) – предъявление противоположных требований к одному и тому же объекту (например, предмет должен быть большим и маленьким, холодным и горячим). В ТРИЗ разработаны около 50 типовых приемов разрешения противоречий. После формулировки физического противоречия необходимо наметить приемы его разрешения и приступать к поиску самого решения.

Пример. На метеостанции требовалось зимой в мороз четыре раза в сутки опускать в прорубь приборы для измерений параметров воды и взятия проб. Работа осложнялась тем, что прорубь за несколько часов полностью замерзала, и ее приходилось ломом пробивать заново. Никаких сложных механизмов на метеостанции нет. Как освободить работника метеостанции от ручной работы по пробиванию проруби?

Идеальный конечный результат. Противоречия.

Сформулируем техническое противоречие. Прорубь пробивать нужно для взятия проб воды, и этого делать не нужно, потому что это тяжелая работа. Попробуем сформулировать физическое противоречие: вода в проруби должна замерзать, так как взаимодействует с холодным воздухом, но она не должна замерзать, чтобы не пробивать ломом каждый раз прорубь (не ломать лед).

В списке типовых методов разрешения противоречий находим прием «применение посредника». Вариант решения: вмораживаем в лед трубу. На поверхность воды в трубу наливают жидкость с низкой температурой замерзания, которая не смешивается с ней и легче воды (например, бензин, керосин, масло). Труба необходима, чтобы жидкость не вымывалась.

Идеальный конечный результат. Противоречия.

Развитие общества, природы, личности происходит через преодоление, снятие, разрешение противоречий. Поэтому их можно формулировать не только в изобретательской деятельности. Разрешение социальных противоречий – более сложная задача, чем поиск технических противоречий, и выходит за рамки нашего курса.

Выделение противоречий – процесс творческий, ему нужно учиться. Возможно, это удастся не сразу. Всякое дело требует тренировки.

Вепольный анализ

Вепольный анализ – это раздел теории решения изобретательских задач, изучающий структуру, свойства и правила преобразований веполей. Он позволяет представить структурную модель исходной технической системы, выявить ее свойства, с помощью специальных правил преобразовать модель задачи, получив тем самым решение, которое устраняет недостатки исходной задачи.

Веполь – неологизм, предложенный автором ТРИЗ Г.С. Альтшуллером, – сокращение от слов «вещество» и «поле». Веполь – минимально управляемая техническая система, состоящая из двух взаимодействующих объектов.



В1, В2 – вещества;

П – поле

Вепольный анализ

Под веществом подразумевается любой материальный объект. Поле – это переносчик взаимодействия. Понятие поля в ТРИЗ более широкое и менее строгое, чем в физике. Наряду с гравитационными и электромагнитными полями в ТРИЗовской литературе упоминаются механические, акустические, тепловые и даже запаховые поля.

Основные поля, использующиеся в ТРИЗ, можно запомнить с помощью формулы МАТХЭМ, или:

М – механическое поле (трение, давление, гравитация).

А – акустическое поле (звук, ультразвук, инфразвук).

Т – тепловое поле (нагрев или охлаждение).

Х – химическое поле (взаимодействие веществ).

Э – электрическое поле. Порождается зарядами или изменяющимся магнитным полем. Может быть постоянным или переменным.

Вепольный анализ

М – магнитное поле. Создается постоянным магнитом или электрическим током, может быть постоянным или переменным.

Электрическое и магнитное поля – частные случаи электромагнитного поля.

Порядок перечисления полей не случаен, он отражает динамику развития веполей в направлении перехода от менее управляемых полей – механических – к более управляемым–электромагнитным. Такой переход является отражением закона повышения управляемости технических систем.

Вепольный анализ

Веполи обладают рядом свойств, из которых вытекают основные правила их применения при решении практических задач.

*Свойство 1. Можно измерять характеристики объекта (на*пример, элемента технической системы), если сделать его компонентом веполя. Это свойство позволяет решать целый класс инженерных изобретательских задач на получение информации об объекте – контроль, измерение, обнаружение и т. п.

