

# Лекция 3

## КРИТЕРИИ СОВЕРШЕНСТВА КОНСТРУКЦИЙ

# КРИТЕРИИ СОВЕРШЕНСТВА КОНСТРУКЦИЙ

**Функция** – основа задачи конструирования.

Цель конструирования в какой-то мере наиболее полное решение поставленной функциональной задачи.

Приступать к разработке проекта нужно, поняв функцию будущего изделия и представив возможное решение.

Для решения функциональной задачи одинаково важны геометрическая форма (собственно конструкция), материалы и технология.



Технически воспроизведение функций современной машины может быть представлено в виде совокупности трех взаимосвязанных составляющих:



из трех систем: традиционная механическая система с непосредственным воспроизведением заданного движения или обеспечением заданного состояния, система измерения воспроизводимой характеристики и система управления – все три составляющие равноценны.

# Критерий функциональной целесообразности

**Функциональная целесообразность** – это принцип, означающий соответствие выбранного решения поставленной задаче. Иными словами, задача должна быть выполнена без превышения необходимых затрат.

Но функция в данном случае понимается в широком смысле, например, водопроводный кран должен не только перекрывать воду, но и быть удобным в обращении. Все это означает, что надо изготавливать его из высококачественных материалов, обеспечить низкую шероховатость поверхностей и высокую точность сопряжений.

Функциональная целесообразность предусматривает, в частности, обеспечение минимальной допустимой для заданной функции прочности, минимальной жесткости и других характеристик, если их повышение сопряжено с увеличением массы, удорожанием изготовления и эксплуатации устройства.

# ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

- механизмы и приводы вращательного движения предпочитают устройствам, в которых присутствует возвратно-поступательное движение;
- собственный привод каждого исполнительного звена предпочитают общему приводу с разветвленной трансмиссией;
- в качестве материалов деталей, особенно «несиловых», там, где это возможно, предпочитают пластмассы и композиты;
- блочной конструкции, составленной из отдельных неразборных и практически неремонтируемых узлов, предпочитают конструкции из отдельных последовательно присоединяемых деталей;
- штампованные и штампованно-сварные детали предпочитают литым;
- детали с местной поверхностной термической обработкой предпочитают деталям со сплошной обработкой;
- уплотнения неподвижного стыка предпочитают осуществлять с помощью специальных герметиков, а не с помощью упругих прокладок;
- симметричные геометрические формы – несимметричным и т.д.

Общее правило таково: любую рекомендацию надо проверить на соответствие принципу функциональной целесообразности для заданных условий.

Одним из основополагающих аспектов современного конструирования является преемственность решений. Это становится все более рациональным благодаря тому, что компьютер позволяет запомнить и записать каждый шаг конструктора и его предшественников.

Конструктор уже может не вычерчивать деталь или соединение от начала до конца и тем более не делать это вручную. Обязательно используется готовый прототип, который «извлекают» из компьютерного банка. Углубленно процесс конструирования представл



Кроме банка конструкций и комплексных решений используются банки материалов и технологий, а также банк информации об испытаниях и эксплуатации предшествующих исполнений, исследовании новых моделей.

Процесс конструирования заключается в правильном выборе известной схемы (модели), подстановке в нее известных решений и, наконец, в совершенствовании конструкции отдельных элементов и системы в целом с учетом накопленного опыта эксплуатации и испытаний прототипа и с учетом анализа других, вновь появившихся решений (используется банк изобретений). Каждый этап совершенствования должен сохранить все полезное и дополнить модель новыми положительными качествами.

# Критерии красоты и удобства

В современных условиях такие качества продукции, как красота и удобство начинают приобретать все большее значение. При этом связь между конструкцией и внешним видом, между технологией изготовления и удобством эксплуатации и тем более между красотой и удобством имеет весьма сложный характер.

Процесс совершенствования внешнего вида порой кажется оторванным от содержания устройства. Как правило, форма отстает от содержания и имеет стремление достичь соответствия с ним. Если, например, при создании автомобиля с использованием новых технологий и материалов улучшаются покрытия, уменьшаются зазоры, повышаются аэродинамические свойства, то автомобиль сам по себе становится красивее и удобнее.

