

## ПОДРОБНА ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ ЗА РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ

### I. Опорни реакции и вътрешни усилия

1. Товарите се привеждат към оста на конструкционния елемент.
2. Товарите се разлагат по направление на осите  $x$ ,  $y$  и  $z$ .
3. Определят се опорните реакции.

Забележка: При някои задачи точки 1, 2 и/или 3 не се необходими и се пропускат.

4. Съставят се уравненията и се построяват диаграмите на вътрешните усилия.

### II. Определя се видът съпротива

Ако само  $Q_z \neq 0$  и  $M_y \neq 0$  (или само  $Q_y \neq 0$  и  $M_z \neq 0$ ), е налице едновременно огъване и срязване, решението продължава по тази последователност.

### III. Якостно пресмятане с $\max \sigma_x$

Задачата се решава както при чисто огъване, като  $Q$ -усилието временно се пренебрегва.

1. Определят се застрашените сечения.

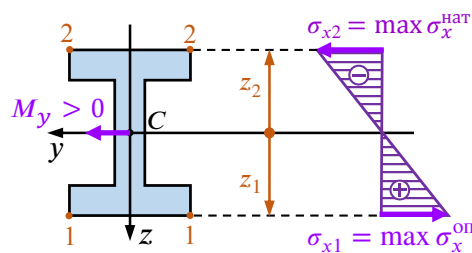
Застрашени са сеченията с  $\max M_y$ . Ако материалът е крехък и  $y$  не е ос на симетрия, е възможно да има и други застрашени сечения.

2. Изчертава се като форма диаграмата на нормалните напрежения  $\sigma_x$ .

Диаграма на напреженията се чертае за всяко застрашено сечение.

3. Означават се застрашените точки и се пресмятат техните координати.

Ако материалът е жилаво-пластичен, застрашени са най-отдалечените точки от нулевата линия (ос  $y$ ). Ако материалът е крехък, застрашени са най-отдалечените точки от двете страни на нулевата линия. Застрашените точки се означават като 1, 2 и т.н., а техните координати – като  $z_1$ ,  $z_2$  и т.н.



4. Якостно пресмятане на чисто огъване. Записва се якостното условие:

- Ако сечението е стандартно:  $|\max \sigma_x| = \frac{|\max M_y|}{W_y} \leq \sigma_{\text{доп}};$

- Нестандартно сечение, ЖПМ:  $|\max \sigma_x| = \left| \frac{\max M_y}{I_y} z_{\max} \right| \leq \sigma_{\text{доп}};$

- Ако материалът е крехък:  $\max \sigma_x^{\text{оп}} = \frac{\max M_y}{I_y} z_1 \leq \sigma_{\text{доп}}^{\text{оп}}, |\max \sigma_x^{\text{нат}}| = \left| \frac{\max M_y}{I_y} z_2 \right| \leq \sigma_{\text{доп}}^{\text{нат}}.$

Решава се поставената задача – якостно оразмеряване, определяне на допустимия товар или якостна проверка.

### IV. Проверка на максималните тангенциални напрежения ( $\max \tau_{xz} \leq \tau_{\text{доп}}$ ).

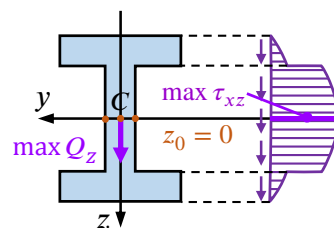
1. Определят се застрашените сечения.

Застрашени са сеченията с  $\max Q_z$ .

2. Изчертава се като форма диаграмата на тангенциалните напрежения  $\tau_{xz}$ .

3. Означават се застрашените точки и се пресмятат техните координати.

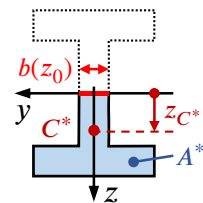
Ако сечението няма резки изменения в ширината, или има такива, но ос  $y$  минава през по-тънка част, то застрашени са точките, лежащи върху оста  $y$ , с координата  $z_0 = 0$ . В останалите случаи, положението и координатата на застрашените точки се определя от построената диаграма на  $\tau_{xz}$ .



#### 4. Пресмята се статичният момент $S_y(z_0)$ :

- Правата, успоредна на ос  $y$ , с координата  $z_0$ , разделя сечението на две части. Отделя се частта, която не съдържа центъра на тежест на цялата фигура.
- Пресмята се лицето на отделената част:  $A^*$ ;
- Определя се положението на центъра на тежест на отделената част:  $z_{C^*}$ ;
- Пресмята статичният момент на отделената част спрямо ос  $y$ :  

$$S_y(z_0) = A^* z_{C^*}.$$



#### 4. Определя се ширината на сечението (плътната част) по правата, успоредна на ос $y$ , с координата $z_0$ . Тя се означава като $b(z_0)$ .

#### 5. Пресмята се допустимото тангенциално напрежение $\tau_{доп}$ :

- по трета якостна теория:  $\tau_{доп}^{III} = 0,5 \sigma_{доп}$ ;
- по четвърта якостна теория:  $\tau_{доп}^{IV} = 0,577 \sigma_{доп}$ ;

#### 6. Извършва се якостната проверка $\max \tau_{xz} \leq \tau_{доп}$ :

$$|\max \tau_{xz}| = \frac{|\max Q_z| \cdot |S_y(z_0)|}{b(z_0) I_y} \leq \tau_{доп}.$$

Ако условието не е изпълнено, се проверява дали  $\max \tau_{xz}$  надвишава  $\tau_{доп}$  с повече от 5%.