*Свойство 2. Можно изменять характеристики объекта, ес*ли сделать его компонентом веполя. Это позволяет решать класс задач на управление – перемещение, изменение, регулирование и т. д.

Свойство 3. Воздействие на один из компонентов веполя может вызывать изменение других его компонентов.

*Свойство 4. Если один компонент веполя имеет определен*ную пространственную структуру, то эта структура может сформировать аналогичную структуру у другого компонента веполя.

Вепольный анализ

Зачем нужен вепольный анализ? Существуют типовые правила построения веполей, их изменения и разрушения (так называемые стандарты на решение изобретательских задач).

С помощью вепольного анализа можно рассматривать многие изобретательские задачи, выявлять различные поля и преобразованные вещества.

К составлению веполей следует относиться творчески.

Решая задачу, желательно сначала составить схему взаимодействия веществ и затем перейти к взаимодействиям с полями.

Рассмотрим несколько правил по методике решения творческих задач с помощью этих схем.

Вепольный анализ

П р а в и л о 1 . Достройка веполя.

Невепольные системы предлагается достраивать для того, чтобы сделать их более управляемыми (повышение управляемости – закон развития технических систем).

Пример 1. Обычно кору отделяют от древесины механически в специальных корообдирочных барабанах. При этом повреждается и сама древесина. Разберем эту задачу с позиций вепольного анализа.

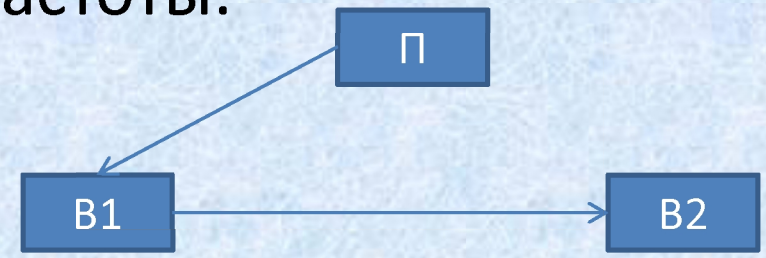
Древесина – это В1, кора – В2.

Система не вепольная

Вепольный анализ

В соответствии с рекомендациями ТРИЗ необходима достройка веполя, которая заключается во введении поля П, воздействующего только на кору в направлении ее отрыва от древесины.

В клетках древесины имеется влага, вскипание которой оторвет кору. Это можно сделать с помощью нагрева, например, токами высокой частоты.



Вепольный анализ

П р а в и л о 2 . Если необходимо разрушить вредную связь между двумя веществами В1 и В2:

а) между ними вводят третье вещество В3, либо

б) переходят к смежному веполю, в котором поле П2 непосредственно или через вещество-посредник В3 «пересиливает» исходное поле П1.

П р а в и л о 3 . Вепольные системы имеют тенденцию:

а) к увеличению степени дисперсности (измельчения) инструмента В2;

б) развитию веществ, входящих в веполь, в самостоятельный веполь (такие веполи называются цепными);

в) замене тепловых, механических и других полей электромагнитным полем.

П р а в и л о 4 . При построении и преобразовании вепольных систем необходимо максимально использовать уже имеющиеся в системе вещественно-полевые ресурсы.

Законы развития технических систем

Необходимым этапом успешного овладения ТРИЗ является знание законов развития технических систем (ЗРТС). На их основе можно проектировать новые технические системы и оптимизировать существующие.

Как и другие элементы ТРИЗ, ЗРТС сформулированы на основе анализа развития технических систем.

В настоящее время проектирование новых технических систем характеризуется автоматизацией и интеллектуализацией. В XIX в. и раньше разработка новых устройств носила стихийный характер, новые идеи появлялись случайно. В настоящее время проектирование технических систем осуществляется,во-первых, системно, во-вторых, на основе законов развития технических систем.

Закон развития технической системы – это существенное, устойчивое, повторяющееся отношение элементов технической системы между собой и с внешней средой в процессе ее эксплуатации и развития.

