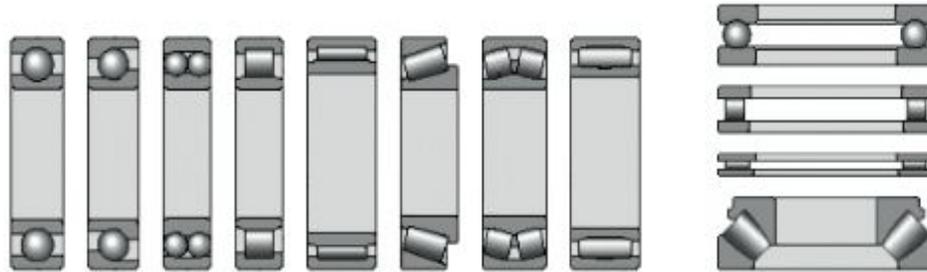
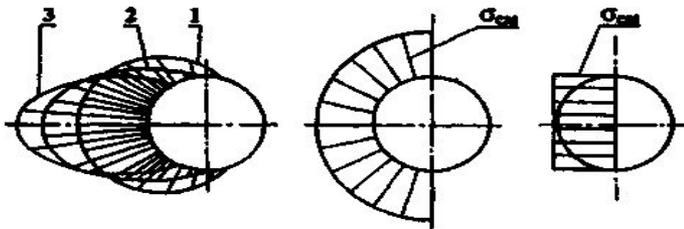
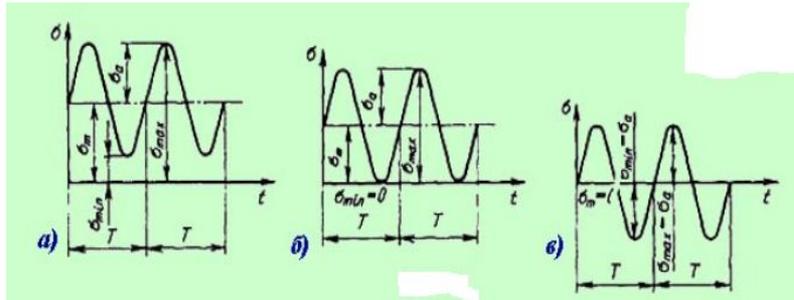


ТЕМА: ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ



$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{S \cdot \frac{K_{\sigma}}{\varepsilon}}$$



$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$\tau \leq [\tau]$$



ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов М.Н. Детали машин: Уч-к для втузов/ М.Н. Иванов; под редакцией Финогенова. - М.: Высш. шк., 2000 и более поздние изд., - 383с.;
2. Иванов А.С. Конструируем машины. Шаг за шагом. Ч.1. Из-во МГТУ имени Н. Э.Баумана., 2000, -328с.;
3. Иванов А.С. Конструируем машины. Шаг за шагом. Ч.2. Из-во МГТУ имени Н. Э.Баумана., 2003, -392с.;
4. Бельков В. Н., Захарова. Соединение деталей и узлов машин. (уч. пос.), ОмГТУ, 2001, 76с.
5. Бельков В. Н., Захарова. Основы конструирования деталей и сборочных единиц машин. (уч. пос.), ОмГТУ, 2007, 256с.



ПРОСТЕЙШИЕ

- «ОБЪЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ В КУРСЕ «ДЕТАЛИ МАШИН»

1. Соединения 2. Передачи 3. Детали передач, обслуживающие вращательное движение

1. Разъёмные (Допускают неограниченное число сборок, разборок без потери несущей способности, без нарушения целостности деталей, входящих в состав соединения)

болтовые
шпоночные
шлицевые
профильные

Неразъёмные (Теряет часть несущей способности при повторной сборке)

сварные
заклёпочные
с натягом (прессованные)
паяные
клеевые

2. Передачи зацеплением

зубчатые
планетарные
волновые
червячные цепные винт-гайка

Передачи, основанные на действии сил трения.

