

# **Методы преобразования прототипов**

# Основные задачи преобразования 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);
- **повышение «идеальности»** технической системы.

# Рекомендации по преобразованию прототипов

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

# **Эвристические приемы преобразования объектов**

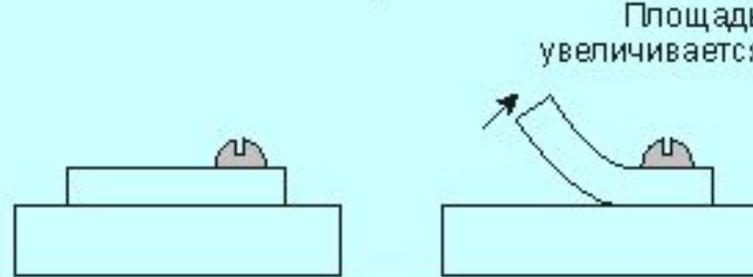
- **Преобразование формы;**
- **Преобразование структуры;**
- **Преобразования в пространстве;**
- **Преобразования во времени;**
- **Преобразование движения и силы;**
- **Преобразование материала и вещества;**
- **Дифференциация;**
- **Количественные изменения;**
- **Использование профилактических мер;**
- **Использование резервов;**
- **Преобразования по аналогии;**
- **Повышение технологичности;**
- **Синтез предлагаемых вариантов технической системы;**

# Преобразование формы

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

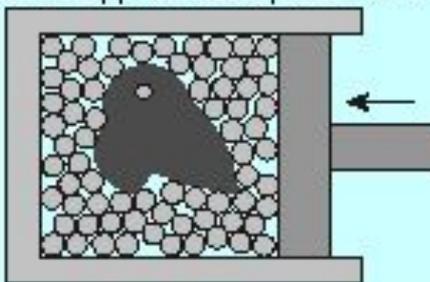
# Преобразование формы (теплообменник)

Стандарт 5.3.2. А. с. 958837: теплообменник снабжен прижатыми к нему "лепестками" из никелида титана: при повышении температуры "лепестки" отгибаются, увеличивая площадь охлаждения



# Преобразование формы («гибкий зажим»)

Стандарт 3.1.5. А. с. 510350: рабочие части тисков для зажимов деталей сложной формы: каждая часть (стальная втулка) твердая, а в целом зажим податливый, способен менять форму



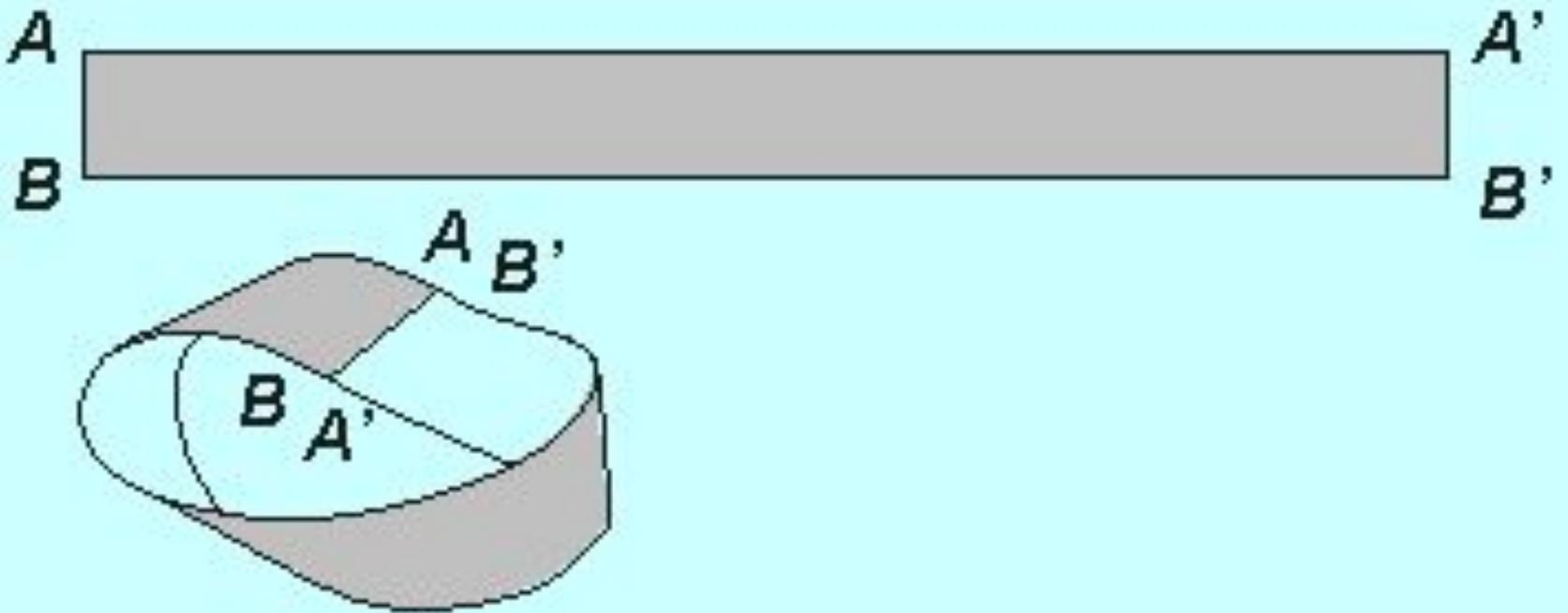
# Преобразование формы (продолжение)