Как при конструировании уделяется внимание технологичности, прочности, износостойкости, так и при создании изделия должны учитываться требования к красоте и удобству. Существуют отдельные науки, объединяющие в себе критерии, правила и рекомендации по созданию красивых изделий (техническая эстетика) и удобных в эксплуатации (эргономика). Конструктор любого уровня должен быть знаком хотя бы с их общими положениями.



# Главные критерии красоты

1. Взаимосоответствие (неразрывная связь) формы, функций, содержания (внутреннего строения).
2. Единство и целостность композиции.

Если какое-либо изделие в действительности способно выполнять определенные функции и/или оно обладает достаточной прочностью и устойчивостью, способностью отличаться в лучшую сторону по каким-либо критериям, то его форма должна соответствовать функциям.

Первым, на что надо обратить внимание, является ***место расположения предмета***.

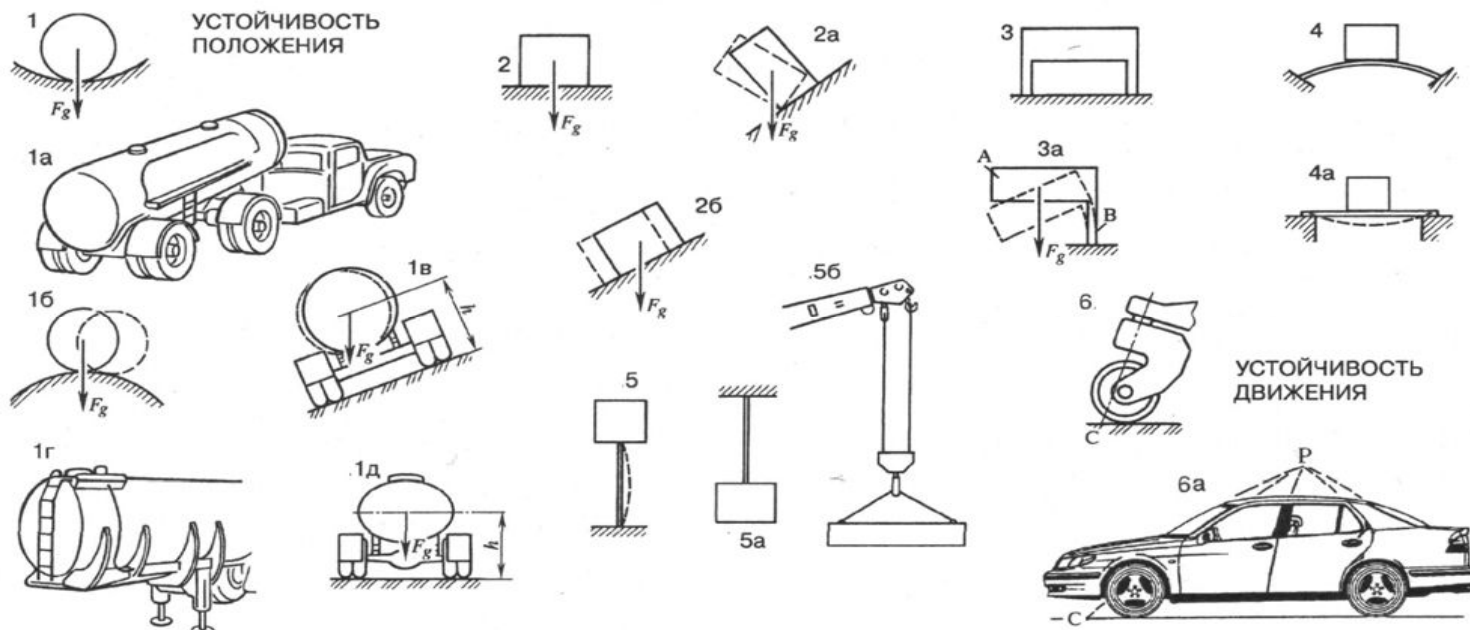
Одним из направлений создания единой композиции является ***соподчиненность***. Главный элемент может восприниматься действительно как главный, если его сделать самым большим, или он будет размещен в середине, или будет выделен рельефом или ярким цветом. Менее ощутима соподчиненность, если имеются одинаковые элементы, либо цветом выделены крайние элементы. Соподчиненность должна легко прослеживаться (например, ковш скрепера и тягач воспринимаются именно в такой последовательности).