Законы развития технических систем

Использование ЗРТС при проектировании и оптимизации технических систем следует дополнять методами системного анализа, например, анализом структуры системы, определением главной полезной функции и др.

Области использования ЗРТС:

– усиление других методов ТРИЗ;

– решение производственных задач;

– модернизация существующих технических систем и создание новых;

– прогноз развития конкретной технической системы;

– создание в определенных областях техники «патентных зонтиков» – множества патентов, не позволяющих конкурентам обойти запатентованные решения;

– анализ аналогичных систем, потребностей потребителей, движущих сил и т. п. для выбора стратегии рынка;

– разработка планов производства на ближнюю перспективу;

– поиск новых применений технических систем.

Законы развития технических систем

Закон полноты частей системы. *Необходимым условием* принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие четырёх частей: двигателя, трансмиссии, рабочего органа и органа управления. Двигатель – часть ТС, предназначенная для накопления или преобразования одного вида энергии в другой. Трансмиссия – часть ТС, предназначенная для передачи (транспортирования) энергии к рабочему органу и (или) ее изменения. Рабочий орган – часть ТС, обеспечивающая выполнение главной полезной функции ТС. Система управления – часть ТС, предназначенная для согласования работы частей системы между собой и окружающей средой. Двигатель через трансмиссию передает энергию инструменту, который взаимодействует с заготовкой. Заготовка (изделие) – любое тело, вещество или поле, взаимодействующее с рабочим органом. Система управления оказывает определенное воздействие на другие элементы ТС для достижения главной полезной функции. Для синтеза технической системы необходимо наличие указанных четырех частей и их минимальная пригодность к выполнению функций системы. Элементов в ТС может быть больше, но наличие упомянутых четырех обязательно. Если хотя бы одна из перечисленных частей отсутствует, то это еще не ТС; если хотя бы одна часть не работоспособна, то и ТС в целом не пригодна к работе.

Законы развития технических систем

Закон увеличения степени идеальности. Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

Идеальность определяется следующей формулой:

$$I = \frac{\sum_i P_i}{\sum_j F_j}$$

где *I – идеальность; P- полезные функции, выполняемые сис*темой; *P – нежелательные эффекты и затраты.*

Сумма в числителе возникает в том случае, если мы анализируем поли-систему (систему, у которой несколько полезных функций). Для моносистемы в числителе будет только одно число. Аналогично для знаменателя. Формула носит качественный характер – редко удается явно вычислить величину *I. Это* возможно для некоторых технических систем, например, грузоподъемность автомобиля в числителе и расход бензина на сто километров в знаменателе.

Из формулы следует, что идеальность можно повысить либо за счет увеличения количества полезных функций, либо за счет снижения затрат и нежелательных эффектов.

Законы развития технических систем

Изменение свойств технических систем происходит по так называемым *S-образным кривым*. По оси *t отображается время, по оси P – пара*метр, отражающий эффективность ТС (грузоподъемность автомобиля, тактовая частота процессора и т. п.).

Развитие технических систем происходит неравномерно:

участок I – «зарождение» системы (появление идеи и опытных образцов);

участок II – промышленное изготовление системы и доработка системы в соответствии с требованиями рынка;

участок III – незначительное «дожимание» системы, как правило, основные параметры системы уже не изменяются, происходят «косметические» изменения, чаще всего не существенные, касающиеся лишь внешнего вида или упаковки;

участок IV – стагнация, ухудшение определенных параметров системы либо несоответствие производительности системы новым условиям внешней среды, в которой она эксплуатируется.

Законы развития технических систем

Закон согласования ритмики частей системы. Необходимым условием жизнеспособности технической системы является согласование работы всех частей системы.

Основные виды согласования: компонентное (согласование материалов, веществ); структурное (согласование размеров, форм, структуры); параметрическое (согласование основных параметров технических систем: температур, давлений, плотностей, электрических сопротивлений и т. д.); функциональное (согласование основных функций).