- 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.

# Преобразование формы (продолжение)

- **Выбрать конструкцию** деталей, в наибольшей мере приближающуюся по **форме заготовки** (например, проката);
- **Найти оптимальную форму** объекта;
- **Найти наибольшую цельную форму** объекта (устранение ненужных элементов);
- **Использовать различные виды симметрии и асимметрии**, динамические в статические свойства формы, ритма (чередования одинаковых или схожих элементов);
- **Осуществить гармоническую увязку форм различных элементов** (выбор масштабов и соотношений между объектами и окружающей предметной средой, использование эстетически предпочтительных пропорций);
- **Выбрать наиболее красивую форму** объекта и его элементов.

# Преобразование формы (лента Мебиуса)

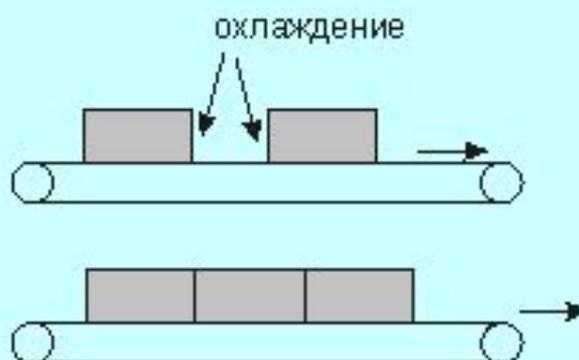


# Преобразование структуры

- **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»;**
- **Присоединить к объекту новый элемент** в виде жестко или шарнирно соединенной пластины (стержня, оболочки или трубы), находящейся в рабочей среде или в контакте с ней;
- **Присоединить к базовому объекту дополнительное специализированное орудие труда, инструмент и др.;**
- **Заменить связи** (способ или средства соединения) **между элементами:** жесткую связь сделать гибкой или наоборот.

# Объединение объектов

Стандарт 3.1.1. А. с. 722624: слябы транспортируют по рольгангу впритык один к другому, чтобы не охлаждались торцы



## **Преобразование структуры (продолжение)**

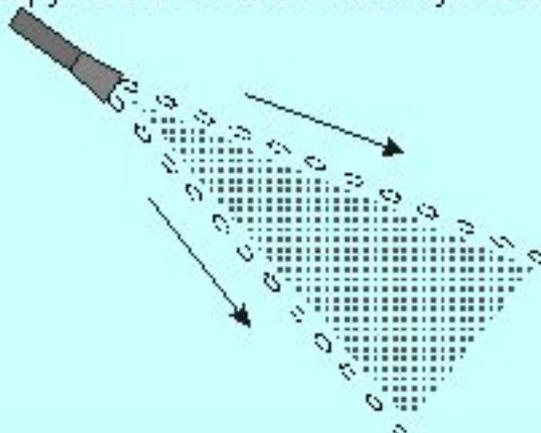
- Заменить источник энергии, тип привода, цвет и т. д.;**
- Заменить механическую схему электрической, тепловой, оптической или электронной;**
- Существенно изменить компоновку элементов, уменьшить компоновочные затраты;**
- Сосредоточить органы управления и контроля в одном месте;**
- Объединить элементы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

# Преобразование структуры (продолжение)

- **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 оптимальную структуру**;
- **Выбрать (придумать) наиболее красивую структуру.**

# Объединение в пространстве

А.с. 256708: для пылеподавления при горных работах капельки воды должны быть мелкими. Но мелкие капли образуют туман. Предложено окружать мелкие капли конусом из крупных капель