фрикционные
Ременные

3. оси
валы
Подшипники (скольжения, качения)
муфты

пружины



КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МАШИН

Технологические – изменение формы, свойств, состояния предмета труда

- станки, с/х и строительные машины, роботы

Энергетические – преобразование энергии

- машины-двигатели, генераторы, дизель-генераторы, турбогенераторы

Транспортные – перемещение грузов и пассажиров на большие расстояния

- автомобили, самолеты, локомотивы, теплоходы, велосипеды

Транспортирующие – перемещение грузов и пассажиров на небольшие расстояния

- грузоподъемные краны, конвейеры, элеваторы, водоподъемные устройства

Информационные – сбор, переработка и использование информации

- ЭВМ, шифровальные, копировальные

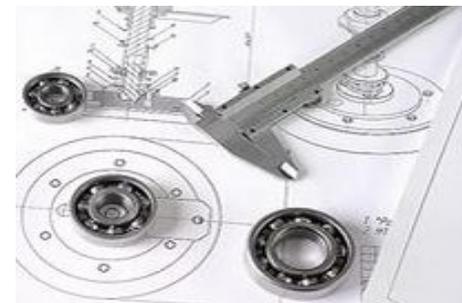


ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА КОНСТРУИРОВАНИЯ

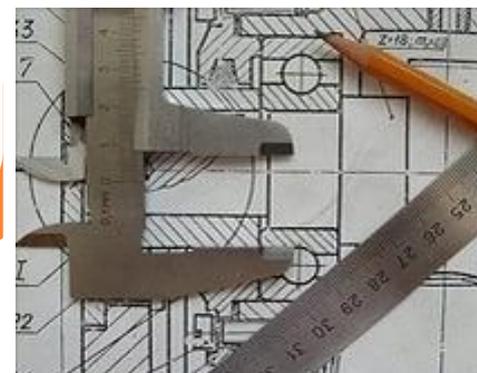
Ориентирование на реальный режим эксплуатации



Поиск оптимального конструкторского решения задачи



Выполнение условий равнопрочности отдельных частей изделия



СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН АРМ WinMachine

АРМ WinMachine является отечественной Системой расчета и проектирования механических конструкций и оборудования в области машиностроения и строительства и представляет собой набор инструментов, программ, баз данных и баз знаний, графических и других модулей, использование которых позволяет проводить геометрические, динамические, прочностные и другие расчеты, по результатам которых возможно определить наилучшие конструкторские решения при последующем оформлении конструкторской документации.

Результаты червячной передачи

Проверочный расчет
 Максимальный момент

Основные параметры
 Силы в зацеплении
 Основная геометрия
 Параметры контроля
 Метод охлаждения
 Чертеж...

Продолжить
Отменить
Помощь
Выбрать все
Снять выделение

Результаты

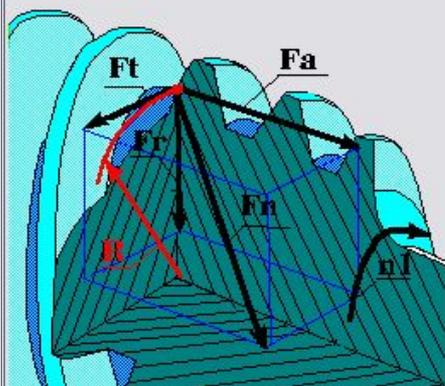
Геометрические параметры Параметры работы

а _ш	100.0	[мм]	Р.....	3.434	[кВт]
т.....	3.15	[мм]	η.....	0.741	[-]
q.....	12.5	[-]			
х.....	-0.503	[-]			

Число зубьев колеса 52 [-]
Число заходов червяка 2 [-]

