

КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН

Разработал: доцент каф. 202
Ковеза Юрий Владимирович
ауд. 227 МК
khai202.ho.ua

Лектор: ассистент каф. 202
Светличный Сергей Петрович
ауд. 246

Содержание лекции:

1. Основные критерии работоспособности.
2. Прочность. Виды прочности. Расчет на прочность при постоянных и переменных нагрузках.
3. Жесткость. Расчет на жесткость при различных видах деформирования.
4. Износостойкость.
5. Теплостойкость.
6. Виброустойчивость.

КРИТЕРИЙ -

(от греческого kriterion - средство для решения)
признак, на основании которого
производится оценка, определение,
классификация чего-нибудь, мерило.

Основные критерии

Прочность

Жёсткость

Износостойкость

Термостойкость

Вибростойкость

ПРОЧНОСТЬ

способность конструкции, ее частей и деталей выдерживать определенную нагрузку, не разрушаясь



Условие прочности -

неравенство, показывающее соотношение действующего и допускаемого факторов, например: $\sigma \leq [\sigma]$; $S \geq [S]$.

Расчёты ведут по:

напряжениям

запасам
прочности

разрушающим
нагрузкам

вероятности
безотказной
работы

Запас прочности -

отношение предельных
напряжений к максимальным,
возникающим при работе
детали

$$S = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_{max}}$$

σ_{lim} –
предельное
напряжение

для пластичных
материалов –
предел
текучести σ_T

для хрупких
материалов –
предел
прочности σ_B

Простейшие виды деформации

Растяжение (сжатие)

Изгиб

Смятие

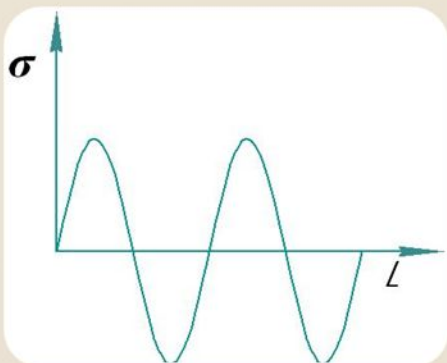
Кручение

Срез

Алгоритм количественного конструирования



Циклы нагружения

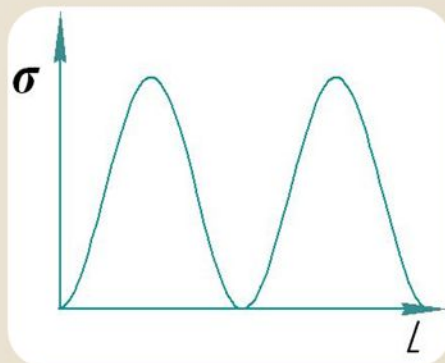


симметричный

$$\sigma_m = 0$$

$$|\sigma_{min}| = \sigma_{max}$$

$$r = -1$$

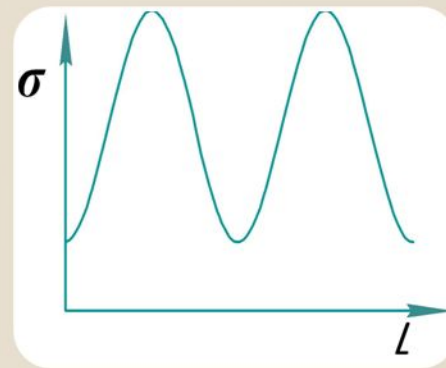


отнулевой
(пульсирующий)

$$\sigma_{min} = 0$$

$$\sigma_m = \sigma_a$$

$$r = 0$$



асимметричный

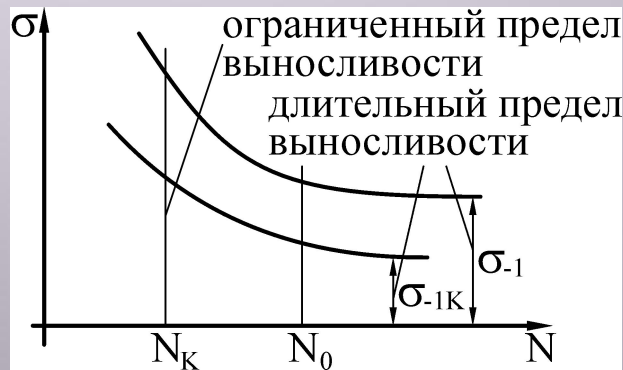
$$\sigma_m = (\sigma_{min} + \sigma_{max})/2$$

$$\sigma_a = (\sigma_{min} - \sigma_{max})/2$$

$$r > 0$$

Расчет при переменных напряжениях

- Для оценки сопротивляемости материала детали действию переменных напряжений, приводят испытания на выносливость, по данным которых строят кривые усталости (кривые Веллера) для гладких образцов или образцов с концентраторами.



$$\sigma_k = \sigma_{-1} \cdot m \sqrt{\frac{N_0}{N_k}}$$

На рисунке обозначены: N_0 - базовое число циклов; N_k - текущее число циклов; σ_{-1} и σ_{-1k} - длительные пределы выносливости при симметричном цикле для образцов без концентратора и с концентратором

Расчет при переменных напряжениях

- **Предел выносливости** – максимальное напряжение цикла, которое может выдерживать деталь в течение неограниченного времени с заданной вероятностью неразрушения.
- **Долговечность** – свойство элемента или системы длительно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при определенных условиях эксплуатации.

