

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Классификация узлов и деталей машин

Машина – механическое устройство, выполняющее движения с целью преобразования энергии, материалов или информации.

В зависимости от функций машины классифицируются:

- энергетические – служат для преобразования энергии (двигатель, генератор);
- рабочие – осуществляют изменение формы, свойств и состояния предмета труда, они бывают:
 - транспортные (автомобили, конвейеры);
 - технологические (станки);
 - информационные (компьютеры).

Механизм – система деталей, предназначенная для преобразования движения одной группы деталей в требуемое движение другой группы деталей.

Деталь – это часть машины, изготовленная без применения сборочных операций

В зависимости от назначения детали классифицируются:

- соединительные
- детали, передающие вращательное и поступательное движение
- детали, обслуживающие передачи

Сборочная единица – изделие, собранное из деталей на заводе-изготовителе.

Узел - крупная сборочная единица, имеющая вполне определенное функциональное назначение.

Агрегат – укрупненный, обладающий полной взаимозаменяемостью узел.

Требования, предъявляемые к конструкциям деталей

Надежность – вероятность безотказной работы в течении заданного срока службы.

Экономичность – определяется стоимостью материала и затратами на производство и эксплуатацию.

Технологичность – обеспечение наибольшей простоты и экономичности при изготовлении конструкций.

Критерии работоспособности

Прочность – способность сопротивляться разрушению под действием нагрузок.

Жесткость – способность деталей сопротивляться формоизменению.

Износостойкость - свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию.

Теплостойкость – способность детали работать при высоких температурах.

Виброустойчивость – способность детали работать в заданном режиме движения без недопустимых колебаний.

Ремонтопригодность – способность детали подвергаться восстановлению.

Сохраняемость – способность детали сохранять свои свойства в процессе хранения и транспортировки, а также после них.

Прочность

Прочность – главный критерий работоспособности

- статическая прочность
- динамическая прочность

Статическая прочность

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \tau \leq [\tau]$$

где $[\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{[n]}$ $[\tau] = \frac{\tau_{пред}}{[n]}$ - допустимые напряжения

Условия прочности при статическом действии нагрузки

	Растяжение, сжатие	Сдвиг	Кручение	Поперечный изгиб
Нормальные напряжения	$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$			$\sigma = \frac{M_u}{W} \leq [\sigma]$
Касательные напряжения		$\tau = \frac{Q}{A} \leq [\tau]$	$\tau = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau]$	$\tau = \frac{Q \cdot S}{b \cdot I} \leq [\tau]$

При сочетании основных деформаций для выполнения расчета на прочность используют гипотезы прочности. С помощью гипотез прочности определяют эквивалентное напряжение, которое затем сравнивают с допустимым напряжением при растяжении:

$$\sigma_{\text{экв}} \leq [\sigma_p]$$

Эквивалентным напряжением называется такое условное напряжение при одноосном растяжении, которое равноопасно заданному случаю сочетания основных деформаций.

1. Гипотеза наибольших касательных напряжений (третья теория прочности): *опасное состояние материала наступает тогда, когда наибольшие касательные напряжения достигают предельной величины.*

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

Эта гипотеза применима для пластичных материалов

2. Гипотеза Мора (четвертая теория прочности): *опасное состояние материала наступает тогда, когда на некоторой площадке осуществляется наиболее неблагоприятная комбинация нормального и касательного напряжений.*

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{1-k}{2}\sigma + \frac{1+k}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

где $k = \frac{[\sigma_p]}{[\sigma_c]}$

Эта гипотеза применима и для пластичных и для хрупких материалов.

3. Энергетическая гипотеза (пятая теория прочности): *опасное состояние материала в данной точке наступает тогда, когда удельная потенциальная энергия формоизменения для этой точки достигает предельной величины.*

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Эта гипотеза применима для пластичных материалов.

Сочетание изгиба с кручением:

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{M_{\text{экв}}}{W} \leq [\sigma]$$

Здесь $M_{\text{экв}}$ – эквивалентный момент.