Следующее очень древнее правило – соразмерность элементов, в частности, подчиненность определенным пропорциям. Речь идет, в первую очередь, о размерах, но относится также и к другим средствам выразительности, например к геометрической форме, рельефу, цвету и даже к светотени. Соотношение 3:2 или 2:3 называют «золотым сечением».

Следующее правило – обеспечение **масштабности**. Если поставлена задача сделать легковой автомобиль просторнее и комфортабельнее, достаточно увеличить размеры салона, но нет необходимости увеличивать подкапотное пространство (оно продиктовано размерами двигателя).

Следующим критерием является визуальная устойчивость, прочность и равновесие. Объективно форма может обладать устойчивостью положения или движения, а зрительно восприниматься как неустойчивая. В этой связи при конструировании изделия используют определенные средства, подчеркивающие визуальную устойчивость.

Простейшие модели устойчивого и неустойчивого положения представлены на рисунке:



- параллелепипед на горизонтальной плоскости (схема 2) и шар в сферическом углублении (схема 1) обладают высокой степенью устойчивости;
- устойчивость уменьшается в схемах 2а, 2б и 1б. Предполагаемое изменение состояния под действием гравитационной силы  $F_g$  показано штриховыми контурами. Даже если элементы на этих схемах неподвижно закреплены, ощущение неустойчивого положения остается;
- низкой устойчивостью обладают формы, элементы которых зрительно перенапряжены сжимающей нагрузкой или изгибающим моментом (схема 3а и схема 4а);
- на схеме 4 элемент малого сечения (балка на двух опорах) воспринимается как способный нести большую нагрузку, чем на схеме 4а;
- на схеме 5 отсутствие визуальной устойчивости ассоциируется с механической потерей устойчивости при сжатии стержня;
- формы на схемах 5а и 5б обладают более высокой визуальной устойчивостью по сравнению с формой на схеме 5.

Общее правило для элементов формы, опирающихся на поверхности, следующее: чем ниже визуально воспринимаемый центр тяжести, тем выше устойчивость. Положение неустойчиво в случае, если линия действия внешней силы проходит вне контура опорной поверхности (хотя потери механической устойчивости не будет при соединенных контактирующих поверхностях). Это особенно заметно на формах, выполненных в виде кругового цилиндра или шара. На схемах 1а и 1в показан цементовоз с емкостью цилиндрической формы, сравнительно высоко расположенной над поверхностью земли. Естественно, данная форма не отличается высокой визуальной устойчивостью. В конструкции емкости на схеме 1г визуальную устойчивость придают серповидные ребра. Еще больший эффект достигается применением эллипсоидной формой емкости в автогудронаторе (схема 4,1д). Такая форма, в сравнении с цилиндром, позволяет опустить центр тяжести и, кроме того, при наклоне опорной поверхности не может катиться по ней.

Пример повышения визуальной устойчивости движущейся формы приведен на схеме 6а. Наибольшая визуальная устойчивость в автомобиле достигается при пересечении наклонных линий силуэта кабины впереди и точки соприкосновения колеса с поверхностью земли, по аналогии с механической устойчивостью управляемого колеса (схема 6).

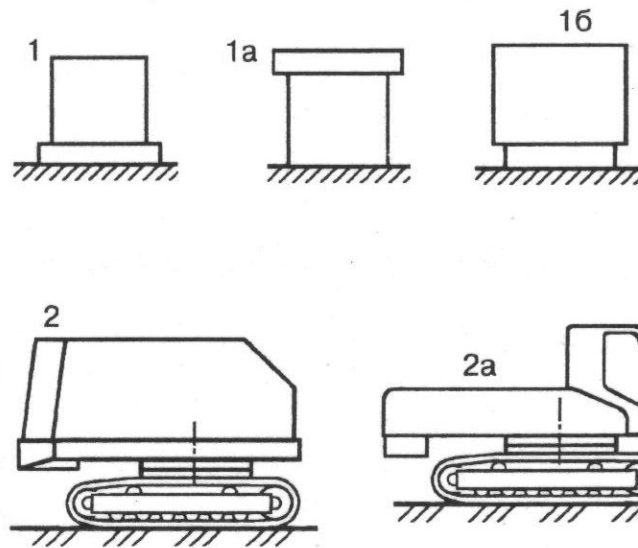
Следующая категория визуальной выразительности – ***визуальная напряженность***.

Она характеризует соотношение зрительно воспринимаемых нагрузок и несущей способности элементов, воспринимающих эти нагрузки.