Концентрация напряжений

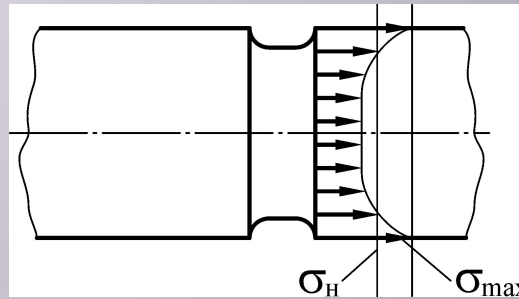
- Характеризуется эффективным и теоретическим коэффициентами напряжений
- Эффективный коэффициент концентрации напряжений – отношение предела усталости гладкого образца к пределу выносливости образца с концентратором

$$\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1K}} = K_{\sigma} \quad K_{\tau} = 1 + 0,6(K_{\sigma} - 1)$$

Концентрация напряжений

- Теоретический коэффициент концентрации напряжений – отношение максимальных напряжений к номинальным

$$\alpha_{\sigma} = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_H}$$



- Существует связь между коэффициентами концентрации напряжений: $K_{\sigma} = 1 + q_{\sigma} (\alpha_{\sigma} - 1)$
 q_{σ} - коэффициент чувствительности материала детали к концентрации напряжений ($q_{\sigma} = 0,6 \dots 0,9$)

Проверочный расчет на усталость

- Коэффициенты запаса усталостной прочности

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} \geq [S_{\sigma}]$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} \geq [S_{\tau}]$$

$$K_{\sigma D} = \frac{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon} + K_F - 1}{K_V}$$

$$K_{\tau D} = \frac{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon} + K_F - 1}{K_V}$$

ε - коэффициент влияния абсолютных размеров поперечного сечения;

K_F - коэффициент влияния шероховатости поверхности;

K_V - коэффициент влияния методов упрочнения;

ψ_{σ} и ψ_{τ} - коэффициенты влияния асимметрии циклов напряжений.

$$S = \frac{S_{\sigma} S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq [S] = 1,3 \dots 2,5$$

Методы повышения усталостной прочности

- ❑ Снижение концентрации напряжений;
- ❑ Использование упрочнения (механического, термического, химико-термического, термомеханического, лазерного и др).
- ❑ создание напряжений сжатия там, где рабочими являются растягивающие напряжения;
- ❑ применение многоконтактных сопряжений

ЖЕСТКОСТЬ -

способность деталей оказывать сопротивление изменению формы при действии нагрузок.

Растяжение (сжатие)

- Удлинение: $\delta = Fl / (EA) \leq [\delta]$

Изгиб

- Прогиб балки: $y = Fl^3 / (KEJ) \leq [y]$

Кручение

- Угол закрутки: $\varphi = Tl / (GJ_p) \leq [\varphi]$

Методы повышения жесткости

- ❑ использование материалов с высоким модулем упругости ;
- ❑ применение деталей, работающих на растяжение вместо изгиба;
- ❑ оптимизация сечений и расположения опор;
- ❑ затяжка стыков;
- ❑ уменьшение контактных деформаций.

Сравнение характеристик некоторых профилей при одинаковой массе

Сечение	На изгиб		На кручение	
	W	J	W	J
Круг	0,14	0,08	0,28	0,16
Прямоугольник	0,235	0,167	0,175	0,115
Кольцо	0,39	0,36	0,78	0,72
Двутавр	1,14	2,08		

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ -

Способность детали сопротивляться изнашиванию.

Изнашивание - процесс разрушения и удаления материала с поверхности детали, приводящее к изменению ее размеров



I – приработка; II – установившийся износ; III – интенсивный износ

Пути повышения износостойкости

- ❑ отказ от открытых пар трения и надежная защита от загрязнений;
- ❑ уменьшение $[p]$ и $[pv]$ в сопряжениях;
- ❑ обеспечение совершенного трения, в частности, трения качения, жидкостной или газовой смазки;
- ❑ уменьшение геометрического скольжения;
- ❑ применение износостойких покрытий и химико-термической обработки.

ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ -

**способность работать с заданными параметрами
при повышении температуры**

Повышение температуры приводит к

деформациям и
изменению
зазоров

потере
прочности
(отпуск)

разрыву
смазочной
плёнки

ВИБРОСТОЙКОСТЬ -

**способность работать без недопустимых колебаний
(в том числе - исключение резонанса из рабочего
диапазона частот вращения)**

Пути повышения вибростойкости:

- повышение жесткости отдельных деталей и системы в целом;**
- повышение точности, что увеличивает несущую способность, быстроходность, снижает шум;**
- применение демпфирующих устройств.**