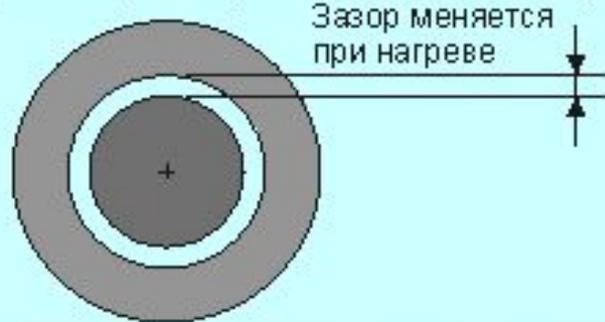
# Преобразования в пространстве

**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;**

# Преобразование в пространстве (теплообменник)

Стандарт 3.2.1. А. с. 179479: вместо механического крана - "термокран" из двух материалов с разными коэффициентами теплового расширения. При нагреве образуется зазор



## **Преобразования в пространстве (продолжение)**

- Размещение по одной линии заменить размещением по нескольким линиям или по плоскостям;**
- Заменить размещение по плоскости размещением по нескольким плоскостям или в трехмерном пространстве; перейти от одноэтажной (однослойной) компоновки к многоэтажной (многослойной);**
- 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);**
- 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.**

## Преобразования в пространстве (продолжение)

- **Перейти от последовательного соединения элементов к параллельному или смешанному;**
- **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, исключаящую 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;**
- **Перейти от стационарного во времени режима к изменяющемуся;**
- **Исключить бесполезные («вредные») интервалы времени;** Использовать 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 параллельному (одновременному);**
- **Совместить технологические процессы или операции;**
- **Объединить однородные или смежные операции.**

# Преобразование движения и силы

- Изменить направление вращения;
- Заменить поступательное (прямолинейное) или возвратно - поступательное движение вращательным;
- Устранить или сократить холостые, обратные и промежуточные ходы и движения;
- Существенно изменить направление движения;
- Заменить традиционную сложную траекторию движения прямой или окружностью;
- Заменить изгиб растяжением или сжатием. Заменить сжатие растяжением;
- Разделить объект на две части — «тяжелую» и «легкую», передвигать только «легкую» часть;
- Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать обрабатываемый объект;
- Заменить трение скольжения трением качения;
- Перейти от неподвижного физического поля к движущемуся;
- Разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга. Сделать движущиеся элементы неподвижными, а неподвижные – движущимися;
- Изменить условия работы так, чтобы опасные или «вредные» моменты осуществлялись на большой скорости;
- Использовать магнитные силы;
- Компенсировать действие массы объекта соединением его с объектом, обладающим подъемной силой.

# Преобразование материала и вещества

- Рассмотряваемый элемент и взаимодействующие с ним элементы **сделать из одного и того же материала** или близкого ему по свойствам;
- Выполнить элемент или его поверхность **из пористого материала**;
- **Заполнить поры** каким-либо **веществом**;
- **Разделить объект (элемент) на части** так, чтобы каждая из них могла быть изготовлена из наиболее подходящего материала;
- **Убрать лишний материал**, не несущий функциональной нагрузки;
- Изменить поверхностные свойства объекта (элемента): **упрочить поверхность объекта**, нейтрализовать свойства материала на поверхности объекта;
- Заменить жесткую часть элементами из материала, допускающего изменение формы при эксплуатации; **вместо жестких объемных конструкций использовать гибкие оболочки и пленки**;
- **Изменить физические свойства материала**, например, изменить агрегатное состояние;
- **Заменить некоторые объекты среды на объекты с другими физико-механическими и химическими свойствами**;
- **Использовать другой материал** (более дешёвый, новейший);
- **Использовать детали из материала с последующим отверждением**;
- **Отделить вредные или нежелательные примеси от вещества**.

## **Преобразование материала и вещества (продолжение)**

- Заменить объекты их оптическими копиями (изображениями);**
- Перейти от видимых оптических копий к инфракрасным, ультрафиолетовым и другим изображениям;**
- Заменить разнородные по материалу и форме элементы одним унифицированным или стандартным элементом;**
- Выполнить элементы из материалов с различающимися характеристиками, дающими нужный эффект (например, с разным термическим расширением);**
- Рассмотреть возможность использовать вакуума инертной, водной, космической или какой-либо другой средой;**
- Использовать жидкие или газообразные материалы;**
- Выбрать материалы, обеспечивающие снижение отходов при изготовлении деталей. Например, перейти от применения деталей металлических к пластмассовым;**
- Перейти к безотходным технологиям, например, использовать отходы для изготовления других деталей;**
- Осуществить упрочнение материалов механической термической, термохимической, электрофизической, электрохимической, лазерной и другими видами обработки;**
- Использовать материалы с более высокими удельными прочностными, электрическими, теплофизическими и другими характеристиками;**
- Использовать армированные, композиционные, пористые и другие новые перспективные материалы;**
- Использовать материал с изменяемыми во времени характеристиками.**