Визуальная напряженность – это как бы ощущение механических напряжений в несущих конструкциях.

Высокая визуальная напряженность ассоциируется с недостаточной прочностью. Нормальная напряженность имеет место, когда конструктивная система и ее части воспринимаются как работающие в предусмотренной замыслом конструктора мере.

Низкая напряженность имеет место, когда формы несущих частей воспринимаются недогруженными, расплывчатыми.

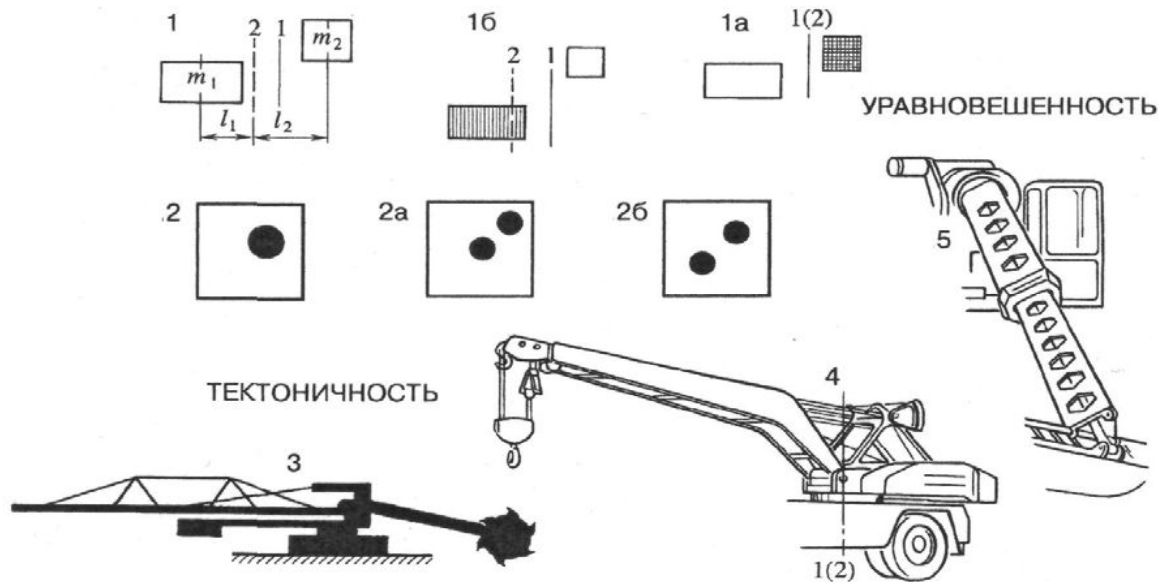


На схемах 1, 1а, 1б показаны соответственно расплывчатость несущей формы, излишняя легкость весомой части и напряженность несущей части.

На схеме 2 показано зрительное несоответствие массы кузова экскаватора и несущей способности ходовой части (тяжелый верх и основание, ослабленное тенями).

На схеме 2а для того же класса машины дано решение, в большей мере удовлетворяющее визуальной напряженности.

При оценке визуального равновесия учитывается не физическое значение массы, а визуальное воспринимаемое, при этом большей массой обладают формы: более компактного вида - куб и шар по сравнению, например, со стрежнем при одинаковом объеме; с монолитной структурой (сплошное тело) по сравнению, например, с решетчатой; больших размеров при одинаковой структуре; с более существенно отличающимися от общего фона рельефом, освещенностью, яркостью, насыщенностью, тоном цвета поверхности.



Понятие визуального равновесия шире, чем ассоциация с механическим равновесием. Так, на схеме 2 черное пятно находится не в центре квадрата и создается ощущение его неуравновешенности; два одинаковых пятна не могут уравновесить друг друга в силу их смещения от центра квадрата.

