

ЕДНОВРЕМНО ОГЪВАНЕ И УСУКВАНЕ НА ВАЛОВЕ С КРЪГОВО НАПРЕЧНО СЕЧЕНИЕ

ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ ЗА РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ

I. Опорни реакции и вътрешни усилия

1. Товарите се привеждат към оста на вала.
2. Товарите се разлагат в две перпендикулярни равнини – xy и xz .
3. Определят се опорните реакции.

В общия случай, за вал на два лагера (A и B), опорните реакции са A_y , A_z , B_y и B_z .

В общия случай, за запъната греда в точка A , опорните реакции са A_y , A_z , M_{xA} , M_{yA} и M_{zA} .

Опорните реакции се определят от условията за статично равновесие на вала.

3. Пресмятат се вътрешните усилия и се построяват диаграмите на вътрешните усилия.

Използва се метод на суперпозицията:

- а) от силите в равнината xz се получават Q_z и M_y ;
- б) от силите в равнината xy се получават Q_y и M_z ;
- в) от моментите около ос x се получава M_x .

3.1. Валът се разделя на участъци.

За граници на участъци служат:

- краищата на вала, ако в тях има товари;
- опорите, ако в тях възникват опорни реакции;
- местата на прилагане на съсредоточени товари (например зъбни колела).

3.2. Съставят се уравненията на вътрешните усилия по участъци.

Използва се метод на сечението: през всеки участък се прави сечение и се отделя лява или дясна част. За отделената част се съставят условията за статично равновесие, в които участват неизвестните вътрешни усилия.

3.3. Пресмятат се стойностите на вътрешните усилия в границите на участъци.

3.4. Построяват се диаграмите на вътрешните усилия Q_z , M_y , Q_y , M_z и M_x .

Обикновено при тези задачи няма разпределени товари. Вътрешните усилия във всички участъци са константа или се изменят по линеен закон. ДВУ се получават, като стойностите в края на участъците се свържат с прави линии.

3.5. Проверяват се получените диаграми.

Използват се правилата за вид на кривите, за скокове и за рогови точки.

4. Построява се диаграмата на M_{oz} :

$$M_{oz} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} .$$

M_{oz} се пресмята в границите на участъци. Получените стойности се свързват с линии. Диаграмата се щрихова с отвесни линии без знаци. Получената диаграма е *условна*, защото в различните сечения M_{oz} има различни направления, които не са в равнината на чертежа.

5. Построява се диаграмата на $M_{екв}$.

$M_{екв}$ се пресмята в границите на участъци според зададената якостна теория, обикновено:

$$M_{екв}^{III} = \sqrt{M_{oz}^2 + M_{yc}^2} ;$$

$$M_{екв}^{IV} = \sqrt{M_{oz}^2 + 0,75M_{yc}^2} .$$

За сечения, в които M_x има скок, се пресмятат по две стойности на $M_{екв}$ (с малката и с голямата стойност на M_x от скока). Стойностите в границите на участъци се свързват с линии и се получава диаграмата на $M_{екв}$, която се щрихова с вертикални линии без знаци.

II. Застрашено сечение

В решението се записва следният текст:

Застрашено е сечението с $\max M_{екв}$.

III. Застрашени точки

В сечението се записва следният текст:

Застрашени са точките от периферията на сечението, разположени върху диаметъра, перпендикулярен на вектора $\max M_{екв}$.

IV. Якостно пресмятане

Записва се якостното условие:

$$\max \sigma_{екв} = \frac{\max M_{екв}}{W_{оз}} \leq \sigma_{доп}$$

- за плътен кръг с диаметър d : $W_{оз} = \frac{\pi d^3}{32}$;
- за пръстен с външен диаметър D и вътрешен диаметър d : $W_{оз} = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4)$; $\alpha = \frac{d}{D}$.

Якостното пресмятане зависи от вида на задачата (оразмеряване, допустим товар, якостна проверка).

1. Ако задачата е за оразмеряване, от якостното условие се определя диаметърът d (или D), който е единствено неизвестно. При пръстеновидното сечение се използва също връзката $\alpha = d/D$.

Обикновено d (или D) се закръгляват до цял милиметър, към *по-голяма* стойност.

2. Ако задачата е за определяне на допустим товар, от якостното условие се определя $\max M_{екв}$. Тъй като диаграмите на вътрешните усилия в този случай се строят параметрично, $M_{екв}$ е функция на неизвестен силов параметър – например M . Така този параметър може да се определи директно от якостното условие, след което чрез него се пресмятат стойностите на всички товари.

Обикновено силовият параметър се закръглява до цяло число, към *по-малка* стойност.

3. Ако задачата е за якостна проверка, всички величини са известни от самото начало. Техните стойности се заместват в якостното условие и се проверява дали $\max \sigma_{екв} \leq \sigma_{доп}$:

- ако $\max \sigma_{екв} \leq \sigma_{доп}$, в решението се записва следният текст:
валът ще издържи на зададеното натоварване.
- ако $\max \sigma_{екв} > \sigma_{доп}$, но $((\max \sigma_{екв} - \sigma_{доп}) / \sigma_{доп}) \cdot 100 \leq 5\%$, в решението се записва следният текст:
валът ще издържи на зададеното натоварване.
- ако $\max \sigma_{екв} > \sigma_{доп}$ и $((\max \sigma_{екв} - \sigma_{доп}) / \sigma_{доп}) \cdot 100 > 5\%$, в решението се записва следният текст:
валът няма да издържи на зададеното натоварване.

V. Построяват се диаграми на напреженията в застрашеното сечение

1. Пресмята се $\max \sigma_x$:

$$\max \sigma_x = \frac{\max M_{oz}}{W_{oz}}.$$

Ако задачата е за якостна проверка, $\max \sigma_x$ е получено в точка III.

2. Пресмята се $\max \tau_{yc}$:

$$\max \tau_{yc} = \frac{\max M_{yc}}{W_C}.$$

- за плътен кръг с диаметър d : $W_C = \frac{\pi d^3}{16}$;
- за пръстен с външен диаметър D и вътрешен диаметър d : $W_C = \frac{\pi D^3}{16}(1 - \alpha^4)$; $\alpha = \frac{d}{D}$.

3. Построяват се диаграмите на напреженията в застрашеното сечение – диаграмите на σ_x и τ_{yc} .

Изчертават се диаграмите на напреженията, като се включват всички необходими елементи: щриховано сечение, централна координатна система; означени M_x , M_y , M_z и M_{oz} с тяхната посока, диаграма на τ_{yc} по посока на M_x (щрихована със стрелки), означени стойности на $\max \tau_{yc}$ върху диаграмата, диаграма на σ_x (щрихована със стрелки и с нанесени знаци върху нея), означени стойности на $\max \sigma_x$ върху диаграмата.

Забележка: Обикновено $\max \sigma_x$ и $\max \tau_{yc}$ са в едно и също сечение (застрашеното сечение). Ако това не е така, се пресмятат стойностите на σ_x и τ_{yc} за застрашеното сечение. Тези стойности се означават върху диаграмите на напреженията.

VI. Проверява се дали някой от участъците отговаря на условието $L_i \leq 3 d_i$.

Ако това условие е изпълнено (къс вал), се прави проверката (29.11):

$$\max \tau_x = \max \tau^Q + \max \tau_{yc} \leq \tau_{don}.$$

В случай, че проверката не излиза:

- ако **задачата е за оразмеряване** се увеличава диаметърът d и проверката се повтаря;
- ако **задачата е за допустим товар** се намалява товарът и проверката се повтаря;
- ако **задачата е якостна проверка** се прави извод, че валът няма да издържи на натоварването.