Методы технического творчества

Причины творчества

- Для нормальной жизнедеятельности человеку необходимо, чтобы положительные эмоции преобладали над отрицательными.
- Творчество – это деятельность человека, направленная на **постановку новой задачи и получение новых результатов при ее решении.**
- Творчество – наиболее мощный источник положительных эмоций.
- Замечено, что люди, относящиеся без интереса к своей учебе или работе, ничем не увлеченные, уходящие от решения задач, требующих элементов творчества, чаще болеют, быстрее стареют и уходят из жизни.

Как осуществляется творчество ?

Творческие люди в процессе поиска решения задач, которые не были решены, зачастую делали сотни, тысячи проб и ошибок, но никто из них не был уверен, что затраченный труд приведет к успеху.

Зачастую все решал **счастливый случай.**

Приведем примеры.

Изобретение плаща

Английский химик **Ч.Макинтош** в своей лаборатории случайно **опрокинул бутылку с жидким веществом — сольвентнафтом на кусочек высохшего природного каучука**. Почти твердый каучук стал мягким, как свежее тесто. Тут же возникла догадка: если пропитать им материал одежды, она станет непромокаемой. Так **появились резиновые плащи** — макинтоши, водонепроницаемая резиновая обувь — калоши, сапоги и многие другие вещи, которые быстро нашли многочисленных покупателей.

Но, к сожалению, **природный каучук на морозе трескался, а при жаре начинал растекаться**. **Требовалось устранить эти недостатки**. Снова пошли сотни экспериментов. И снова помог случай, но уже другому исследователю.

Изобретение вулканизации резины

В 1839 г. **Ч.Гудиир**, делая, очередной опыт, по рассеянности **уронил на горячую плиту кусочек резины и серы**. Резина и сера сцепились, образовав новое эластичное вещество, которое не ломалось при низких температурах и не размягчалось при высоких. Так был **изобретен способ вулканизации** резины, который стал широко применяться при изготовлении промышленных и бытовых товаров.

Изобретение висячего моста

Инженер **Самюэль Броун**, лежа под деревом, обдумывал конструкции нового моста, который был бы легче всех известных, но прочнее их. И вдруг... его взгляд упал на **натянутую между ветвями паутину**. Это было то, что он искал! Так появилась **идея висячего моста.**

Изобретение телескопа

Голландец **З.Янсон**, оптических дел мастер, отшлифовав одну из своих линз, решил рассмотреть ее поверхность с помощью другой увеличительной линзы. И тут **случайный взгляд через две линзы** на колокольню далекой церквушки поразил его. Казалось, что церквушка стоит прямо перед его окном. Были видны все ее мелкие детали. Так была **найдена идея телескопа**.

Открытие явления радиоктивности

Французский физик **Антуан Беккерель** открыл радиоактивность, после того как **обнаружил засвеченную фотопластинку, которая случайно оказалась рядом с урановой солью.**

Открытие способа химической очистки тканей

В 1870 г. А. Мариле изобрел **способ химической очистки ткани**.

Это случилось после того, как он **вынул из бочки со скипидаром случайно упавший туда загрязненный костюм**.

Открытие способа химической окраски волос

Оуэн Ричардсон случайно **опрокинул перекись водорода на гусиное перо**, которое вдруг стало бесцветным. На свет появился способ, позволяющий моднице брюнетке быстро стать блондинкой.

Место случайности

Случайно были изобретены пенициллин, железобетон, метод электроискровой обработки металлов, рентген и многое-многое другое.

Мир полон случайностей! Но для того чтобы **случайность** состоялась, нужно, чтобы она **произошла с подготовленным человеком** и в тот момент, когда он решает соответствующую случаю задачу.

Методология технического творчества не является установившейся наукой.

Некоторые специалисты вообще отрицают самую возможность создания методики технического творчества. В основе такого подхода лежит отрицание возможности познания механизма мышления.

Большинство серьезных ученых у нас и за рубежом признают, что **техническое творчество имеет свои закономерности**, которые можно познать и использовать для оптимизации творческого процесса.

Типы творчества:

- **Применяется известное решение** задачи **к известной проблеме**.
- **Применяется известное решение** задачи **по новому назначению** или находится новое решение старой задачи.
- Ставятся и решаются **принципиально новые задачи.**

Применяется известное решение задачи к известной проблеме

Например, автоматизация загрузки изделий.

Новизна творческого труда сводится к созданию конкретной конструкции с новыми технико-экономическими показателями.

Это творчество не ломает традиционных отношений, оно понятно всем, бесконфликтно, не вызывает трений между творцом и обществом.

Это творчество **наиболее благоприятное**, отвечает потребностям дня, эти проекты благожелательно принимаются на производстве.

Применяется известное решение задачи по новому назначению или находится новое решение старой задачи.

Например, клей БФ–6 обычно применяют для склеивания деталей, а в медицине его стали использовать по новому назначению – для заживления ран.

Такое творчество **«работает на завтрашний день».** Оно не всегда понятно обществу и **внедрение его результатов в производство часто затруднительно.**

Ставятся и решаются принципиально новые задачи

Например, создание устройств и систем для космоса.

Такое творчество **«работает на далекое завтра»,** оно часто непонятно современникам и иногда считается даже вредным.