Законы развития технических систем

Закон энергетической проводимости системы.
Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.

Передача энергии от одной части системы к другой может быть вещественной (например, вал, шестерни, рычаги); полевой (например, магнитное поле) и вещественно-полевой (например, передача энергии потоком заряженных частиц). Многие изобретательские задачи сводятся к подбору того или иного вида передачи, наиболее эффективного в заданных условиях.

Как следует из закона полноты частей системы, энергия передается от двигателя к рабочему органу. Важное значение имеет следствие из закона: чтобы ТС была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между элементами и подсистемами ТС.

Законы развития технических систем

Закон неравномерности развития частей системы.

Развитие частей системы идет неравномерно, причем чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.

Неравномерность развития частей системы является причиной возникновения технических и физических противоречий.

Противоречие – источник развития, наличие противоречия означает, что система имеет ресурс развития.

Рассмотрим пример, приведенный Г.С. Альтшуллером .

Предположим, имеется рекордный катер: наилучший корпус в сочетании с наилучшим двигателем. Как увеличить скорость на 100 км/ч? Будем считать, что катер уже имеет подводные крылья.

Законы развития технических систем

Закон перехода с макроуровня на микроуровень. Развитие рабочих органов системы идет сначала на макроуровне, затем – на микроуровне. В качестве примера можно привести интенсивно развивающиеся в настоящее время нанотехнологии.

Другим примером перехода на микроуровень является такой изобретательский прием, как применение пены.

Законы развития технических систем

Закон увеличения степени вепольности.

Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности.

Смысл этого закона заключается в том, что:

а) невепольные ТС стремятся стать вепольными;

б) в вепольных системах развитие идет в направлении перехода от механических полей к электромагнитным (электромагнитные поля более управляемы);

в) в вепольных системах развитие идет в направлении увеличения дисперсности веществ;

г) в вепольных системах развитие идет в направлении увеличения отзывчивости.

Законы развития технических систем

Таким образом перечень ЗРТС запишется как:

1. Закон полноты частей системы.
2. Закон увеличения степени идеальности системы.
3. Закон энергетической проводимости системы.
4. Закон согласования ритмики частей системы.
5. Закон неравномерности развития частей системы.
6. Закон перехода в надсистему.
7. Закон перехода с макроуровня на микроуровень.
8. Закон увеличения степени вепольности.
9. Закон увеличения степени динамичности систем.

Основные этапы АРИЗ-85

I часть. Анализ задачи.

Цель: переход от расплывчатой изобретательской ситуации к четко построенной и предельно простой схеме (модели) задачи.

1) Необходимо записать условия мини – задачи по следующей форме: ТС, части системы, технические противоречия (ТП1, ТП2, и т. д.), указать желаемый результат.

Мини – задачу получают из ситуации, водя ограничения. Все остается без изменений или упрощается, но при этом появляется требуемое действие или исчезает вредное действие (свойство).

2) Выделяется и записывается конфликтующая пара элементов – «изделие и инструмент».

- Изделие – это элемент, который по условиям задачи нужно обработать (изменить).
- Инструмент – элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие.

Основные этапы АРИЗ-85

3) Составляются графические схемы технических противоречий.

4) Из схем конфликта выбирается та, которая обеспечивает наилучшее осуществление главной полезной функции (основной функции ТС, указанной в условиях задачи). Указывается эта функция.

5) Усиливается конфликт, указывается предельные состояния (действия) элементов.

6) Записывается формулировка модели задачи, в которой указывается:

- конфликтующая пара;
- усиленная формулировка конфликта;
- что должен сделать вводимый для решения задачи «икс – элемент» (сохранить, улучшить, обеспечить и т.д.)

Основные этапы АРИЗ-85

II часть. Анализ модели задачи.

Цель: учет ресурсов, которые можно использовать: ресурсов пространства, времени, вещества и полей.

1) Определить оперативную зону – пространство, в пределах которого возникает конфликт (ОЗ).