Продолжить Прервать

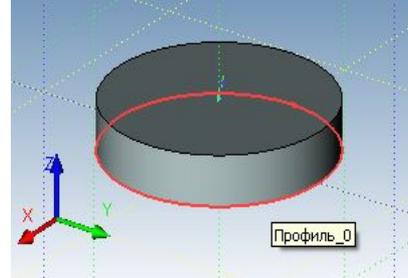
Результаты



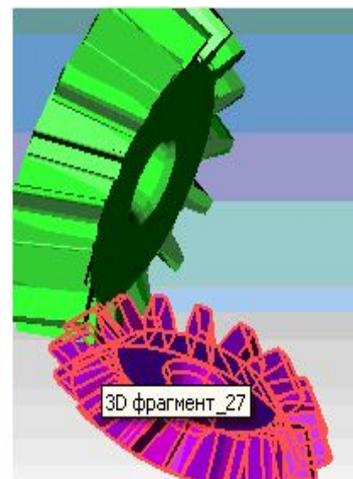
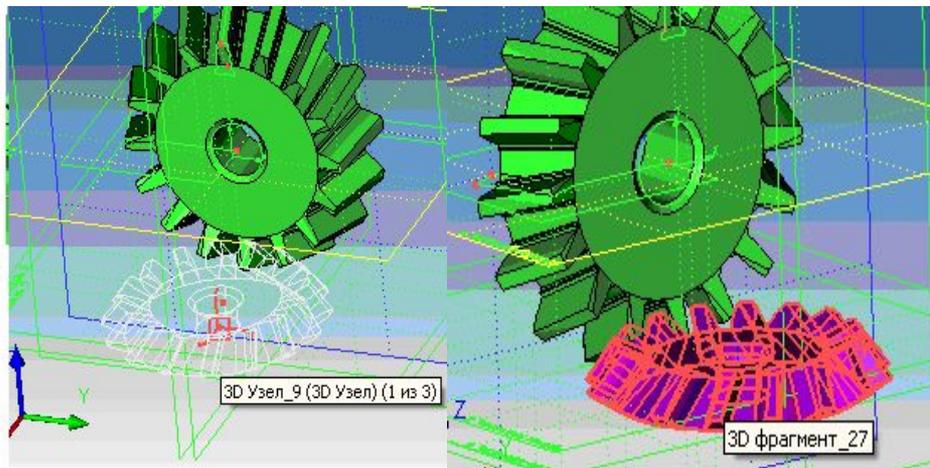
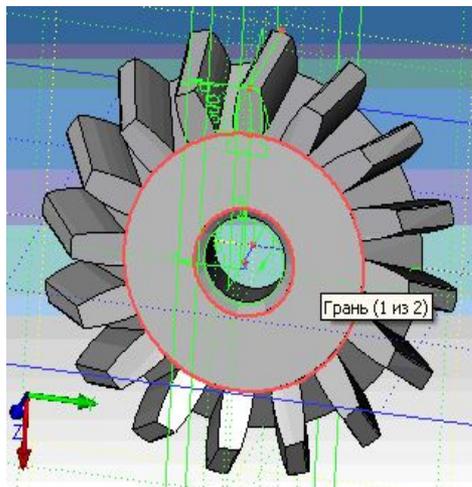
	Червяк	Колесо	
Fa	5494.505	1290.359	[Н]
Fr	2020.386	2020.386	[Н]
Ft	1290.359	5494.505	[Н]
R	18.103	81.9	[мм]

Продолжить
Прервать

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРМ «T-FLEX CAD»



АРМ «T-FLEX CAD» — система автоматизированного проектирования, разработанная компанией «Топ Системы», объединяет в себе 3D- и 2D-функционал. Предназначена для создания чертежей деталей и сборок, а также для оформления конструкторской документации.



ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДЕТАЛЯМ МАШИН

1. **Надежность;**
2. **Экономичность**



Экономичность достигнута, если при минимальной стоимости затрат на проектирование, изготовление и эксплуатацию реализация проекта приносит прибыль.

Надежность – свойство изделия сохранять во времени способность к выполнению требуемых функций в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. надежность характеризуется состояниями и событиями.

Работоспособность - состояние изделия, при котором оно способно нормально выполнять заданные функции.

Отказ – событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности.

Показатели качества изделия по надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность.

Временные понятия надежности: наработка, ресурс и срок службы.

ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Способы определения:

- табличный;
- дифференциальный (расчетный)

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{S \cdot \frac{K_{\sigma}}{\varepsilon}}$$

$[\sigma]$ - нормальные допускаемые напряжения на определяемом виде деформации при неограниченном сроке службы детали

σ_{lim} - предельные напряжения для материала деталей
характеристики материалов:

σ_T - предел текучести;

σ_B - временное сопротивление;

σ_{-1} - длительный предел выносливости при знакопеременном

симметричном цикле нагружения;

при статическом нагружении

$\sigma_{lim} = \sigma_T$ - при пластичном разрушении детали;

$\sigma_{lim} = \sigma_B$ - при хрупком разрушении детали.

при динамическом нагружении

за базовый принят симметричный знакопеременный цикл.

$\sigma_{lim} = \sigma_{-1}$ - при симметричном знакопеременном цикле нагружения.



ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{S \cdot \frac{K_{\sigma}}{\varepsilon}}$$

S - запас прочности (коэффициент запаса прочности);
 K_{σ} - эффективный коэффициент концентрации напряжений,
 $K_{\sigma} > 1$, выбирается по таблицам в зависимости от вида концентратора напряжений: резьба, отверстие, микронеровности и др.;

ε - масштабный коэффициент.