## Приемы дифференциации

- **Разделить движущийся поток** (вещества, энергии, информации) на два или несколько;
- **Разделить сыпучий, жидкий или газообразный объект на части;**
- **Сделать элемент съемным, легко отделяемым;**
- **Дифференцировать привод и другие источники энергии**, приблизить их к исполнительным органам и рабочим зонам;
- **Сделать автономным управление и привод** каждому элементу;
- **Провести дробление традиционного целого объекта** на мелкие однородные элементы с аналогичной функцией;
- **Разделить объект на части**, после чего изготавливать, обрабатывать, грузить и т. п. каждую часть отдельно, а затем выполнять сборку;
- Разделить объект на части так, чтобы их можно было заменять при изменении режима работы;
- Разделить объект на части: «горячую» и «холодную», изолировать одну от другой;
- **Представить объект в виде составной конструкции**, изготовить его из отдельных элементов и частей;
- **Придать блочную структуру объекту**, при которой каждый блок выполняет самостоятельную функцию;
- **Выделить в объекте самый нужный элемент** (нужное свойство) и усилить его или **улучшить условия его работы.**

# Количественные изменения

- Резко изменить (в несколько раз, в десятки и сотни раз) параметры или показатели объекта (его элементов, окружающей среды);
- Увеличить в объекте число одинаковых или подобных друг другу элементов (или сделать наоборот);
- Изменить число одновременно действующих или обрабатываемых объектов (элементов), например, машин, их рабочих органов, двигателей;
- Изменить габаритные размеры, объем или длину объекта при переводе его в рабочее или нерабочее состояние;
- Увеличить степень дробления объекта (или сделать наоборот);
- Допустить незначительное снижение требуемого эффекта;
- Изменить (усилить) вредные факторы так, чтобы они перестали быть вредными;
- Уменьшить число функций объекта и сделать его более: специализированным, соответствующим только оставшимся функциям и требованиям;
- Гиперболизировать, значительно увеличить размеры объекта и найти; ему применение;
- Повысить интенсивность технологических процессов с рабочей зоной в виде площадки или замкнутого объекта;
- Создать местное локальное качество, осуществить локальную концентрацию сил, напряжения и т.п.;
- Найти оптимальные параметры технического объекта по различным критериям.

# Использование профилактических мер

- Предусмотреть прикрытие и защиту легко повреждающихся элементов;
- Экранировать объект;
- Ввести предохранительные устройства или блокировку;
- Разделить хрупкий и часто повреждающийся объект на части;
- Выполнить объект (элемент) разборным так, чтобы, можно было заменить отдельные поврежденные части;
- Для уменьшения простоев и повышения надежности создать легко используемый запас рабочих органов или элементов;
- Предусмотреть в ответственных частях объекта дублирующие элементы;
- Защитить элемент от воздушной или другой агрессивной среды;
- Заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям;
- Заранее придать объекту, изменения, противоположные недопустимым или нежелательным изменениям, возникающим в процессе работы;
- Заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично);
- Обеспечить автоматическую подачу смазочных материалов к трущимся частям;
- Изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок (поместить объект в оболочку, капсулу, гильзу).

# Использование профилактических мер (продолжение)

- Придать объекту новое свойство, например, обеспечить его плавучесть, герметизацию, самовосстановление, сделать его прозрачным, электропроводным и т. д.;
- Сделать объект (элементы) взаимозаменяемым;
- Предусмотреть компенсацию неточностей изготовления объекта;
- Разделить объект на части так, чтобы при выходе из строя одного элемента объект в целом сохранял работоспособность;
- Для повышения надежности, заранее подготовить аварийные средства;
- Обеспечить снижение или устранение вибрационных, ударных нагрузок и инерционных перегрузок;
- Использовать объекты живой и неживой природы в формировании зоны эстетического воздействия;
- Исключить из окружающей предметной среды объекты, вызывающие отрицательные эмоции (создание зеленой изгороди из деревьев и кустарников, маскировка, мимикрия под предметы, вызывающие положительные эмоции и т. д.);
- Исключить шумы и запахи, вызывающие отрицательные эмоции, трансформировать их в более эстетические звуки и ароматы;
- Создать замкнутые безотходные технологии с утилизацией и возвращением в производство загрязняющих веществ в виде сырья и материалов;
- Осуществить разработку новых устройств и технологий, обеспечивающих резкое снижение загрязнения и изменения среды (например, геотехнология, приливные гидроэлектростанции и т. д.).