#### 7. Прави се инженерно заключение:

- Ако пресметнатите стойности на  $\max \tau_{xz}$  са по-малки от допустимите, или ги надвишават с до 5% – *конструкцията е оразмерена и натоварена правилно*;
- Ако пресметнатите стойности на  $\max \tau_{xz}$  надвишават допустимите с повече от 5%, в зависимост от вида задача:
  - ако задачата е за оразмеряване – *размерите се увеличават и изчисленията се повтарят*;
  - ако задачата е за определяне на допустимия товар – *товарът се намалява и изчисленията се повтарят*;
  - ако задачата е якостна проверка – *конструкцията е негодна да понесе зададеното натоварване*.

## V. Проверка на еквивалентните напрежения ( $\sigma_{екв,K} \leq \sigma_{доп}$ ).

### 1. Необходимост от проверката.

Проверката се прави, ако сечението е тънкостенно и има резки изменения в ширината му. В останалите случаи точка V се прескача.

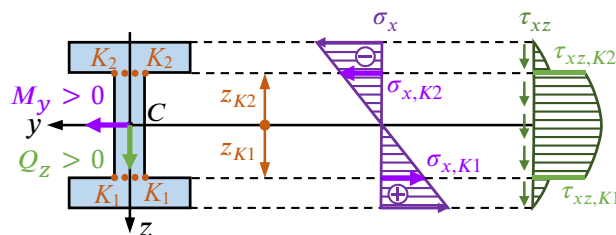
### 2. Определят се застрашените сечения.

Застрашени са сеченията с най-неблагоприятна комбинация от големи по стойност  $Q_z$  и  $M_y$ .

### 3. Изчертават се като форма диаграмите на нормалните напрежения $\sigma_x$ и на тангенциалните напрежения $\tau_{xz}$ .

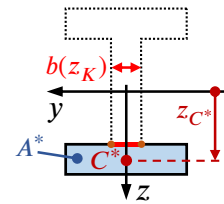
### 4. Означават се застрашените точки и се пресмятат техните координати.

Застрашени са точките от преходите в ширината на сечението, с по-малката ширина. Тези точки се означават с  $K_i$ , където  $i$  е поредният номер на прехода. Координатите на застрашените точки са  $z_K$ .



### 5. Пресмята се статичният момент $S_y(z_K)$ :

- Правата, успоредна на ос  $y$ , с координата  $z_K$ , разделя сечението на две части. Отделя се частта, която не съдържа центъра на тежест на цялата фигура.
- Пресмята се лицето на отделената част:  $A^*$ ;
- Определя се положението на центъра на тежест на отделената част:  $z_{C^*}$ ;
- Пресмята статичният момент на отделената част спрямо ос  $y$ :  
 $S_y(z_K) = A^* z_{C^*}$ .



### 6. Определя се ширината на сечението (плътната част) по правата, успоредна на ос $y$ , с координата $z_K$ . Тя се означава като $b(z_K)$ .

### 7. Пресмятат се тангенциалните напрежения в точка $K$ : $\tau_{xz,K} = \frac{Q_z \cdot S_y(z_K)}{b(z_K) I_y}$ .

### 8. Пресмятат се нормалните напрежения в точка $K$ : $\sigma_{x,K} = \frac{M_y}{I_y} z_K$ .

### 9. Извършва се якостната проверка $\sigma_{екв,K} \leq \sigma_{доп}$ :

- по трета якостна теория:  $\sigma_{екв,K}^{III} = \sqrt{\sigma_{x,K}^2 + 4\tau_{xz,K}^2} \leq \sigma_{доп}$ ;
- по четвърта якостна теория:  $\sigma_{екв,K}^{IV} = \sqrt{\sigma_{x,K}^2 + 3\tau_{xz,K}^2} \leq \sigma_{доп}$ .

Ако условието не е изпълнено, се проверява дали  $\sigma_{екв}$  надвишава  $\sigma_{доп}$  с повече от 5%.

### 10. Прави се инженерно заключение:

- Ако пресметнатите стойности на  $\sigma_{екв}$  са по-малки от допустимите, или ги надвишават с до 5% – *конструкцията е оразмерена и натоварена правилно*;
- Ако пресметнатите стойности на  $\sigma_{екв}$  надвишават допустимите с повече от 5%, в зависимост от вида задача:
  - ◇ ако задачата е за оразмеряване – *размерите се увеличават и изчисленията се повтарят*;
  - ◇ ако задачата е за определяне на допустимия товар – *товарът се намалява и изчисленията се повтарят*;
  - ◇ ако задачата е якостна проверка – *конструкцията е негодна да понесе зададеното натоварване*.

## VI. Диаграми на напреженията в застрашените сечения

Ако задачата е за оразмеряване или определяне на допустим товар, с получените стойности на размерите или товарите се пресмятат действителните максимални стойности на нормалните напрежения -  $\max \sigma_x^{оп}$  и  $\max \sigma_x^{нат}$ .

Върху вече построените диаграми се означават всички стойности на напреженията, пресметнати в хода на решението.