σ_{-1} не остается постоянным, если менять размеры сечения детали. Если размеры изделия и испытываемого образца различны, то напряжения в них будут различны, так как сказывается механическое влияние размеров сечений деталей на изменение механических характеристик материалов. Это и учитывает **ε** .

$\varepsilon < 1$ выбирается по таблицам в зависимости от отношения размеров детали и лабораторного образца.



КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ

S - коэффициент запаса прочности (запас прочности).

S > 1 принимается конструктором:

1. по рекомендациям;

2. определяется расчётом $S = S_1 * S_2 * S_3$.

S₁ - учитывает точность расчётных схем.

S₁ = 1,2 - 1,5

S₁ = 2 - 3, когда нужно получить деталь высокой точности;

S₂ - учитывает изменчивость свойств материала деталей по её сечению (например, однородность материала);

S₂ = 1,05 - 1,10 в качестве заготовки деталей: прокат, поковка, штамповка;

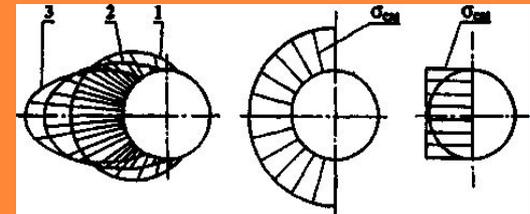
S₂ = 1,15 - 1,20 стальное литьё;

S₂ = 1,5 - 2,5 чугунное литьё;

S₃ - учитывает степень ответственности детали:

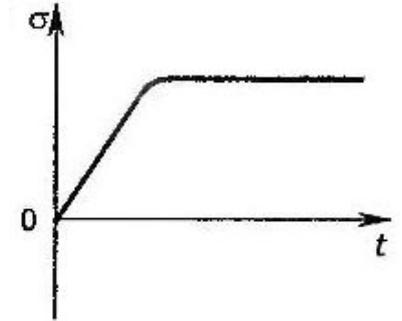
в общем машиностроении принимаются значения коэффициентов:

S₃ = 1,0 - 1,5 (1.5 для наиболее ответственных деталей).



ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ. СТАТИЧЕСКОЕ НАГРУЖЕНИЕ

Статическое нагружение – числовое значение нагрузки, её направление и место приложения постоянны или меняются очень медленно и незначительно.



$$[\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{S \cdot \frac{K_{\sigma}}{\varepsilon}}$$

$[\sigma]$ - нормальные допускаемые напряжения на определяемом виде деформации при неограниченном сроке службы детали

σ_{lim} - предельные напряжения для материала деталей характеристики материалов:

σ_T - предел текучести;

σ_B - временное сопротивление;

при статическом нагружении

$\sigma_{lim} = \sigma_T$ - при пластичном разрушении детали (ст);

$\sigma_{lim} = \sigma_B$ - при хрупком разрушении детали (чугун,

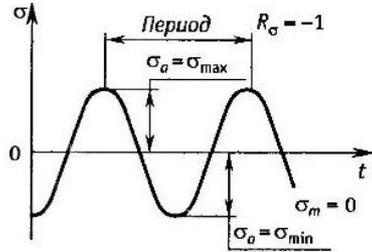
фарфор).



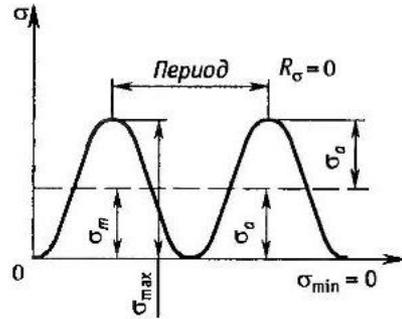
НАГРУЖЕНИЕ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Динамическое нагружение

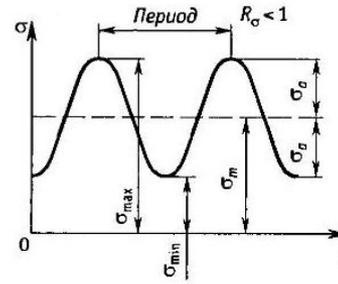
Циклы:



