

Содержание:

1. Этапы расчета вала.
2. Условный расчет вала на кручение.
3. Расчет вала по изгибающему эквивалентному моменту. Конструирования вала.
4. Окончательный расчет вала на выносливость.
5. Контрольные вопросы.

1. Этапы расчета вала

Условный расчет вала на кручение. Определяются размеры вала по заниженным допускаемым напряжениям кручения.

Расчет вала по изгибающему эквивалентному моменту. Конструирование вала. Учитываются условия технологии изготовления, сборки и демонтажа.

Окончательный расчет вала – определяются запасы прочности на выносливость в опасных сечениях вала (там, где наибольшие концентраторы напряжений и наибольшие изгибающие моменты).

2. Условный расчет вала на кручение.

Диаметр конца входного вала редуктора выбирают в пределах $(0,8 \div 1,2)$ от диаметра вала приводного электродвигателя.

Условный расчет на кручение ведется по формуле:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{T}{0.2d^3} \leq [\tau],$$

откуда диаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0.2[\tau]}}.$$

Допускаемые напряжения на кручение выбираем в пределах $[\tau]=20\div 30\text{МПа}$.

После расчета диаметров всех валов выполняем компоновочную схему редуктора (рис. 14.1)

Уравнения прочности вала в разных сечениях.

Сечение I-I. Если не учитывать кривошипного действия муфты, здесь вал работает на кручение.

$$d = \sqrt{\frac{T}{0.2[\tau]}}$$

Сечение II-II. Вал работает только на изгиб

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} = \frac{M_u}{0.1d^3} \leq [\sigma_u].$$

Сечение III. Вал работает на изгиб и кручение.

$$\sigma_u = \frac{M_{\text{экв}}}{0.1d^3} \leq [\sigma_u]$$

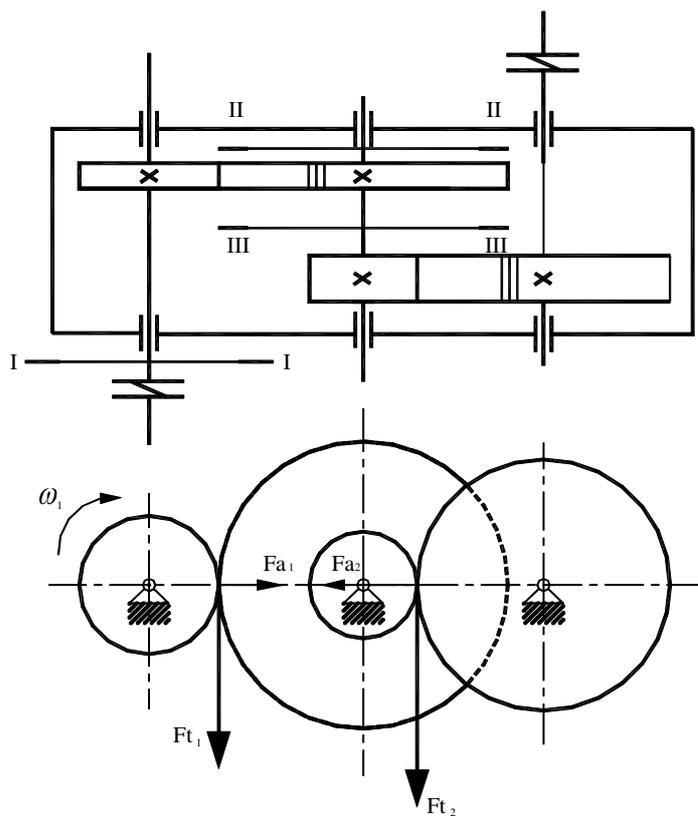


Рис. 14.1 Компоновочная схема редуктора с простановкой сил в зацеплениях

3. Расчет вала по изгибающему эквивалентному моменту. Конструирование вала.

Рассмотрим расчет на примере промежуточного вала редуктора.

Составляется расчетная схема вала (оси) и определяются величины нагрузок на вал. Основные нагрузки на валы – это силы от передач. Постоянные по величине и направлению силы вызывают:

- 1) в неподвижных осях – постоянные напряжения;

2) во вращающихся осях и валах – напряжения, изменяющиеся по знакопеременному симметричному циклу.

При действии нагрузок на вал в разных плоскостях их обычно раскладывают на две взаимно перпендикулярные плоскости. Если силы действуют в плоскости, расположенной под углом до 30°, то их можно без искажений совместить в одну плоскость (15° между ними). Определяем реакции опор.