2) Определить оперативное время (ОВ). Это имеющиеся ресурсы времени: конфликтное Т1 и время до конфликта Т2. Конфликт иногда может быть устранен в течение Т2.

3) Описать вещественно – полевые ресурсы (ВПР) рассматриваемой системы, внешней среды и изделия. Составить список ВПР.

Основные этапы АРИЗ-85

III часть. Определение идеального конечного результата (ИКР) и физических противоречий (ФП).

Цель этапа: сформулировать идеальное решение (ИКР).

1) Записать формулировку ИКР-1: икс-элемент не усложняя систему и не вызывая вредных явлений, устраняет вредное воздействие в течение ОВ в пределах ОЗ.

2) Усилить Формулировку ИКР-1 рядом дополнительных требований: в систему нельзя вводить новые вещества и поля, необходимо использовать ВПР.

3) Записать ФП на макроуровне. Например, ОЗ должна быть горячей (1 свойство) и одновременно холодной (2 свойство).

4) Записать ФП на микроуровне: в ОЗ должны быть частицы обеспечивающие 1 свойство и частицы обеспечивающие 2 свойство.

5) Записать формулировку ИКР-2: ОЗ должна сама обеспечивать противоположные состояния.

Основные этапы АРИЗ-85

IV часть. Мобилизация и применение ВПР.

Цель: проведение плановых операций по увеличению ресурсов.

1) Использовать метод «моделирования маленькими человечками» (ММЧ):

а) используя метод ММЧ построить схему конфликта;

б) изменить построенную схему так, чтобы маленькие человечки действовали, не вызывая конфликта;

в) перейти от абстрактной к технической схеме.

Введенный ТРИЗ метод ММЧ в какой-то мере развивает упомянутый ранее прием личной аналогии (эмпатии). Он позволяет моделировать с помощью не одного, а многих символических «человечков» различные действия системы и их развитие.

Основные этапы АРИЗ-85

2) Если из условий известно, какой должна быть готовая система и задача сводится к определению способа получения этой системы, может быть использован способ «шаг назад от ИКР». Изображают готовую систему, затем вносят минимальное изменение. Например, если в ИКР две детали соприкасаются, то нужно показать зазор. Возникает новая микрозадача: как устранить дефект? Часто это приводит к получению ответа.

3) Проверить решается ли задача применением смеси ресурсных веществ.

4) Проверить решается ли задача заменой ресурсных веществ пустотой или смесью с пустотой.

5) Проверить решается ли задача применением веществ, производных от ресурсных.

6) Проверить решается ли задача введением вместо вещества электрического поля или взаимодействия 2 электрических полей.

7) Проверить решается ли задача применением пары «поле-добавка вещества», отзывающегося на поле (магнитное поле – ферровещество, тепловое поле – вещество с памятью формы).

Основные этапы АРИЗ-85

V часть: Применение информфонда.

Цель: использование опыта, сконцентрированного в информфонде ТРИЗ, межотраслевом фонде эвристических приемов (приложение 1) и фонде физических эффектов.

Эти фонды содержат данные о всех возможных способах преобразования ТС, о различных физических эффектах, которые могут быть внесены в задачу или как-либо использованы.

Основные этапы АРИЗ-85

VI часть: Изменение и/или замена задачи.

Для сложных задач:

1. Если задача решена перейти от физического ответа к техническому: схема, способ и т.д.

2. Если ответа нет – проверить I этап: не является ли формулировка сочетанием нескольких задач: изменить, выделить главную задачу.

3. Если ответа нет, изменить задачу, выбрав на шаге другое ТП.

4. Если ответа нет, заново сформулировать задачу, отнеся ее к надсистеме.

Основные этапы АРИЗ-85

VII часть: Анализ способа устранения ФП.

Цель: проверка качества полученного ответа.

1. Контроль ответа. Рассмотреть вводимые поля и вещества.
2. Провести предварительную оценку полученного решения.
3. Проверить по патентным данным новизну.
4. Какие подзадачи возникнут при технической разработке идеи?

Основные этапы АРИЗ-85

VIII часть: применение полученного ответа.