Процесс творчества

Различаются два типа изобретателей:

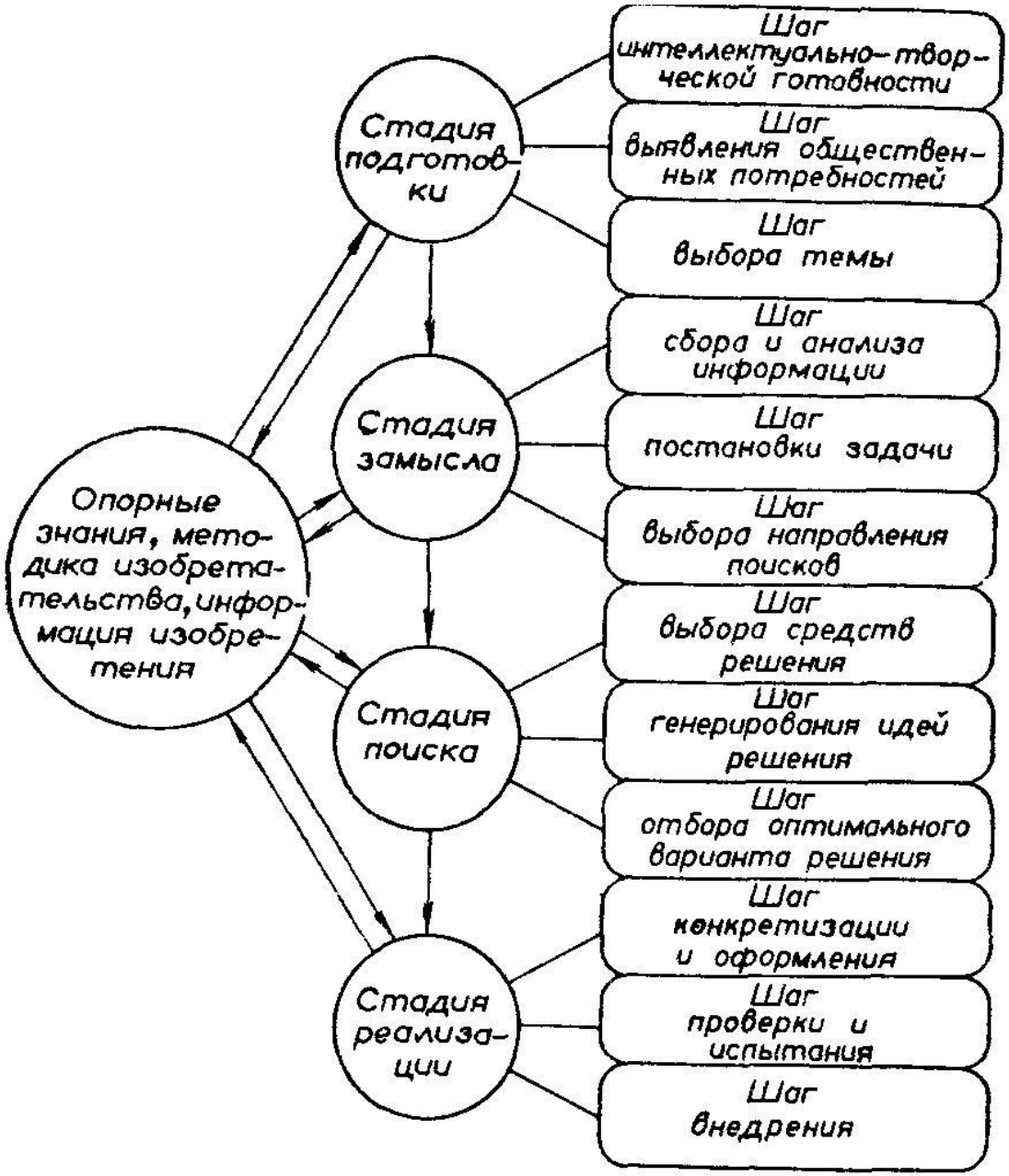
- интуитивного типа;
- логического типа

Изобретатель интуитивного типа быстро генерирует изобретательские идеи и лишь затем проверяет их и применяет на практике.

Изобретатель логического типа накапливает знания, опыт, анализирует, осваивает методы творчества и на основе переработки этой информации генерирует идеи.

Наиболее продуктивно работают изобретатели, совмещающие оба типа без чрезмерной выраженности одного из них. Трудно найти изобретение, созданное без участия как интуиции, так и логики.

Схема творческого процесса создания изобретения



На стадии подготовки

Происходит **накопление знаний**, фактов, **предпосылок и мастерства**, осуществляется **интеллектуально-творческая подготовка** личности к изобретательству.

На этой стадии определяются также конкретная **тема** и ее основной вопрос или **цель** и возникает желание осуществить разработку этой темы.

История техники показывает

Изобретателями часто становились люди разных профессий, происходившие из различных классов общества, с неодинаковым уровнем подготовки.