Согласно третьей гипотезе:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_u^2 + M_k^2}$$

Согласно энергетической гипотезе:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_u^2 + 0,75M_k^2}$$

Усталостная прочность

Цикл - совокупность последовательных значений напряжений за один период

Период - время однократной смены напряжений

Характеристики цикла:

максимальное напряжение цикла σ_{max}
 минимальное напряжение цикла σ_{min}
 среднее напряжение цикла σ_m
 амплитуда цикла σ_a
 коэффициент асимметрии цикла R_σ

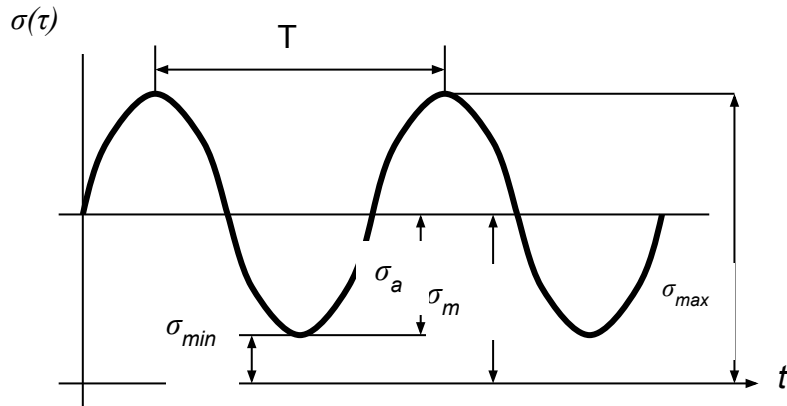


Рисунок 1. График изменения напряжений во времени $\sigma(\tau)$ (асимметричный цикл)

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$R_\sigma = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

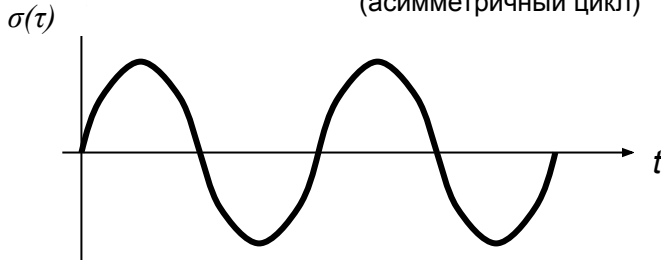


Рисунок 2. Симметричный цикл (наиболее опасен)

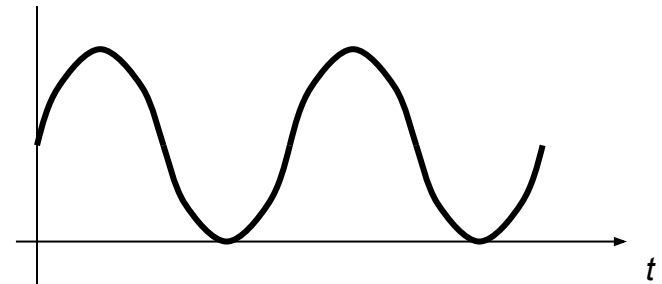


Рисунок 3. Отнулевой или пульсирующий цикл

Усталость - процесс накопления повреждений в материале под действием повторно-переменных напряжений.

Расчет ведут по пределу выносливости.

Предел выносливости - наибольшее напряжение цикла, при котором не происходит усталостного разрушения образца после любого большого числа циклов.