1. Определить как должна быть изменена надсистема.
2. Проверить может ли измененная система (надсистема) применяться по новому.
3. Использовать полученный ответ при решении других задач.

Основные этапы АРИЗ-85

VIII часть: применение полученного ответа.

1. Определить как должна быть изменена надсистема.
2. Проверить может ли измененная система (надсистема) применяться по новому.
3. Использовать полученный ответ при решении других задач.

Основные этапы АРИЗ-85

VIII часть: применение полученного ответа.

1. Определить как должна быть изменена надсистема.
2. Проверить может ли измененная система (надсистема) применяться по новому.
3. Использовать полученный ответ при решении других задач.

Основные этапы АРИЗ-85

VIII часть: применение полученного ответа.

1. Определить как должна быть изменена надсистема.
2. Проверить может ли измененная система (надсистема) применяться по новому.
3. Использовать полученный ответ при решении других задач.

Интересные факты

«Честь изобретения глубоководного лота принадлежит Петру I. Русский царь разработал специальное приспособление – цилиндрический зонд, который опускается за борт на длинной веревке и при ударе о дно открывается и забирает в себя образцы грунта». Это выдержка из книги американского океанографа 19 века М.Мори «Физическая география моря».

Лот был применен при исследовании с личным участием Петра дна Каспийского моря. За эту работу царь был удостоен звания члена Парижской Академии наук.

Интересные факты

Американец Чарльз Гудьир долгие годы искал способ сделать каучук нелипким и нечувствительным к жаре и морозу. Он проделал тысячи опытов, на что истратил всё своё состояние. Однажды он случайно положил кусок каучука с серой на горячую плиту. Каково же было его удивление, когда через некоторое время он обнаружил на плите кусок сухого и упругого вещества. Это было то, что мы теперь называем резиной.

Интересные факты

Изобретение в 1717 году Андреем Константиновичем Нартовым токарного станка с цепным приводом, а затем и токарно-винторезного станка более чем на полвека опередило изготовление аналогичного станка англичанином Генри Модсли (1797г.).

Изобретение в 1763 году Иваном Ивановичем Ползуновым паровой машины для откачки воды из шахты проложило прямую дорогу к созданию англичанином Джеймсом Уаттом в 1774 году универсального парового двигателя.

В 1779 году знаменитый русский изобретатель Иван Петрович Кулибин создал первый прожектор, свет от которого был виден на 30 *км*.

В 1832 году Павел Львович Шиллинг изобрёл электромагнитный телеграф и проложил первую подземную телеграфную линию в Петербурге.

Борис Семёнович Якоби в 1838 году испытал первое в мире судно с электрическим двигателем, кстати, им же изобретённым.

Известный русский металлург Павел Петрович Аносов сумел в 1841 году раскрыть секрет получения знаменитой булатной стали.

В 1864 году из Кронштадта в Ораниенбаум прошёл сквозь лёд первый ледокол «Пилот» («Пайлот») купца Британева, построенный им по идее безвестного капитана, положивший начало ледокольному флоту.

Интересные факты

Создание «электрической свечи» Павлом Николаевичем Яблочковым в 1875 году и лампы накаливания Александром Николаевичем Лодыгиным в 1873 году дало толчок разработкам выдающегося американского изобретателя Томаса Эдисона в этом направлении.

В 1880 году Фёдор Абрамович Блинов создал первый гусеничный трактор, положив начало новому направлению в развитии наземного транспорта.

В 1881 году приговорённый к смерти народоволец Николай Иванович Кибальчич составил описание изобретённого им реактивного летательного аппарата, усовершенствованного потом Константином Эдуардовичем Циолковским.

В 1882 году русский инженер Николай Николаевич Бенардос, использовав явление электрической дуги, открытое Василием Владимировичем Петровым, изобрёл способ электрической сварки металлов с помощью угольного электрода. Этот способ в 1887 году был усовершенствован Николаем Гавриловичем Славяновым, заменившим угольный электрод металлическим – так родилась электросварка, самый распространенный ныне способ неразъёмного соединения металлов.