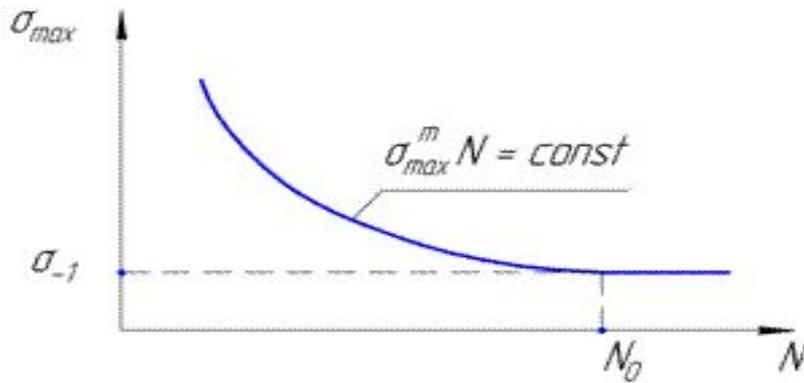
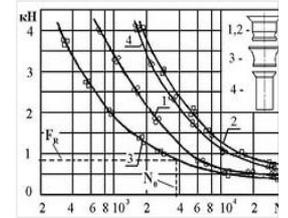
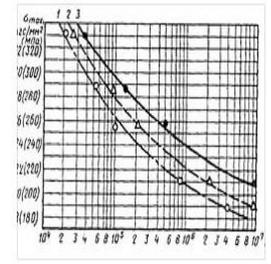
Симметричный
знакопеременный
(вращающиеся валы)



Пульсирующий (отнулевой)
(зубья зубчатых колес)



Асимметричный
знакопостоянный (винты, пружины)
или знакопеременный (большинство
деталей, элементы ферм мостов)



$$N \cdot \sigma^m = const$$

Кривая Вёллера
(кривая усталости)

Прочность детали снижается с ростом числа циклов нагружения N .

При числе циклов более базового N_0 (для сталей $N_0 = 10^7$) она снижается до длительного предела выносливости σ_{-1} .

Показатель степени $m=6-9$.

Если нет экспериментальных данных, то $\sigma_{-1} = (0,55 - 0,0001 \sigma_B) \sigma_B$.



КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И РАСЧЕТА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Основные критерии:

1. Прочность
2. Жесткость
3. Износостойкость
4. Теплостойкость
5. Виброустойчивость.

Дополнительные критерии:

- коррозионная стойкость;
- снижение массы деталей;
- простота изготовления и технологичность деталей;
- удобство эксплуатации.;
- транспортабельность машин, узлов и деталей;
- стандартизация;
- эстетика форм;
- экономичность изделия.

При конструировании деталей **работоспособность обеспечивают** выбором материалов и расчетом по основному (или нескольким основным) критериям.

Выбор критерия для расчета обусловлен характером разрушения (видом отказа)



Прочность

Прочность – способность детали сопротивляться разрушению или возникновению недопустимых пластических деформаций под действием приложенных к ней внешних нагрузок.

Расчеты на прочность выполняют:

- по номинальным напряжениям;
- по коэффициентам безопасности;
- по вероятности безотказной работы.

Расчеты по номинальным напряжениям - в качестве предварительных для выбора основных размеров. Используют при массовом выпуске.

Условие достаточной прочности

нормальные напряжения

касательные напряжения

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$\tau \leq [\tau]$$

Расчеты по коэффициентам безопасности. Более точны, но все таки сохраняют некоторую условность, т.к. ряд факторов учитывается в явной форме, а ряд учитывается усредненными значениями.

Расчеты по вероятности безотказной работы – в ответственных конструкциях, т.к. требуют накопления значительного объема достоверного статистического материала.



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ

1. **Выравнивание напряжения по длине и сечению изделия.** Предпочтительнее, чтобы материал в конструкции работал на сжатие или растяжение, а не на изгиб. Например, мосты выполняют в виде ферм, а не как балки, опертые по краям.

2. **Выбор рациональной формы.** Например, применение для сосудов высокого давления сферических, цилиндрических, а не призматических форм; плавные переходы между участками разных диаметров; в рельсах двутавр, а не призма; разнесение по длине детали разных концентраторов напряжений.

3. **Создание в деталях предварительного напряжения обратного знака.** Позволяет задействовать в работе весь материал конструкции и снизить за счет этого её массу. Например, в тяжелых машинах - прессах, подъёмных кранах.

