

## 17 Закон Гука при зсуві. Закон парності дотичних напружень.

(тема 2.3)

### План

1. Види зсуву.
2. Закон Гука.

Перевіримо міцність елемента, що зазнає деформації чистого зсуву. Дотичні напруження на гранях елемента дорівнюють  $\tau$ , допустиме напруження для матеріалу при розтяганні —  $[\sigma]$ .

*Умови міцності залежатимуть від вибору теорії (критерію) міцності.*

1. За II теорією міцності 
$$\tau \leq \frac{[\sigma]}{1 + \mu}. \quad (13.7)$$

Права частина формули (13.7) є *допустимим напруженням при чистому*

*зсуві:* 
$$[\tau] = \frac{[\sigma]}{1 + \mu}. \quad (13.8)$$

Для металів  $\mu = 0,25 \div 0,42$ . Отже, за II теорією міцності

$$[\tau] = (0,7 \div 0,8) \cdot [\sigma]. \quad (13.9)$$

2. За III теорією міцності 
$$\tau \leq \frac{[\sigma]}{2} = [\tau], \quad (13.10)$$

тобто

$$[\tau] = 0,5 \cdot [\sigma]. \quad (13.11)$$

3. За IV теорією міцності 
$$\tau \leq \frac{[\sigma]}{\sqrt{3}}, \quad (13.12)$$

або,

$$[\tau] = \frac{[\sigma]}{\sqrt{3}} \approx 0,6 \cdot [\sigma], \quad (13.13)$$

Умова міцності на зсув (зріз) може бути записана у звичайному вигляді:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max}}{F} \leq [\tau]. \quad (13.14)$$

Значення допустимих напружень на зріз  $[\tau]$  залежать від властивостей матеріалу, характеру навантаження та типу елементів конструкції.

### Приклад 13.1

Розрахувати допустимі напруження при чистому зсуві для болтового з'єднання (рис. 13.5).

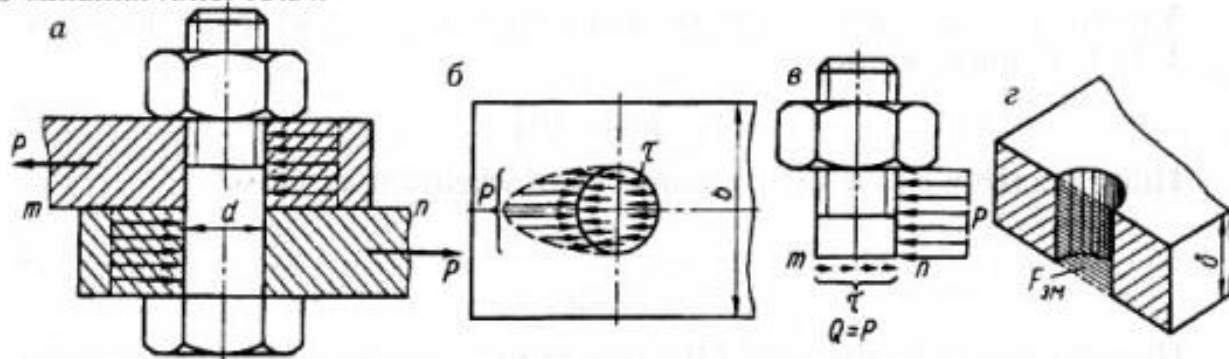


Рис. 13.5.

#### Розв'язання:

Сили  $P$  намагаються зсунути листи один відносно одного. Цьому перешкоджає болт, на який з боку кожного листа передаються розподілені по контактній поверхні сили (рис. 13.5, *а* та *б*). Рівнодійні останніх, що дорівнюють  $P$ , напрямлені протилежно (рис. 13.5, *а*). Зусилля намагаються зрізати болт по площині поділу листів *т-п*, оскільки в цьому перерізі діє найбільша поперечна сила  $Q=P$  (рис. 13.5, *в*). Вважаючи, що дотичні напруження розподілені по перерізу болта

рівномірно, матимемо:  $\tau = \frac{Q}{F} = \frac{P}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$ . Отже, умова міцності болта на зріз

набирає вигляду:  $\tau_{\max} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau]. \quad (13.15)$

Звідси можна знайти діаметр болта, який забезпечує міцність болтового

з'єднання:  $d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\tau]}}. \quad (13.16)$

Сили  $P$ , прикладені до болта, намагаються також зігнути його. Проте згинальний момент невеликий, і спричиненими ним нормальними напруженнями можна знехтувати, тим більше що при збільшенні зовнішніх сил  $P$  руйнування з'єднання відбудеться від зрізу болта.

При розрахунку болтових, заклепочних та інших подібних з'єднань слід урахувати те, що навантаження, прикладені до елементів з'єднань, крім зрізу спричиняють змінання поверхні болта в місті його контакту з листом. Під змінанням розуміють пластичну деформацію, яка виникає на поверхнях контакту. Розрахунок на змінання також виконують наближено, оскільки закон розподілу тиску по поверхні контакту точно невідомий. Як правило, вибирають криволінійний закон розподілу навантажень (рис. 13.6), вважаючи, що тиск  $q$  по діаметру  $d$  змінюється пропорційно зміні проекції площадки  $dF$  циліндричної поверхні на діаметральну площину  $\frac{q}{q_1} = \frac{dF}{dF_1}$ . Тоді максимальне напруження

$$\text{змінання на циліндричних поверхнях} \quad \sigma_{зм} = \frac{P}{F_{зм}}.$$

де  $F_{зм}$  — площа проекції поверхні контакту на діаметральну площину листа завтовшки  $\delta$  (рис. 13.5, з):  $F_{зм} = d \cdot \delta$ .

## Питання для самоконтролю

1. Що називають абсолютним зсувом?
2. Що називають відносним зсувом?
3. Формула закону Гука.