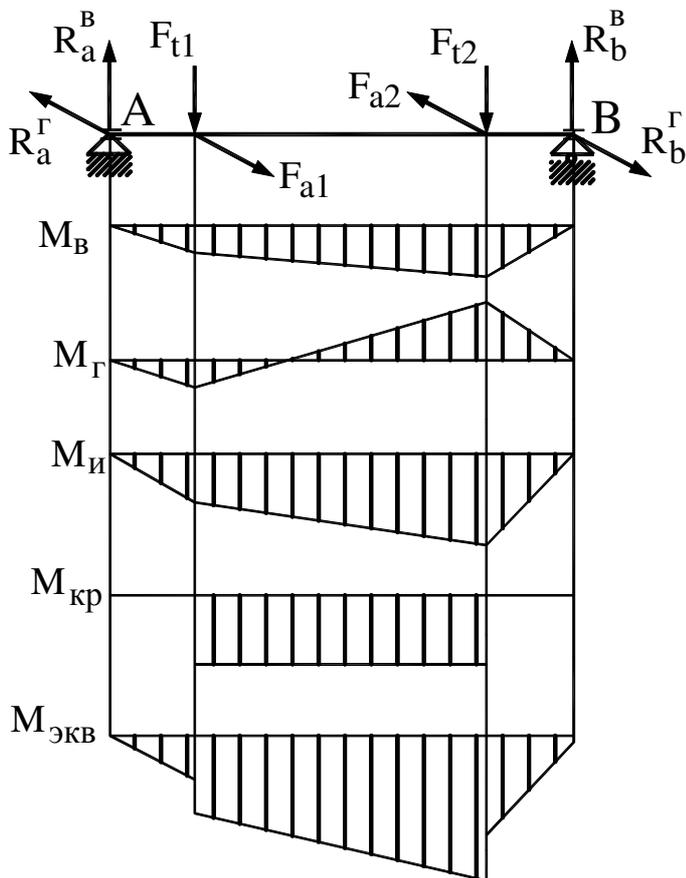


Рис. 14.2 Расчетная схема вала

По $M_{эkv}$ определяем диаметры вала в различных сечениях, после чего приступают к конструированию вала.

Конструирование вала.

Проточка – это концентратор напряжений, лучше предусматривать галтель, но иногда применяется и этот вариант. Чистота поверхности в зависимости от класса точности.

Строят эпюры изгибающих моментов в этих двух взаимноперпендикулярных плоскостях, а затем складывают их геометрически:

$$M_u = \sqrt{M_{\sigma}^2 + M_{\tau}^2} .$$

Если на каком-либо участке вала действует T, то находится эквивалентный изгибающий момент:

$$M_{эkv} = \sqrt{M_u^2 + \alpha T^2} .$$

где α – коэффициент, учитывающий реверсивность или не реверсивность вращения. При реверсивной работе $\alpha=1$. При не реверсивной $\alpha<1$.

$$\alpha = \frac{[\sigma_u]_{-1}}{[\sigma_u]_0} .$$

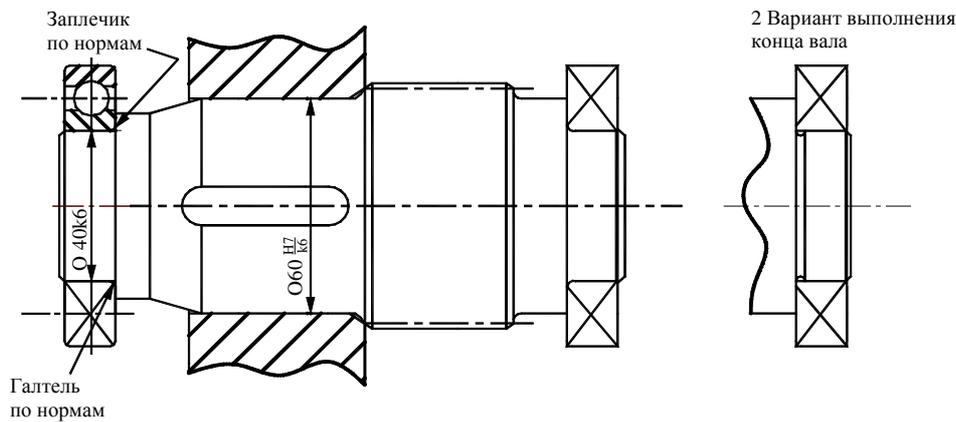


Рис. 14.3 Вариант конструкции вала

4. Окончательный расчет вала на выносливость.

Расчет производится в форме проверки коэффициента запаса прочности S . Для расчета необходимо знать постоянные σ_m и τ_m , а также переменные σ_a и τ_a составляющие напряжений (рис. 14.4).