4. **Использование поверхностных упрочнений.**

- пластическое деформирование (обкатка роликом, наклеп дробью);
- термическое деформирование (токи высокой частоты (СВЧ))
- химико-термическое деформирование (цементация, азотирование).

5. **Использование материалов с высокой удельной прочностью.** (Ванадий - «Форд»; молибден - самурайские мечи).



ЖЕСТКОСТЬ

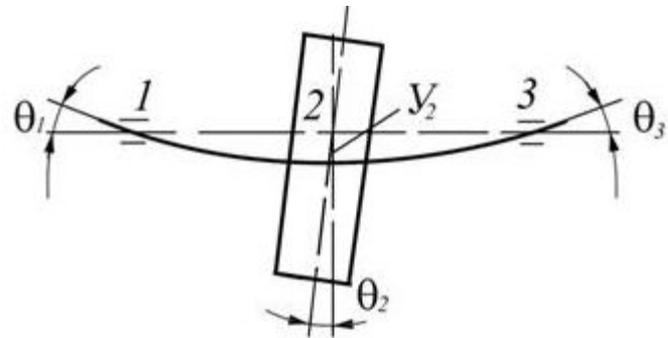
Жесткость – способность детали сопротивляться изменению формы и размеров под нагрузкой.

Абсолютно жестких тел в природе не существует, задача – под действием приложенных к ней нагрузок, избежать недопустимо больших упругих деформаций.

Практические расчеты на жесткость проводят в форме ограничения упругих деформаций в пределах, допустимых для конкретных условий работы.

Жесткость в зависимости от вида нагружения:

- Продольная;
- Изгибная;
- Крутильная.



Условие достаточной жесткости

$y \leq [y]$ (величина прогиба)

$\theta \leq [\theta]$ (угол поворота в сечении)

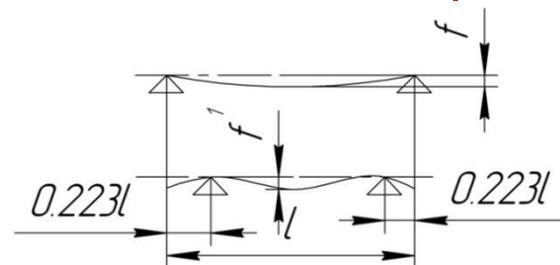
$\varphi \leq [\varphi]$ (угол закручивания в сечении)



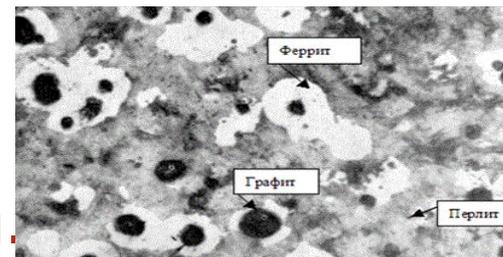
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ

1. Выбор типа и рациональное расположение опор.

Например, расположение опор на расстоянии $0,223l$ от концов уменьшает максимальный прогиб балки под действием силы тяжести в 48 раз; уменьшить прогиб позволяет замена консольного нагружения двухопорным и уменьшение расстояния между опорами.

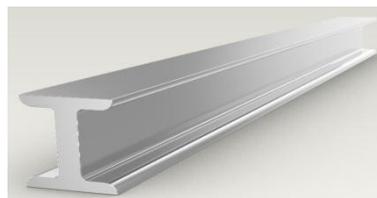


2. Применение материалов с высоким модулем упругости: сталей, чугунов с шаровидным графитом.



3. Выбор рациональной формы сечения.

Жесткость двутавра, равновеликого круглому цилиндрическому брусу, выше в 26 раз.



4. Повышение контактной жесткости в подвижных сопряжениях пригонкой и уменьшением волнистости и шероховатости поверхностей, предварительным натягом.



Износостойкость

Износостойкость - свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию.

Изнашивание - процесс разрушения и отделения частиц материала с поверхности твердого тела вследствие трения, проявляющийся в постепенном изменении размеров и формы.

Износостойкость зависит от физико-механических свойств материала, термообработки, шероховатости поверхностей, от значений давлений и контактных напряжений, скорости скольжения, наличия смазочного материала, режима работы и других факторов.

Износ (результат изнашивания) меняет характер сопряжения, увеличивает зазоры в подвижных соединениях, вызывает шум, уменьшает толщину покрытия, снижает прочность деталей.