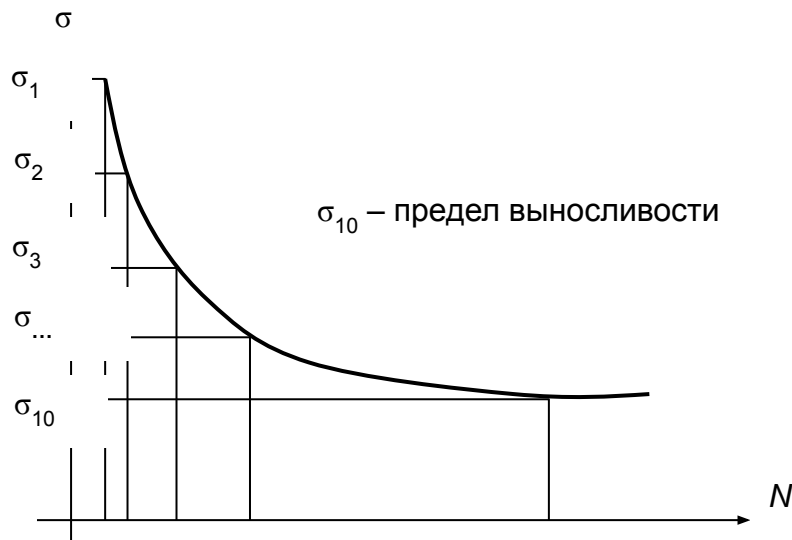


Рисунок 4. Кривая усталости

Предел выносливости обозначают:

- при асимметричном цикле: σ_R
- при симметричном цикле: σ_{-1}
- при отнулевом цикле: σ_0

Предел выносливости при растяжении и кручении определяют из эмпирических формул по известному пределу выносливости для изгиба при симметричном цикле:

- растяжение: $\sigma_{-1p} \approx (0,7 \dots 0,9) \sigma_{-1}$
- кручение: $\tau_{-1} \approx 0,58 \sigma_{-1}$

Факторы, влияющие на изменение предела выносливости

Концентрация напряжений (резкие изменения формы и размеров)

Эффективный коэффициент концентрации напряжений:

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1K}} \qquad K_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_{-1K}}$$

$\sigma_{-1}; \tau_{-1}$ – предел выносливости образца без концентратора напряжения;

$\sigma_{-1K}; \tau_{-1K}$ – предел выносливости такого же образца, но с концентратором напряжения;

Размеры детали (внутренняя неоднородность, инородные включения, микротрещины)

Масштабный коэффициент:

$$K_{M\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1M}} \qquad K_{M\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_{-1M}}$$

$\sigma_{-1}; \tau_{-1}$ – предел выносливости образца диаметром 7-10 мм;

$\sigma_{-1M}; \tau_{-1M}$ – предел выносливости образца большего размера;

Качество поверхности

Коэффициент качества поверхности:

$$K_{n\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1n}} \qquad K_{n\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_{-1n}}$$

$\sigma_{-1}; \tau_{-1}$ – предел выносливости образца с полированной поверхностью;

$\sigma_{-1n}; \tau_{-1n}$ – предел выносливости образца с заданным состоянием поверхности;

Общий коэффициент снижения предела выносливости при симметричном цикле:

$$K_{\sigma\delta} = K_{\tau} \cdot K_{M\tau} \cdot K_{n\tau} \qquad K_{\sigma\delta} = K_{\sigma} \cdot K_{M\sigma} \cdot K_{n\sigma}$$

Предел выносливости реальной детали: $\sigma_{-1\delta} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma\delta}} \qquad \tau_{-1\delta} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau\delta}}$

Общий коэффициент снижения предела выносливости при симметричном цикле:

$$K_{\tau\sigma} = K_{\tau} \cdot K_{m\tau} \cdot K_{n\tau}$$

$$K_{\sigma\tau} = K_{\sigma} \cdot K_{m\sigma} \cdot K_{n\sigma}$$

Предел выносливости реальной детали: $\sigma_{-1\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma\tau}}$ $\tau_{-1\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau\sigma}}$

Основы расчета прочности на усталость

Расчетные коэффициенты выбираются по специальным таблицам.
При расчетах определяют значение коэффициента запаса прочности.

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1\sigma}}{\sigma_{max}}$$

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1\tau}}{\tau_{max}}$$

Полученные запасы прочности сравнивают с допускаемыми значениями.
Расчет является проверочным и проводится при конструировании детали.

$$n \geq [n]$$