В 1888 году Михаил Осипович Доливо-Добровольский изобрёл и построил первый трёхфазный генератор и асинхронный электродвигатель трёхфазного тока, позднее не раз им же усовершенствованные.

Интересные факты

В 1893 году Михаил Филиппович Фрейденберг создал первую в мире автоматическую телефонную станцию – АТС.

В 1895 году Александр Степанович Попов изобрёл радио – одно из наиболее выдающихся достижений технической мысли, положившее начало новому виду связи.

А в 1907 году русский инженер Борис Львович Розинг создаёт электроннолучевую трубку, позволившую ему осуществить в 1911 году первую в мире телевизионную передачу.

Владимир Григорьевич Шухов в 1890 году, а затем Николай Дмитриевич Зелинский предложили новый способ переработки нефти, что позволило в четыре раза увеличить выход бензина и повысить его качество.

Сергей Васильевич Лебедев в 1908 году впервые получил синтетический каучук.

В 1911 году Глеб Евгеньевич Котельников разработал ранцевый спасательный парашют.

В 1921 году Яков Модестович Гаккель спроектировал один из первых тепловозов, который был построен в 1924 году.

Интересные факты

В 1939 году авиаконструктор Сергей Владимирович Ильюшин создал бронированный самолёт – штурмовик ИЛ-2, положивший начало новому классу боевой авиации.

В 1943 году Борис Романович и Нина Иосифовна Лазаренко изобрели принципиально новый способ обработки материалов – электроискровую обработку.

В 1947 году Михаил Тимофеевич Калашников создал знаменитый автомат АК, который и сегодня является лучшей базовой моделью стрелкового оружия.

В 1950 году Андрей Дмитриевич Сахаров и Игорь Евгеньевич Тамм разработали управляемый термоядерный реактор.

В 1954 году в Советском Союзе была пущена первая в мире атомная электростанция.

В 1959 году спущен на воду первый в мире атомный ледокол «Ленин».

В 1960 году Николай Геннадиевич Басов и Александр Михайлович Прохоров создали первый оптический квантовый генератор (лазер).

Задачи

На выставке инженер объясняет посетителям:

– Раньше персики укладывали в ящики вручную, а теперь это делает машина. Конвейер подает пустой ящик на стол. Персики скатываются сверху по лотку. Электромотор заставляет стол вибрировать, чтобы фрукты укладывались плотнее. Прекрасная машина, но… падая в ящик, персики ударяются друг о друга и от этого портятся.

– Можно опустить лоток прямо ко дну ящика, – предложил один из посетителей.

– Можно, конечно, – согласился инженер. – Но по мере наполнения ящика его придется поднимать. Значит, нужна автоматическая система управления. Машина усложнится. Опускать ящик? Ещё сложнее…

Как быть?

Задачи

Вкладыши подшипников скольжения прокатных станов при работе изнашиваются. Износ контролируют замером зазора между шейкой вала и вкладышем. Для такого осмотра требуется остановить стан и демонтировать подшипниковые узлы, что ведёт к остановке всей линии. Если мы просмотрим момент, когда износ вкладыша достиг допустимой величины, может произойти авария.

Задачи

В автоматической линии для штамповки деталей из листовых стальных заготовок работает магазин, накапливающий заготовки и поштучно их выдающий. Магазин представляет собой коробку, в которую сверху поступают заготовки – плоские стальные листы толщиной 0,5–1,0 мм. Внизу коробка имеет щель, достаточную, чтобы пропустить нижнюю заготовку, выталкивает эту заготовку шибер (толкатель). Недостаток устройства: заготовки слипаются друг с другом, устройство заклинивается, выходит из строя.

Задачи

При прокатке легированной стали возникает неприятное явление – мелкие частицы металла прилипают к прокатным валкам и портят их поверхность. При прокатке обычных сталей этого не бывает.

Как устранить дефекты при прокатке легированной стали?

