

Лекция 2

Тема: Критерии работоспособности деталей машин.

Содержание:

1. Работоспособность деталей машин.
2. Прочность.
3. Жесткость.
4. Износостойкость.
5. Теплостойкость.
6. Виброустойчивость.
7. Надежность и экономичность.
8. Контрольные вопросы.

1. Работоспособность деталей машин

Работоспособность согласно ГОСТ 13377-75 – состояние объекта (сооружения, машины, детали и т.д.), при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией. Основными критериями работоспособности деталей машин являются:

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

Расчет ведут по одному или нескольким критериям работоспособности. Рассмотрим эти критерии поподробнее.

2. Прочность

Прочность – важнейший критерий работоспособности деталей машин.

Уравнения прочности при расчете ДМ.

а) Изгиб.

$$\sigma_u = \frac{M}{W} \leq [\sigma_u], \text{ МПа},$$

где $[\sigma]$ - допускаемое напряжение изгиба, МПа;

M – изгибающий момент, Нм, (в опасном сечении);

W – осевой момент сопротивления опасного сечения, мм³.

б) Кручение.

$$\sigma_{кр} = \frac{T}{W_p} \leq [\tau_{кр}],$$

где T – крутящий момент, Нм;

W_p – полярный момент сопротивления, мм³;

$[\tau_{кр}]$ – допускаемые напряжения кручения, МПа.

в) Растяжение (сжатие).

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \leq [\sigma_p],$$

где F – сила перпендикулярная к сечению, Н;

A – площадь сечения, мм².

г) Контактные напряжения при линейном контакте вычисляем по формуле Герца

$$\sigma_n = 0,418 \sqrt{\frac{q \cdot E_{np}}{\rho_{np}}} \leq [\sigma_n].$$

Здесь E_{np} – приведенный модуль упругости, МПа;

$$E_{np} = \frac{2E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2},$$

где E_1, E_2 – модули упругости материалов контактирующих тел 1 и 2, МПа;

ρ_{np} – приведенный радиус кривизны, мм

$$\frac{1}{\rho_{np}} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2},$$

где ρ_1, ρ_2 – радиусы кривизны в точке контакта тел 1 и 2 соответственно.

q – удельная нагрузка по длине контакта, Н/мм.

$[\sigma_n]$ – допускаемые контактные напряжения, МПа.

д) При действии напряжений изгиба или растяжения σ совместно с кручением τ расчет ведут по эквивалентному напряжению.

$$\sigma_{\text{эк}} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}.$$

е) При установившихся режимах переменных напряжений рассчитывают *требуемый запас прочности* по отношению к пределу выносливости:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon} \cdot \sigma_v + \psi_v \sigma_m} \geq [S_{\sigma}] \quad \text{при растяжении, сжатии, изгибе};$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon} \cdot \tau_v + \psi_{\tau} \tau_m} \geq [S_{\tau}] \quad \text{при кручении};$$

где σ_m, τ_m – постоянные составляющие напряжений;

σ_v, τ_v – переменные составляющие напряжений;

σ_{-1}, τ_{-1} – пределы выносливости материала при симметричном знакопеременном цикле;

K_{σ}, K_{τ} - эффективные коэффициенты концентрации напряжений;

ε - масштабный фактор;

з) При совместном действии изгиба и кручения *общий запас прочности* при переменных нагрузках определяют по соотношению

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq [S].$$

3. Жесткость

Жесткость – это способность детали сопротивляться изменению её формы под действием сил. Иногда этот критерий является главным. Деталь по прочности в этом случае может иметь очень большой запас.

Например, расчету на жесткость подвергается вал червяка червячной передачи. Недостаточная его жесткость может привести к нарушению зацепления передачи и к быстрому износу червячной пары.

На жесткость рассчитывают станины металлорежущих станков, что обеспечивает их необходимую точность.

Значение критерия в последнее время все возрастает, так как детали делаются все ажурнее и легче за счет повышения прочностных характеристик материала, но модуль упругости при этом увеличивается совсем незначительно (или даже не повышается совсем).

4. Износостойкость

Износ приводит к потере точности, к снижению КПД, к снижению прочности, к возрастанию шума, к поломкам деталей вследствие истирания. Износ различают:

- механический;
- молекулярно-механический;
- коррозионно-механический.

Меры борьбы с износом деталей машин: повышение износостойкости изнашивающихся поверхностей; увеличение толщины смазочного слоя; улучшение физико-химических свойств смазочного материала и т.п.

5. Теплостойкость

Теплостойкость – способность сохранять прочность при высоких температурах, а также сохранение остальных свойств работоспособности при высоких температурах.

Работа некоторых машин сопровождается тепловыделением, которое вызывается трением. Чрезмерное тепловыделение может привести к следующим неприятным последствиям:

- снижение механических свойств материала;
- понижение защитной способности масляного слоя;
- ухудшение свойств трущихся поверхностей;
- нарушение технологических зазоров, вследствие теплового расширения материалов и т.д.

При расчете сопоставляют действительное повышение температуры механизма с допустимым.

6. Виброустойчивость

Виброустойчивость – способность конструкций работать в нужном диапазоне режимов без недопустимых колебаний.

Вибрирование деталей ухудшает качество работы машины, порождает шум и может вызвать их разрушение в случае резонансных колебаний.

7. Надежность и экономичность

Надежность – свойство изделий выполнять в течении заданного срока службы свои функции.

Экономичность – минимальная стоимость детали при сохранении всех остальных требуемых критериев работоспособности.

Поэтому необходимо применять наиболее подходящие материалы с учетом их стоимости и дефицитности, а также рассчитывать детали с минимальными коэффициентами безопасности.

8. Контрольные вопросы

1. Каким требованиям должны удовлетворять детали машин ?
2. Как определить напряжения при нормальных деформациях ?
3. Как определить напряжения при касательных деформациях ?
4. Как определить напряжения при контактных деформациях ?
5. Что такое жесткость ?
6. Что такое теплостойкость ?
7. Каковы меры борьбы с износом деталей машин ?
8. Что мы понимаем под надежностью и экономичностью ?