Так, **крестьянин Ф. Блинов изобрел** первый в мире **гусеничный трактор**, **садовник Ф. Монье** открыл **способ изготовления железобетона**, **сапожник В. Каскаролла нашел** светящееся вещество - **люминофор**, **пароход создал ювелир Р. Фултон**, **официант парижского ресторана Ж. Ленаур** построил **первый газовый двигатель**, **повар Ф. Апперт** изобрел **способ консервирования продуктов**, **врач Мухаммед Абу Берк аль-Раси разработал способ получения спирта**, крепостной **крестьянин П. И. Осокин создал конструкции нефтяного двигателя, жатвенной машины, подводной мины.**

На стадии замысла

Путем сбора и анализа доступной информации определяется и локализуется проблемная ситуация:

- анализируются **потребность и актуальность задачи**;
- определяются основные **компоненты задачи**;
- осуществляется **исходная формулировка** задачи;
- определяются необходимые **требования, ограничения, связи** задачи со смежными задачами;
- намечаются **планы поисков** решения, выбираются **методы** этого решения;
- **создается** мысленная, графическая или математическая **модель объекта**.

На стадии поиска

- определяется **план** решения задачи;
- генерируются изобретательские **идеи**;
- определяются **принципы решения** задачи;
- выбирается **оптимальный принцип**, который превращается в конкретную схему;
- схема **анализируется и усовершенствуется**.

Стадия реализации решения

- **оформление решения** изобретательской задачи; **опытная проверка** решения;
- научно-техническое и экономическое **обоснование**;
- **внесение поправок**;
- **внедрение** и дальнейшее **развитие.**

Участие изобретателя в стадии реализации решения расширяет его кругозор, укрепляет связи с практикой, обогащает творческий опыт.

Техническое творчество

Техническое творчество направлено на создание технических объектов и систем.

Техническим объектом (ТО) называют созданные человеком реально существующие устройство, способ, материал, предназначенные для удовлетворения определенных потребностей.

Все технические объекты состоят из элементов, представляющих собой неделимые части целого.

Если функционирование одного элемента технического объекта влияет на функционирование другого элемента, то такие технические объекты принято называть **техническими системами** (ТС).

Техническая система

Это **совокупность взаимосвязанных элементов** технического объекта, **объединенных для выполнения определенной функции**, обладающая при этом свойствами, не сводящимися к сумме свойств отдельных элементов.

Структура технических систем

Цель создания и функционирования технической системы (ТС) называют **главной полезной функцией системы** (ГПФ).

Функция – это внешнее проявление свойств, выраженное в действии, определенном назначением системы.

Для реализации ГПФ в системе выполняется **техническая функция** (ТФ), которая определяется способом физического превращения, преобразования (соединения, передачи) входного потока (вещества, энергии, информационных сигналов) в выходной поток.

Например, в системе ″автомобиль″ входной поток (топливо) преобразуется в движение автомобиля (выходной поток).

Технические системы состоят из частей (узлов)

Каждая часть выполняет свою главную функцию и реализует свою техническую функцию. Части, образуя ТС, неразрывно функционально связаны между собой и создают функциональную структуру технической системы (ФС).

Структура – это устойчивая закономерная связь между элементами системы, отражающая расположение элементов и характер взаимодействия их сторон и свойств.

Структура определяет сеть связей и отношений системы.

Физический принцип действия (ФПД) системы

Использование в технической системе физических **законов, закономерностей, эффектов и явлений**, направленных на выполнение главной полезной функции.

Например, функцию ″транспортировка груза в воздушной среде″ можно осуществить дирижаблем, самолетом, вертолетом, ракетой.

Физический принцип действия этих систем разный, хотя они выполняют одну функцию.

В дирижабле используется физический закон движения горячих, легких газов.

В самолете и вертолете реализуется закон образования подъемной силы на теле особой формы при движении его в воздухе.

В ракете используется принцип реактивного движения.

Техническое решение системы

Конструктивное оформление физического принципа действия.

Проект

Техническая документация, разработанная на различных стадиях: **технического предложения, эскизного проекта, технического проекта и разработки рабочей документации.**

Указывают значения параметров системы и ее элементов, а также приводят всю необходимую информацию для изготовления и эксплуатации ТС.

Уровни описания технических систем

Создание любой технической системы происходит путем последовательного определения и словесного описания следующих ее частей:

- Потребности;
- Технической функции;
- Физической структуры;
- Физического принципа действия;
- Технического решения;
- Проекта.

Определение потребности

В задаче **формулируется новая потребность**, уточняются условия и ограничения ее реализации. Находится новая проблема, иногда непонятная для подавляющего большинства специалистов.

Нахождение технической функции

Для реализации одной и той же потребности существует несколько альтернативных технических функций. Проектировщику предстоит **найти** их **и выбрать наиболее перспективную** из них.

Нахождение физической структуры

Для одной и той же технической функции можно найти несколько функциональных альтернативных структур. При поиске разрабатываемую техническую систему разбивают на узлы с указанием их функций. Затем проводят функционально-структурный анализ, который начинают с наиболее важных функций. По источникам информации **находят известные узлы функционального** идентичного **назначения и из них составляют ТС с новыми функциональными связями.**

Нахождение физического принципа действия

Каждая функциональная структура системы может быть реализована на основе различных физических принципов действия. В задаче требуется **найти варианты технической системы** с применением различных физических законов, закономерностей и явлений. Накопленные варианты анализируются при принятии решений.