## Использование резервов

- Использовать массу объекта (элемента) или периодически возникающие усилия для получения дополнительного эффекта;
- Компенсировать, чрезмерный расход энергии получением какого-либо дополнительного положительного эффекта;
- Исключить подбор и подгонку (регулировку и выверку) деталей и узлов при сборе объекта;
- Устранить вредный фактор (например, за счет компенсации его другим вредным фактором);
- Использовать или аккумулировать тормозную и другую попутно получаемую энергию;
- Вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать).

## Использование резервов (продолжение)

- Выполнивший свое назначение или ставший ненужным элемент, отходы (энергия, вещество) использовать для других целей;
- Использовать вредные факторы (в частности, вредные воздействия среды) для получения положительного эффекта;
- Выбрать и обеспечить оптимальные параметры (температуру, влажность, освещение и др.);
- Уточнить расчетные напряжения в элементах на основе использования более точных математических моделей и ЭВМ;
- Перейти на другие физические принципы действия с более дешевыми или доступными источниками энергии или более высоким КПД;
- После конструктивного улучшения какого-либо элемента определить, как должны быть изменены другие элементы, чтобы эффективность объекта в целом еще более повысилась.

# Преобразования по аналогии

- Применить объект, предназначенный для, выполнения аналогичной функции в другой отрасли техники, пользуясь классификаторами патентов;
- Использовать природный принцип повторяемости однотипных элементов (пчелиные соты, клетки, листья, кристаллы и т. п.);
- Использовать в качестве прототипа искомого технического решения объект неживой или живой природы, близкие или отдаленные области техники;
- Применить решение, аналогичное имеющемуся в ведущей отрасли техники или в древних и прошлых: технических объектах.
  - в неживой природе (физика, химия, биохимия и др.);
  - в современных или вымерших живых организмах;
  - в экономике или общественной жизни людей;
  - в научно-фантастической литературе;
  - ответить на вопрос, как решаются подобные задачи в указанных областях.

## Преобразования по аналогии (продолжение)

- Использовать аналоги свойств других объектов; использовать свойства без самого объекта;
- Применить принцип имитации, заключающийся в создании таких объектов, которые по форме, цвету, внешнему виду и другим необходимым свойствам аналогичны, другому объекту;
- Использовать эмпатию: мысленно превратить себя в объект (элемент), с помощью своих ощущений найти наиболее целесообразное решение;
- Использовать в качестве прототипа детские игрушки;
- Вместо недоступного, сложного, дорогостоящего или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии, модели, макеты.

## Повышение технологичности

- Упростить форму и конструкцию деталей путем сокращения числа обрабатываемых поверхностей, неплоских и некруговых поверхностей, рабочих ходов при обработке;
- Выбрать, форму и конструкцию элементов, обеспечивающие применение наиболее производительного технологического оборудования, приспособлений и инструмента;
- Выбрать конструкцию деталей узлов, обеспечивающую максимальное совмещение и одновременное выполнение операций обработки и сборки;
- Снизить или исключить пригоночные работы при сборке;
- Использовать средства компенсации неточности изготовления;
- Осуществить технологическую унификацию конструкций, формы и размеров деталей.

# Повышение технологичности (продолжение)

- Заменить механическую обработку способом, обработки без снятия стружки;
- Использовать саморегулирующиеся, самоустанавливающиеся, самозатачивающиеся элементы, инструменты, сокращающие трудоемкость, профилактического, ухода и ремонта;
- Максимально применять стандартные элементы, имеющие весьма широкую область применения;
- Использовать модульный принцип конструирования, когда из небольшого числа стандартных элементов (универсального набора) можно собрать любое изделие в заданном классе (например, универсально-сборные приспособления, универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики);
- Максимально использовать в проектируемом объекте освоенные в производстве узлы и детали;
- Максимально использовать заготовки с размерами, близкими к размерам готовой детали. Использовать точное литье, штамповку, сварку;
- Выбрать наиболее целесообразное расчленение объекта на блоки, узлы и детали;
- Выбрать материал, обеспечивающий минимальную трудоемкость изготовления деталей.

# 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.