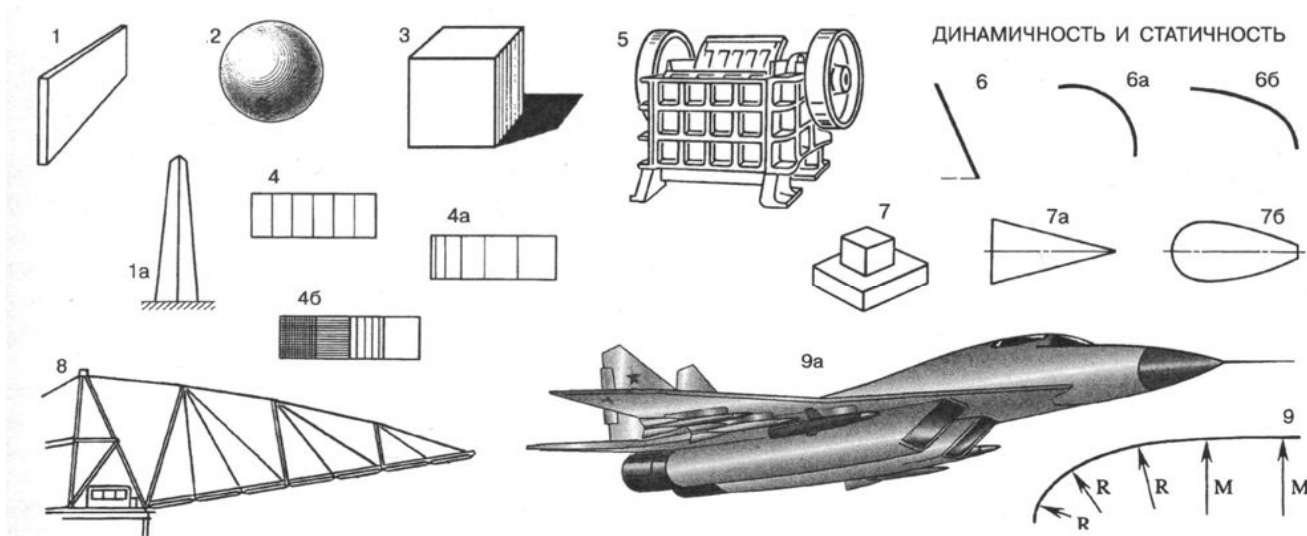
Пятна на схеме 2б, симметрично размещенные на диагонали квадрата, вызывают ощущение уравновешенности.

Таким образом, чтобы обеспечить устойчивое визуальное равновесие при различии размеров и объемов элементов, требуется перераспределить значимость элементов по другим свойствам, выразить структуру формы более активно. Например, о коробчатом сечении стрелы (схема 5) можно судить по отверстиям. Без них конструкция выглядела бы монолитной, тяжеловесной.

**Тектоничность** – это наиболее полное отражение функции взаимодействия звеньев, механической взаимосвязи элементов во внешней форме машины или сооружения. Элементы на схемах 3 и 4 обладают ярко выраженной тектоничностью, и для обеспечения визуальной уравновешенности практически нет необходимости принимать дополнительные меры. Достижение наиболее полного и точного отражения устойчивого равновесия в форме средствами композиции называется визуальной уравновешенностью.

Еще одна важная характеристика формы – **динамичность**. Тожество придает зрительную неподвижность, статичность. Общие правила таковы: симметричные формы – статичны, ассиметричные – динамичны.





Схемы 4а и 4б выражают динамичность, а схема 4 – статичность.

В принципе, любая форма, в том числе и сплошная, очерченная непрерывными линиями, может состоять из статичных и динамичных элементов (схема 2). Предметы на схемах 1 и 1а в силу перспективного сокращения кажутся устремленными вдаль и ввысь. Однако в ряде случаев и идеально симметричные фигуры из-за направленности света и соответствующих светотеней кажутся динамичными (например, шар на схеме 2). Светотень придает явно выраженную динамичность кубу на схеме 3. За счет одинаковости форм камнедробилка (схема 5) кажется статичной.

Из схемы 6 видно, что даже одна наклонная линия выражает определенное стремление к движению, а дуга окружности (схема 6а) чаще используется для выражения статического состояния. Дизайнеры чаще используют кривые более высокого порядка (схема 6б) для выражения динамичности.

Асимметрия формы придает динамичность только в одном направлении – в направлении изменения размеров или иных свойств (схемы 7, 7а, 7б).

Главная задача при формировании объекта – это правильное сочетание элементов формы, выражающих динамичность (схема 9а) или статичность (схема 8) в целом.

**Невыносимая** для человека зона имеет место, если одно из условий выходит за физиологическую границу (работа допустима в скафандрах, герметизированных костюмах и помещениях).