Создание технического решения

Один и тот же физический принцип действия может быть реализован большим числом вариантов технических решений. Решение задачи сводится к **разработке различных вариантов и выбору лучших**.

Разработка проекта

По каждому техническому решению с изменением параметров в заданном пространстве можно подобрать множество альтернативных вариантов проектов технической системы. Задача проектировщика сводится к тому, чтобы, используя оптимизационные методы, **найти наилучший вариант проекта.**

Каждая техническая система стремится к своему идеалу, когда ее параметры веса, объема, площади и т.п. приближаются к оптимальным.

Принято считать систему идеальной (оптимальной), если:

- **Размеры системы приближаются или совпадают с размерами** обрабатываемого или транспортируемого **объекта**, а **масса системы намного меньше массы объекта**. Например, в древности сыпучие материалы хранили и транспортировали в глиняных сосудах, сейчас в мешках.
- **Масса и размеры технической системы** или ее главных функциональных элементов **должны приближаться к нулю**, т.е. когда устройства нет, а необходимая функция выполняется. Например, деление древесины на части выполняется пилой. Но вот появились лазерные установки для этих целей. Режущего инструмента как бы нет, но функции его выполняются.
- **Время обработки объекта стремится к нулю**. Основной путь реализации этого свойства – интенсификация процессов, сокращение числа операций, совмещение их в пространстве и во времени.
- **КПД идеальной системы стремится к единице**, а расход энергии – к нулю.
- Все части идеальной системы **выполняют без простоев полезную работу** в полной мере своих расчетных возможностей.
- Система **функционирует бесконечно длительное время** без простоев и ремонта.
- Система **функционирует без участия человека**.
- **Система не оказывает вредного влияния** на человека и окружающую среду.

Противоречия в технических системах

- Социально-техническое противоречие - **противоречия между потребностями** общества и **возможностями** их удовлетворения с помощью технических средств. Потребность есть, а средств для ее удовлетворения нет;
- Техническое противоречие **- единство улучшения и ухудшения** сторон технической системы, **единство положительного и нежелательного** эффектов при изменении части системы;

Технических систем без противоречий не бывает

Методы разрешения технических противоречий

Для разрешения технических противоречий и поиска новых решений **создано около тридцати методов.**

Известные методы технического творчества можно объединить в несколько групп:

- Метод **мозгового штурма** - базируется на принципе мозговой атаки;
- Метод **морфологического ящика** - базируется на морфологическом анализе;
- Метод **контрольных вопросов**;
- Методы **эвристических приемов**;
- Методы, **основанные на алгоритмах решения изобретательских задач**.

Метод мозгового штурма

Был разработан морским офицером США Алексом Осборном после второй мировой войны.

История рождения метода мозгового штурма.

Поиск проводится двумя группами в два этапа:

- Первая группа – **группа генераторов** – предлагает идеи, строго придерживаясь правила запрета критики;
- Вторая группа – **группа экспертов** – обсуждает и анализирует выдвинутые идеи.

Группа генераторов

Состоит из 5…12 человек. В группу **приглашаются специалисты-смежники** (конструкторы, технологи, экономисты, снабженцы), один-два человека со стороны (врач, парикмахер). **Заседание группы продолжается 30…50 мин под руководством ведущего.** Ведущий должен обеспечить раскрепощенную обстановку в группе. Идеи записываются магнитофоном. За один сеанс обычно высказывается 50…150 разных идей.

Затем **идеи передаются группе экспертов**, которые их анализируют и пытаются оценить скрытые возможности предложений.

Метод синектики

Разработан в период 1952…1959 гг. Уильямом Дж. Гордоном **на базе метода мозгового штурма**.

Для генерации новых идей формируется **группа синекторов из 5…7 человек**, прошедших предварительную подготовку. **Синектор – человек с широким кругозором, имеющий, как правило, две специальности**, например, врач-механик, химик-музыкант и т.п.

При подготовке синекторов учат применять в процессе поиска идей следующие **четыре вида аналогий:**

- **прямая** аналогия;
- **личностная** аналогия или эмпатия;
- аналогия **фантастическая**;
- аналогия **символическая**.

Прямая аналогия

Ее используют все инженеры и изобретатели. Для этого они ищут **аналогичные ситуации, встречающиеся в других задачах, в природе**. Природа создала много примеров различных способов и механизмов. Например, известны сотни конструкций насосов, аналогами которым послужили сердца разных животных.

Личностная аналогия или эмпатия

Синектор отождествляет себя с техническим объектом и представляет себе, что бы он сделал сам, если бы оказался на месте этого объекта. Эмпатия требует от человека **вхождения в образ**. Этим хорошо владеют дети. Они легко отождествляют себя с самолетиком, машинкой, животным и т.д. Вхождению в образ обучают артистов. Этому надо учиться и инженеру.

Аналогия фантастическая

Фантазия – это **воображение, с помощью чего можно достичь того, чего хочется**. Синектор прибегает к помощи золотой рыбки, волшебной палочки, всемогущего Джина и т.п.

Часто бывает полезно рассмотреть идеальное решение, которое сопряжено с долей фантазии. Размышление о желаемом может натолкнуть нас на новую идею или точку зрения, которая приведет к новому решению.