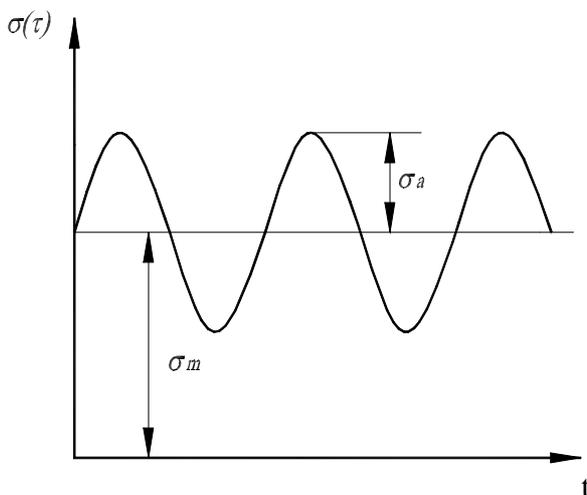


Рис. 14.4 Циклы нагружений

Запас прочности находится из соотношения:

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{S_\sigma^2} + \frac{1}{S_\tau^2},$$

откуда

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}},$$

где S_σ – запас прочности при изгибе,

S_τ – запас прочности при кручении.

Запасы прочности определим по формулам:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta \epsilon_\sigma} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m};$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta \epsilon_\tau} \tau_a + \psi_\tau \tau_m},$$

где σ_{-1} , τ_{-1} – пределы выносливости при изгибе и кручении с симметричным знакопеременным циклом нагружения – справочные данные;

K_σ , K_τ – эффективные коэффициенты концентрации напряжений при изгибе и кручении, соответственно - в справочных данных (прессовая насадка, галтель, сверление, шпоночный паз, кольцевая канавка, шлицы, резьба, чистота поверхности в зависимости от соотношения размеров);

ϵ_σ , ϵ_τ – масштабный фактор, учитывающий размеры сечения вала. С увеличением сечения ϵ уменьшается, т.е. ухудшаются прочностные показатели вала;

β – коэффициент упрочнения вводится для валов с поверхностным упрочнением $\beta=1\div 2$ (закалка Т.В.Ч., азотирование, цементация, наклеп, обкатка);

ψ_σ , ψ_τ - коэффициенты, характеризующие чувствительность материала к асимметрии цикла напряжений

$$\psi_\sigma = \frac{2\sigma_{-1} - \sigma_0}{\sigma_0} \quad \text{и} \quad \psi_\tau = \frac{2\tau_{-1} - \tau_0}{\tau_0},$$

- для углеродистых мягких сталей $\psi_\sigma=0,05$; $\psi_\tau=0$
- для среднеуглеродистых сталей $\psi_\sigma=0,1$; $\psi_\tau=0,05$
- для хромокислых и других легированных сталей $\psi_\sigma=0,15$; $\psi_\tau=0,1$.

Для валов и вращающихся осей $S_\sigma = \frac{\sigma_{-1} \cdot \epsilon_\sigma \cdot \beta}{K_\sigma \cdot \sigma}$, т.к. $\sigma_m=0$

Для не вращающихся осей $S_\sigma = \frac{2\sigma_{-1}}{\left(\frac{K_\sigma}{\beta\epsilon_\sigma} + \psi_\sigma\right)\sigma}$, т.к. $\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma}{2}$.

Для валов $S_\tau = \frac{2\tau_{-1}}{\left(\frac{K_\tau}{\beta\epsilon_\tau} + \psi_\tau\right)\tau}$, т.к. $\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2}$.

где σ , τ – действительные номинальные напряжения – определяются с учетом ослабления вала пазом сверлением и т.д.

$$\sigma = \frac{M_u}{W_{\text{нетто}}}; \quad \tau = \frac{T}{W_{\text{нетто}}},$$

где $W_{\text{нетто}}$ – момент сопротивления сечения нетто – есть формулы или таблицы.

K_σ и K_τ - выбираются наибольшими в одном и том сечении.

Допустимый коэффициент запаса прочности.

При расчете на выносливость должно соблюдаться соотношение

$$S \geq [S]$$

В средних условиях $[S]=1.5 \div 2.0$, а при точных расчетах $[S]_{\min}=1.5$.

5. Контрольные вопросы.

- 1) Этапы расчета вала.
- 2) Цель расчета вала на кручение.
- 3) Как определить $M_{\text{экв}}$?
- 4) Как учитывается реверсивность передачи при расчете на изгиб ?
- 5) Как определяются диаметры ступеней вала ?
- 6) В чем заключается расчет вала на выносливость ?
- 7) Какие бывают концентраторы напряжений на валу ?