**Некомфортная зона** – одно из условий отклонений от нормы (психологической границы). К этой зоне относятся горячие цехи, цехи лакокрасочных покрытий, некоторые дробильные установки и т.п.

**Комфортная зона** и зона высшего комфорта – выполнение всех условий, находящихся в наилучшем состоянии.

**Антропометрические требования** определяют соответствие изделия антропометрическим данным человека.

**Психофизиологические требования** определяют соответствие изделия особенностям функционирования органов чувств человека.

Важнейшим фактором является **цвет**. Различные цвета вызывают различные эмоции и оказывают разное психологическое воздействие на человека.

Красный цвет – цвет раскаленного металла, возбуждающий, горячий, энергичный, быстро утомляет зрение.

Коричневый цвет – теплый, создает мягкое спокойное настроение, выражает устойчивость, но способен располагать к мрачному настроению. Коричневый цвет с серым оттенком угнетает, настораживает, вызывает тревогу, ожидание неприятностей.

Оранжевый цвет воспринимается как раскаленный, горячий, согревающий, бодрящий, стимулирующий к активной деятельности.

Желтый цвет – теплый, веселый, располагающий к хорошему настроению, однако в избытке может вызывать головокружение и тошноту.

Зеленый цвет – символ покоя и свежести. Он полезен для глаз, обостряет слух, улучшает двигательную способность рук, успокаивает, умиротворяет, снимает раздражение.

Синий цвет напоминает о воде, холоде. Он свеж и прозрачен, кажется воздушным и легким. Под его воздействием уменьшается физическое напряжение, успокаивается дыхание, пульс.

Фиолетовый – цвет утомленности, беспокойства и взволнованности.

Белый – холодный, благородный цвет.

Черный – мрачный и тяжелый, резко снижает настроение.



При выборе сочетания цветов используют три вида цветовой гармонии.

**Контраст** – цвета по тону расположены на противоположных сторонах цветового круга, либо по насыщенности один близко к центру, другой – далеко от центра, по яркости один характеризуется слабым излучением, другой – сильным.

**Нюанс** – цвета близки по своим характеристикам.

**Цветовая триада** – три цвета равноудалены на цветовом круге.

В зависимости от фона четкость восприятия цветов различна. Приведем основные четко воспринимаемые сочетания цветов по степени убывания:

- синий на белом;
- черный на желтом;
- зеленый на белом;
- черный на белом;
- зеленый на красном;
- красный на желтом;
- красный на белом;
- оранжевый на черном;
- черный на пурпурном;
- оранжевый на белом;
- красный на зеленом.

Цветовые контрасты позволяют быстро воспринимать нужную информацию. Резкие контрасты быстро утомляют. Если рабочий должен один раз в минуту перевести взгляд с темно-серого корпуса станка, отражающего 5% света, на блестящую деталь, отражающую 95% света, то он тратит на зрительное приспособление примерно 5 секунд.

Нюансные отношения цветов в технологическом процессе могут вызывать перенапряжение. Так, например, черную нитку на темном фоне заметить примерно в 2000 раз труднее, чем на белом.

Цвет оказывает влияние на качественное восприятие объекта. Приведем некоторые примеры сочетаний цветов при окраске изделий и создании интерьеров.

Станки окрашивают в различные оттенки зеленого, рабочую зону станка – зеленым меньшей интенсивности или желто-зеленым. Стены цеха могут окрашиваться в тот же цвет, что и станки, но отличаться по яркости (необходим контраст). В горячих цехах целесообразны холодные цвета – голубой, светло-синий. Опасные зоны (вращающиеся детали, крюки кранов, бамперы дорожных машин) – в оранжевый с белыми или черными полосами. Приборы, сигнальные лампочки, элементы управления сочетают контрастные и нюансные отношения цветов.

Выбор окраски машин специального назначения определяется конкретными условиями применения, например, дорожные машины (асфальтоукладчики, катки) – оранжевым, хорошо заметным на расстоянии на фоне дороги.

**Цвет** и **свет** неразрывно связаны между собой. Световой поток, падая на поверхность, частично отражается, частично поглощается и частично пропускается телом. Так, например, белый цвет практически полностью отражает световой поток, а черный – поглощает, поэтому рекомендуются более светлые тона окраски.