Аналогия символическая

Ее еще называют **метафорой,** названием книги. Литераторы и журналисты часто пользуются этим приемом для того, чтобы в названии произведения ярко вскрыть противоречивую сущность описываемых персонажей и явлений

Синекторы работают по определенной программе:

- На первом этапе **уточняют проблему**. На заседание синекторов приглашаются эксперты, которые помогают прояснить проблемную ситуацию.
- На втором этапе **проблема дробится на несколько маленьких задач**. Каждая задача подчинена достижению одной конкретной цели.
- На третьем этапе ведется **генерирование идей**. Начинается “экскурсия” по различным объектам техники, природы. Выявляется, как аналогичные проблемы решаются в различных областях науки и техники.
- На четвертом этапе производится **перенос аналогичных решений на решаемую проблему.** Проводится критический анализ предложенных решений.

Метод морфологического анализа

Основан на классификации, которая позволяет систематизировать материал, сделать его наглядным и доступным.

Разработан он в 30-х годах прошлого столетия швейцарским астрономом **Ф. Цвикки.**

Суть метода морфологического анализа

По правилам Ф. Цвикки, прежде всего необходимо **составить перечень функциональных узлов**, от которых зависит решение проблемы. Пусть список узлов будет такой:

- А – двигатель;
- Б – движитель;
- В – кабина;
- …
- К – система амортизации.

Определяются возможные варианты выполнения узлов.

- Двигатель может быть: А1 – электрический; А2 – химический; А3 – реактивный; А4 – ядерный.
- Движитель может быть: Б1 – колесный; Б2 – моноколесный (кабина внутри колеса); Б3 – гусеничный; Б4 – шагающий; Б5 – шнековый.
- Кабина: В1 герметичная; В2 – негерметичная.
- Система амортизации: К1 специальные амортизаторы; К2 – амортизация за счет движителя; К3 – без амортизации.

Строится морфологическая матрица

Такая матрица дает **представление о всех возможных вариантах** лунохода. Например, вариант А1-Б1-В1-…-К1 характеризует луноход с электрическим двигателем, колесный, с герметичной кабиной и специальными амортизаторами.

Общее число возможных вариантов равно произведению чисел элементов в каждой строке таблицы: $4 \cdot 5 \cdot 2 \cdot \ldots \cdot 3$. Самая трудная часть работы заключается в анализе полученных вариантов.

Метод контрольных вопросов

Контрольные вопросы **позволяют стимулировать решение творческих задач**. Списки их предлагались разными авторами (А. Осборном, Т. Эйлоартом, Д. Пойа и др.). Вопросами можно пользоваться как при индивидуальном, так и при коллективном поиске идей. Контрольные вопросы полезны особенно для молодых специалистов.

Опытные изобретатели списками вопросов, как правило, не пользуются, но в затруднительных ситуациях всегда их просматривают.

Список контрольных вопросов Т. Эйлоарта:

- Перечислить все качества и определения предполагаемого изобретения. Изменить их.
- Ясно сформулировать задачи. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные и аналогичные задачи. Выделить главные.
- Перечислить недостатки имеющихся решений, их основные принципы, новые предложения.
- Набросать фантастические, биологические, экономические, химические, молекулярные и другие аналогии.
- Построить математическую, гидравлическую, электрическую, механическую и другие модели (модели точнее выражают идею, чем аналогии).
- Попробовать различные виды материала – газ, жидкость, твердое тело, гель, пену, пасту и др.; различные виды энергии – тепло, магнитную энергию, электрическую, свет, силу удара и т.д.; различные длины волн, поверхностные свойства и т.п.; переходные состояния – замерзания, конденсации, переход через точку Кюри и т.д.; эффекты Джоуля-Томпсона, Фарадея и др.
- Установить варианты, зависимости, возможные связи, логические совпадения.
- Узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных в данном деле людей.
- Устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая все и каждую идею без критики.
- Спать не забывая о проблеме, идти на работу, гулять, ехать, принимать душ, пить, есть, играть в теннис – думать о ней.
- Набросать таблицу цен, величин, перемещений, типов материалов и т.д. для разных решений проблемы или разных ее частей.
- Определив идеальное решение, разрабатывать возможные.
- Видоизменить решение проблемы с точки зрения времени (скорее или медленнее), размеров, вязкости и т.п.
- В воображении проникнуть внутрь механизма.
- Определить альтернативные проблемы и системы, которые изымают звено из цепи и таким образом создают нечто совершенно иное, уводя в сторону от нужного решения.
- Чья это проблема? Почему его?
- Кто придумал это первым? История вопроса. Какие известны ложные толкования этой проблемы?
- Кто еще решал эту проблему? Чего он добился?
- Определить общепринятые граничные условия и причины их установления.

Метод эвристических приемов

Часто задачи решаются **методом проб и ошибок**, т.е. путем логического анализа недостатков и их устранения. Если таким образом задача решена, то изобретатель, помимо решения, приобретает еще и метод решения. При появлении другой задачи изобретатель примеряет к ее решению прежде всего известные ему методы поиска идеи. Если эти методы не дают желаемого результата, то изобретатель решает задачу опять методом проб и ошибок и находит новый метод. Так постепенно у человека формируется набор методов, приемов. Такие приемы называют эвристическими.