Тенденции развития современной инженерии

В рамках данного курса описаны далеко не все способы технического творчества. Не описаны некоторые эвристические методы, компьютерные средства поддержки и активизации изобретательской деятельности, которые получают все большее распространение. Масштабы компьютеризации труда инженера за последние десятилетия выдвигают на передний план новые методы проектирования и моделирования различных ТС. Однако эвристическим методам принадлежит решающая роль как в решении серьезных технических задач, так и в оценке результатов компьютерного проектирования, поэтому овладение этими методами актуально для каждого инженера.

Для решения творческих задач инженер должен иметь четкое представление о существующих методах решения и должен уметь пользоваться как минимум 2-3 методами, а также ориентировать в межотраслевом фонде эвристических приемов, фонде физических эффектов и в другой справочной и вспомогательной литературе. Методы, рассмотренные в начале главы, дают возможность решать несложные задачи. Комплексные методы, такие как ФСА и ТРИЗ являются наиболее универсальными и эффективными. Помочь в освоении методов может специальная литература а также курсы и семинары. Процесс обучения творчеству нелегок и продолжителен и каждый освоенный метод или прием каждая решенная задача повышают потенциал специалиста, повышают уровень его востребованности.

Тенденции развития современной инженерии

В настоящее время можно отметить следующие основные тенденции развития современной инженерии:

1. Сформировалась прикладная методология инжиниринга и управления инженерной деятельностью – системная инженерия.
2. Системная инженерия (за счет проникновения в систему образования и реорганизации его) сформировала внутри инженерной деятельности ряд новых квалификаций, таких как инжиниринг требований, проектирование системной архитектуры проекта, системная интеграция жизненного цикла сложных инженерно-природных и человеко-машинных объектов, интеграция данных проекта и знаний жизненного цикла и т.д.
3. Сложилось международное движение по стандартизации, занятое разработкой, согласованием и конвенциональным принятием норм инженерной и управленческой деятельности в виде добровольных международных стандартов.

Тенденции развития современной инженерии

4. Идея управления полным жизненным циклом продукта стала рамкой для принятия инвестиционных решений, управления рисками, IT-инструментария, подготовки кадров.

5. Сформировалась практика «распределенного» конструирования и проектирования сложных инженерных объектов, когда в разработке проекта участвуют коллективы, находящие в разных странах, часовых поясах, работающие в разных стандартах.

6. Сформировалась практика производства инженерных конструкций по электронному проекту.

7. Встала проблема интеграции данных проекта и знаний жизненного цикла, которую невозможно разрешить за счет унификации софта. Наметилось решение этой проблемы за счет интеграции данных на основе:

- разработки целостной онтологии проекта и его полного жизненного цикла, в рамках которой разнообразные данные и знания проекта заняли свое ясное место;
- стандарта интеграции данных ИСО 15 926.

Тенденции развития современной инженерии

8. Набирает силу практика «замыкания жизненного цикла» и выведения из эксплуатации сложных инженерных объектов, а также выведения их эксплуатации на уровень «нулевого воздействия на окружающую среду».

9. Конструирование и проектирование инженерных объектов перешло от плоских бумажных чертежей к объемным электронным моделям проекта, интегрирующим в себя базы данных его полного жизненного цикла.

10. Проектирование организации работ по сооружению инженерного объекта, а также само сооружение переходит на технологии так называемого 6D, включающие в себя кроме объемной модели проекта еще и время - планы выполнения всех работ (4D), поставок всех необходимых комплектующих (5D) и концентрации необходимых человеческих ресурсов (6D).

11. Единицей планирования работ, принятия управленческих решений, формирования компетенций для международных корпораций становится не отдельный человек, а коллективы 25-200 человек.

12. Ключевыми моментами, обеспечивающими сегодня конкурентоспособность инжиниринга, становятся технологии инженерного и управленческого мышления, основанные на системном анализе, системном проектировании, системном синтезе знаний, обеспечивающих принятие инженерных и управленческих решений, а также готовность людей включаться поддерживать коммуникацию и участвовать в коллективных работах.