Универсального и общепринятого метода расчета на изнашивание нет. В большинстве случаев расчет проводят в форме отсутствующих давлений p , МПа в местах контакта

Условие достаточной износостойкости

$$p < [p]$$

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

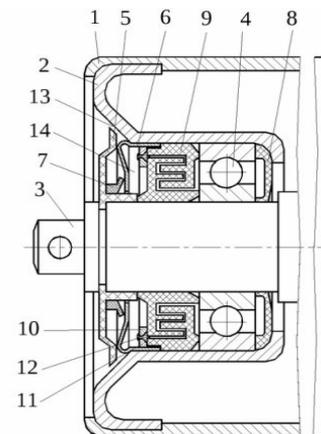
1. **Предупреждение абразивного воздействия на трущиеся поверхности** (защита кожухами механических передач, подъемных кранов, лифтов, лебедок, деталей станков; использование подшипников качения с защитными шайбами и встроенными уплотнениями).



2. **Обеспечение равномерного распределения давления по поверхности** (применение самоустанавливающихся конструкций).

3. **Применение поверхностного упрочнения деталей, наплавки и покрытий** (закалка, сульфидирование, борирование, биметаллизация, поверхностный наклеп, антифрикционные полимерные материалы)

4. **Компенсация или самокомпенсация износа** (силой тяжести в V-образных и треугольных в сечении направляющих станков, пружиной в манжетных или торцовых уплотнениях).



5. **Использование жидкостного трения** (гидродинамического, гидростатического), **специальная обработка поверхностей** (придание пористости поверхности, специально накатываемые для удерживания смазки углубления на поверхности).

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

С образованием пленки на поверхности

С изменением химического состава поверхностного слоя

С изменением структуры поверхностного слоя

С изменением энергетического запаса поверхностного слоя

С изменением микрогеометрии поверхности и наклепом

С изменением структуры по всему объему материала

Теплостойкость

Теплостойкость - способность конструкции работать в пределах заданных температур в течение заданного срока службы.

с целью повышения теплоотдачи предусматривают охлаждающие ребра, принудительное охлаждение или увеличивают размеры корпуса

Для обеспечения нормального теплового режима работы проводят тепловые расчеты (расчеты червячных и волновых редукторов, подшипников скольжения).

При этом составляют *уравнение теплового баланса* (тепловыделение за единицу времени приравнивают теплоотдаче) и определяют среднюю установившуюся температуру при работе машины.

Условие достаточной теплостойкости

$$q \leq [q].$$



СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

1. Создание более термоустойчивых изменения толщин стенок
2. Использование систем охлаждения, стабилизация температуры масла и охлаждение наиболее важных узлов станка.
3. Выбор материала деталей с низким коэффициентом теплопроводности
4. Теплоизоляция характерна для энергоемких узлов, например, коробок скоростей.
5. Рациональное закрепление деталей.
6. Автоматическое обеспечение зазоров-натягов.
7. Применение статически определимых систем.
8. Использование различных схем компенсации для снижения влияния деформаций на работу
9. Самокомпенсация деформаций. Применение самоустанавливающихся элементов и механизмов.
10. Применение систем адаптации.
11. Уменьшение источников тепловыделений за счет совершенствования технологических процессов.

ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ

Виброустойчивость - способность конструкции работать в диапазоне режимов, достаточно далеких от области резонанса.

Вибрации снижают качество работы машин, увеличивают шум, вызывают дополнительные напряжения в деталях.

Особенно опасны резонансные колебания.

Расчеты на виброустойчивость выполняют для машины в целом. Они сводятся к определению частот собственных колебаний механической системы и обеспечению их несовпадения с частотой вынужденных колебаний.

Условие достаточной виброустойчивости

$$f_{\text{собств}} \neq f_{\text{вынужд}}$$



СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ



1. *Повышение жесткости конструкций*

- при использовании, например, стальных базовых деталей, к тому же обеспечивающих меньшую массу;
- перераспределением масс внутри станка. Следует уменьшить массу тех узлов, в которых ожидаются максимальные амплитуды.

2. *Повышение демпфирования*

- за счет применения гидростатических направляющих и скольжения;
- расположением стыков и направляющих перпендикулярно основным формам колебаний;
- за счет использования новых материалов (полимербетона, в котором демпфирование выше в 7...10 раз).

Применение демпферов (с вспомогательной массой, фрикционных) также повышает виброустойчивость, но в узком диапазоне частот колебаний.