Примеры эвристических приемов:

- **изменить** традиционную **ориентацию** объекта в пространстве: горизонтальное положение на вертикальное или наклонное;
- **изменить** габаритные **размеры, объем или длину** объекта при переводе его в рабочее или нерабочее состояние.
- **элементу,** работающему под нагрузкой, **придать выпуклую форму;**
- **вместо твердых частей использовать жидкие или газообразные** (надувные, воздушные подушки).
- **присоединить** к объекту **новый элемент** в виде жестко или шарнирно соединенной пластины, трубы, находящейся в рабочей среде;
- заранее **расставить элементы** так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места;
- **перейти от неподвижного физического поля к движущемуся;**
- **использовать массу** объекта (элемента).

Алгоритм решения задачи поиска новых решений

1. Постановка задачи.
2. Решение задачи.
3. Оценка вариантов и выбор решения.

Постановка задачи выполняется в пять этапов:

- Описание проблемной ситуации;
- Описание функции (назначения) объекта.
- Выбор прототипа и составление списка требований.
- Составление списка недостатков прототипа.
- Формулировка задачи.

Описание проблемной ситуации

Краткая формулировка задачи, в которой содержатся ответы на следующие вопросы:

- в чем состоит проблемная ситуация и какова ее предыстория;
- что нужно сделать для устранения проблемной ситуации;
- что мешает устранению проблемной ситуации;
- что дает решение задачи для людей.

Описание функции (назначения) системы

Сначала дают обобщенное качественное описание, а затем приводят количественное описание.

Выбор прототипа и составление списка требований

Из числа аналогов выбирают прототип – наиболее близкий аналог по сущности и достигаемому результату при его использовании.

Список требований к прототипу должен быть достаточным для достижения в разрабатываемой системе ожидаемых работоспособности, производительности, надежности, ремонтопригодности и т.п. Если в этом списке не будет учтено хотя бы одно требование, то в системе окажется по крайней мере один серьезный недостаток.

Список требований - **это список ограничений** и критериев, использование которых необходимо и достаточно для достижения цели и выбора технического решения.

Составление списка недостатков прототипа

Каждый **прототип обладает недостатками**.

Для того чтобы эти недостатки не перешли в проектируемую систему, для каждого прототипа **необходимо указать следующее**:

- критерии развития;
- показатели, не соответствующие сформулированной функции;
- факторы, снижающие эффективность или затрудняющие использование прототипа;
- показатели, которые желательно улучшить.

По каждому показателю желательно **дать количественную оценку** с перспективой на будущее. Составленный таким образом документ называют **списком недостатков прототипа**. Заканчивают данный этап ранжированием списка недостатков в порядке их важности.

Формулировка задачи

В этой части обобщаются результаты, полученные выше. Задача формулируется по следующей форме.

Дано:

- качественное и количественное описания функции (назначения, условий и ограничения);
- описание прототипа и список требований к нему (критериев);
- ранжированный список недостатков прототипа.

Требуется: найти такое решение задачи, которое соответствовало бы функциональному назначению и не имело бы недостатков, присущих прототипу.

Решение задачи

Задачу прежде всего надо **разделить на несколько простых задач**.

Простой задачей считают ту, в которой **требуется разрешить только одно** обостренное техническое **противоречие.** Технических противоречий и простых задач будет столько, сколько отмечено нежелательных эффектов в списке недостатков прототипа. Решение следует начать в порядке ранжирования недостатков.

Процесс решения задачи проходит несколько этапов.

Этапы решения задачи

- формулировка технического противоречия;
- подобор нескольких подходящих эвристических приемов;
- преобразование прототипа;
- синтез предлагаемых вариантов технической системы;
- оценка вариантов и выбор решения.

Основные приемы устранения технических противоречий

Дробление:

- разделить объект на независимые части;
- выполнить объект разборным;
- увеличить степень дробления объекта.

Вынесение:

- отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство);
- или, наоборот, выделить единственно нужную часть или нужное свойство.

Местное качество:

- перейти от однородной структуры объекта или внешней среды (внешнего, воздействия) к неоднородной;
- разные части объекта должны выполнять различные функции;
- каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Асимметрия:

- перейти от симметрической формы объекта к асимметрической;
- если объект уже,асимметричен, увеличить степень асимметрии.

Объединение:

- соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;
- объединить во времени однородные или смежные операции.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Универсальность: объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает, необходимость в других объектах.

«Матрешка»:

- один объект размещен внутри другого, который, в свою очередь, находится внутри третьего и т. д.;
- один объект проходит сквозь полость в другом объекте.

Антивес:

- компенсировать вес объекта соединением с другим объектом, обладающим подземной силой;
- компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (преимущественно за счет аэро- и гидродинамических сил).

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Предварительное антидействие: если по условиям задачи необходимо совершать какое-то действие, надо заранее совершить антидействие.

Предварительное действие:

- заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично);
- заранее расставить, объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на доставку и с наиболее удобного места.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

«Заранее положенная подушка»: компенсировать относительно невысокую надежность объекта аварийными средствами.