Шероховатые поверхности вызывают рассеянное отражение, матовые – направленно-рассеянное отражение. Для естественного освещения требуется максимальное остекление помещений. При искусственном освещении следует добиваться следующего:

- интенсивности освещения, соответствующей производству;
- достаточной равномерности освещения;
- отсутствия резких теней;
- - соответствия освещения цветовому решению;
- - отсутствия ослепления.

Высший уровень эргономических требований к изделию – психологические требования: учет особенностей восприятия, памяти, мышления, образования, закрепления навыков и др.

# Технологичность конструкторских решений

**Технологичность** – совокупность свойств конструкции, характеризующих возможность ее реализации, а также приспособленность к получению минимальных затрат при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Условно разделяют технологичность на :

- проявляемую при изготовлении,
- эксплуатационную.

К последней относят ремонтпригодность, восстанавливаемость, удобство и безопасность обслуживания, требуемый уровень подготовки обслуживающего персонала, дефицитность и нормы расходования эксплуатационных материалов, степень воздействия объекта на окружающую среду, возможности консервации, хранения, транспортирования и т.п.

Технологичность конструктивных решений, проявляемую при изготовлении, условно разделяют на технологичность детали и технологичность соединения или сборочной единицы. Условно, потому что оба этих вида находятся в неразрывной связи. Общий подход к выбору конструктивных решений, исходя из данного условия, независимо от функции, технологии и материалов – это простота геометрической формы, плавные переходы от одного элемента конструкции к другому, унификация (повторяемость) элементов, деталей, сборочных единиц и агрегатов.

При выборе конструктивных решений детали конструктор должен от начала и до конца представлять процесс ее изготовления (отработка на технологичность). При этом нужно стремиться по возможности предусматривать минимальный объем механической обработки резанием (рациональный выбор заготовки). Соответствие технологического процесса принятому материалу обеспечивает получение заданных свойств изделия.

Рациональная последовательность технологических процессов и операций обусловлена их конструкцией и материалами, выбранными способами изготовления.

Каждый следующий вид обработки должен привести к улучшению качества и точности изделия.

Выбор конструктивных решений делается исходя из экономичности технологического процесса (рациональная заготовка, рациональная разметка, вырезание элементов, а не стружка).



Еще одно направление обеспечения технологичности – появление новых материалов, обладающих особыми (уникальными) свойствами.

Наиболее актуальным вопросом современного конструирования является обеспечение технологичности сборочной единицы.

Сборку автоматизировать труднее всего, поэтому стоимость ручных сборочных операций занимает большую часть всей стоимости изделия. Неслучайно промышленные компании стремятся разместить сборочные предприятия в районах с наиболее дешевой рабочей силой (Китай). В этой связи на всех этапах конструирования процесс сборки должен продумываться самым тщательным образом.

Одним из важнейших принципов технологичности сборочной единицы является принцип кратчайшей размерной цепи. Для его соблюдения целесообразно выбирать конструкцию с минимальным числом деталей и стыков в замкнутом контуре.

Основные приемы обеспечения рациональной сборки – это блочность конструкции и простота относительного ориентирования в процессе соединения деталей или сборочных единиц.

Одним из путей повышения эффективности сборки является автоматизация процесса, а также:

- совмещение процессов изготовления отдельных деталей и сборки;
- предсборочное группирование деталей;
- оснащение деталей вспомогательными ориентирующими элементами (уступ, срез), придающими определенность ориентации;
- размещение центрирующих элементов;
- уменьшение (где возможно) количества элементов соединений.

Одним из принципов обеспечения технологичности является использование одинаковых по форме и размерам элементов, деталей, соединений, блоков и агрегатов - это принцип унификации. Под унификацией понимают приведение к единообразию технических характеристик изделий, технологических процессов, документации и средств общения (термины, обозначения и др.). Для конструкции изделий унификация заключается в рациональном сокращении числа объектов (размеров, параметров, геометрических элементов, деталей, сборочных единиц, агрегатов, приборов, машин, схем и т.п.) одинакового назначения, которые можно многократно применять (повторять) в разрабатываемой конструкции в рамках завода, отрасли, страны.

Унификация позволяет увеличить серийность и тем самым снизить стоимость изготовления деталей. Она облегчает обслуживание и ремонт за счет уменьшения номенклатуры инструмента и запасных частей, позволяет предприятию специализироваться на изготовлении ограниченного числа деталей и соединений. Унификация существенно упрощает процесс конструирования.