Эквипотенциальность: изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

«Наоборот»:

- вместо действия, диктуемого условиями задачи, осу ществить обратное действие; сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную — движущейся;
- повернуть объект «вверх ногами», вывернуть его.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Сфероидальность:

- перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба или параллелепипеда, к шаровым конструкциям;
- использовать ролики, шарики, спирали;
- перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Динамичность:

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

Частичное или избыточное действие: если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше»,— задача при этом может существенно упроститься.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Переход в другое измерение:

- трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух-трех измерениях;
- использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной;
- наклонить объект или положить его набок;
- использовать обратную сторону данной площади;
- использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или на обратную сторону имеющейся площади.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Использование механических колебаний:

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

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Периодическое действие:

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

Непрерывность полезного действия:

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

Проскок: вести процесс или отдельные его части (например, вредные или опасные) на большой скорости.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

«Обратить вред в пользу»:

- использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта;
- устранить вредный фактор за счет сложения с другими вредными факторами;
- усилить вредный фактор, чтобы он перестал быть вредным.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Обратная связь:

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

«Посредник»:

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

Самообслуживание:

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

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Копирование:

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

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности: заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).

Замена механической схемы:

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

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Использование пневмо- и гидроконструкций: вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие (надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные).

Использование гибких оболочек и тонких пленок:

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

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Применение пористых материалов:

- выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. д.);
- если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.

Изменение окраски:

- изменить окраску объекта или внешней среды;
- изменить степень прозрачности объекта или внешней среды;
- для наблюдений за плохо видными объектами или процессами использовать красящие добавки;
- если такие добавки уже применяются, использовать люминофоры.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

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

Отброс и регенерация частей:

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

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

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

Применение фазовых переходов: использовать явления, возникающие при фазовых переходах, например изменение объема, выделение или поглощение тепла и т. д.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Применение теплового расширения:

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

Применение сильных окислителей:

- заменить обычный воздух обогащенным;
- заменить обогащенный воздух кислородом;
- воздействовать на воздух или кислород ионизирующими излучениями;
- использовать озонированный кислород;
- заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.

Основные приемы устранения технических противоречий (продолжение)

Применение инертной среды:

- заменить общую среду инертной;
- вести процесс в вакууме.

Применение композитных материалов: перейти от однородных материалов к композитным.

Преобразование прототипа

Выполняют **преобразование прототипа** так, чтобы каждый полученный вариант подсистемы мог обеспечить:

- устранение нежелательного эффекта;
- неухудшение других сторон и способностей технической системы;
- выполнение ограничений и критериев (списка требований);
- выполнение всех требований "само собой", повышение идеальности технической системы.

Все улучшенные варианты подсистем надо фиксировать в виде описаний и схем. Надо стремиться получить несколько улучшенных идей. Если из них не удается отобрать удовлетворительного решения, то наилучшую полученную схему следует принять за прототип, который следует снова обработать с помощью эвристических приемов.

Эвристические приемы преобразования объектов

Преобразование формы:

- Использовать круговую, спиральную, древовидную, сферическую или другую компактную форму.
- Сделать в объекте (элементе) отверстия или полости (инверсия приема).
- Проверить соответствие формы объекта законам симметрии. Перейти от симметричной формы и структуры к асимметричной (инверсия приема).
- Перейти от прямолинейных частей, плоских поверхностей, кубических и многогранных форм (особенно в местах сопряжений) к криволинейным, сферическим и обтекаемым формам (инверсия приема).
- Объекту (элементу), работающему под нагрузкой, придать выпуклую (более выпуклую) форму.
- Компенсировать нежелательную форму сложением с обратной по очертанию формой.

- Выполнить объект в форме:
  - другого технического объекта, имеющего аналогичное название или назначение;
  - животного, растения или их органа;
  - человека или его органов.
  - сделать объект (элемент) приспособленным к форме человека или его органов;
- Использовать в аналогичных условиях работы природный принцип формирования в живой или неживой природе.
- Сделать рациональный (оптимальный) раскрой листового или объемного материала;
- Внести изменения в форму деталей для более полного использования материала.

- Выбрать конструкцию деталей, в наибольшей мере приближающуюся по форме и размерам выпускаемого проката и других профильных заготовок.
- Найти глобально-оптимальную форму объекта.
- Найти наибольшую цельную форму объекта (зрительное выделение главного функционального элемента, устранение или прикрытие многих ненужных деталей и т. д.).
- Использовать различные виды симметрии и асимметрии, динамические в статические свойства формы, ритма (чередования одинаковых или схожих элементов), нюансов и контраста.
- Осуществить гармоническую увязку форм различных элементов (выбор масштабов и соотношений между объектами и окружаю щей предметной средой, использование эстетически предпочтительных пропорций).
- Выбрать (придумать) наиболее красивую форму объекта и его элементов.

Преобразование структуры.

- Исключить наиболее напряженный (нагруженный) элемент.
- Исключить элемент при сохранении объектом всех прежних функций. Один элемент выполняет несколько функций, благодаря чему отпадает необходимость в других элементах. Убрать «лишние детали» даже при потере «одного процента эффекта».
- Присоединить к объекту новый элемент в виде жестко или шарнирно соединенной пластины (стержня, оболочки или трубы), находящейся в рабочей среде или в контакте о ней.
- Присоединить к базовому объекту дополнительное специализированное орудие труда, инструмент и т. п.
- Заменить связи (способ или средства соединения) между элементами; жесткую связь сделать гибкой или наоборот.

– Заменить источник энергии, тип привода, цвет и т. д.
– Заменить механическую схему электрической, тепловой, оптической или электронной.
– Существенно изменить компоновку элементов, уменьшить компоновочные затраты.
– Сосредоточить органы управления и контроля в одном месте.
– Объединить элементы единым корпусом, станиной или изготовить объект цельным.
– Ввести единый привод, единую систему управления или энергоснабжения.
– Соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты.

- Объединить в одно целое объекты, имеющие самостоятельное назначение, которое сохраняется после объединения в новом комплексе.
- Использовать принцип агрегатирования - создать базовую конструкцию (единую раму, станину), на которую можно «навесить» различные (в различных комбинациях) рабочие органы, агрегаты, инструменты.
- Совместить или объединить явно или традиционно несовместимые объекты, устранив возникающие противоречия.
- Выбрать материал, обеспечивающий минимальную трудоемкость изготовления деталей и обработки заготовок.
- Использовать раздвижные раскладные сборные, надувные и другие конструкции, обеспечивающие значительное уменьшение габаритных размеров при переводе ТО из рабочего состояния в нерабочее.
- Найти глобально-оптимальную структуру.
- Выбрать (придумать) наиболее красивую структуру.

Преобразования в пространстве.

- Изменить традиционную ориентацию объекта в пространстве:

- горизонтальное положение на вертикальное или наклонное;
- положить на бок;
- повернуть низом вверх;
- повернуть путем вращения.

- Использовать «пустое пространство» между элементами объекта -один элемент проходит сквозь полость в другом элементе.
- Объединить известные порознь объекта (элемента) с размещением одного внутри другого по принципу «матрешки».

- Размещение по одной линии заменить размещением по нескольким линиям или по плоскостям (инверсия приема).
- Заменить размещение по плоскости размещением по нескольким плоскостям или в трехмерном пространстве; перейти от одноэтажной (однослойной) компоновки к многоэтажной (многослойной) (инверсия приема).
- Изменить направление действия рабочей силы или среды.
- Перейти от контакта в точке к контакту по линии от контакта по линии к контакту по поверхности или от контакта по поверхности к объемному (пространственному) (инверсия приема).
- Осуществить сопряжение по нескольким поверхностям.
- Приблизить рабочие органы объекта к месту выполнения ими своих функций без передвижения самого объекта.
- Заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.

- Перейти от последовательного соединения элементов к параллельному или смешанному (инверсия приема).
- Разделить объект на части так, чтобы приблизить каждую из них к тому месту, где она работает.
- Разделить объект на две части — «объемную» и «необъемную»; вынести «объемную» часть за пределы, ограничивающие объем.
- Вынести элементы, подверженные действию вредных факторов, за пределы их действия.
- Перенести (поместить) объект, или его элемент в другую среду, исключающую действие вредных факторов.
- Выйти за традиционные пространственные ограничения или габаритные размеры.

Преобразования во времени.

- Перенести выполнение действия на другое время. Выполнить требуемое действие до начала или после окончания работы.
- Перейти от непрерывной подачи энергии (вещества) или непрерывного действия (процесса) к периодическому или импульсному (инверсия приема).
- Перейти от стационарного во времени режима к изменяющемуся.
- Исключить бесполезные («вредные») интервалы времени. Ис пользовать паузу между импульсами (периодическими действиями) для осуществления другого действия.
- По принципу непрерывного полезного действия осуществлять работу объекта непрерывно, без холостых ходов. Все элементы объекта должны все время работать с полной нагрузкой.
- Изменить последовательность выполнения операций.
- Перейти от последовательного осуществления операций к па раллельному (одновременному) (инверсия приема).
- Совместить технологические процессы или операции. Объединить однородные или смежные операции (инверсия приема).

Синтез предлагаемых вариантов технической системы

Проводят **анализ последствий** от новых технических решений с целью
установления их совместимости с другими подсистемами и надсистемой.

Анализ **проводят в таблице положительных и отрицательных последствий** для всех перспективных отобранных вариантов.

Синтез начинают с главной подсистемы, в наибольшей степени определяющей выполнение главной полезной функции. При синтезе необходимо **получить несколько вариантов решения** задачи для системы.

Оценка вариантов и выбор решения

В процессе оценки вариантов производится их **анализ и сравнение с критериями качества**. Сначала **делается качественная оценка, а затем количественная** по качественным и количественным критериям. Оценка позволяет отсечь неработоспособные, неэффективные варианты и варианты, не соответствующие поставленным целям.

Количественная оценка критериев предполагает количественный анализ синтезированных технических систем. Это единственное средство, позволяющее убедиться, что полученная новая техническая система удовлетворяет списку требований.

После анализа вариантов и их сравнения с критериями качества часть вариантов отсекается, а оставшаяся часть предназначается для выбора предпочтительного варианта.