

Рис. 4.14

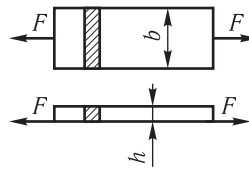


Рис. 4.15

**4.29\***. Дві штабки завтовшки 10 мм зварені впритул під кутом  $45^\circ$ . Визначити ширину штабок, якщо  $F = 100$  кН,  $[\sigma_e] = 100$  МПа,  $[\tau_e] = 90$  МПа,  $[\sigma] = 160$  МПа (рис. 4.14).

*Відповідь:*  $b = 62,5$  мм.

**4.30**. Дві штабки завтовшки 10 мм зварені впритул. Визначити ширину штабок і коефіцієнт використання їх матеріалу, якщо  $F = 100$  кН,  $[\sigma_e] = 100$  МПа,  $[\sigma] = 160$  МПа (рис. 4.15).

*Відповідь:*  $b = 100$  мм;  $0,625$ .

#### 4.5. Кручення валів круглого поперечного перерізу

**4.31**. Для стрижнів, зображених на рис. 4.16, побудувати епюри внутрішніх крутних моментів  $M_{кр}$  та кутів повороту перерізів  $\varphi$ . Жорсткість під час кручення  $GI_p$ .

*Відповідь:* а)  $M_{max} = 2T$ ;  $\varphi_{max} = \frac{2Tl}{GI_p}$ ; б)  $M_{max} = T$ ;  $\varphi_{max} = \frac{Tl}{GI_p}$ ;

в)  $M_{max} = m_k l$ ,  $\varphi_{max} = \frac{m_k l^2}{GI_p}$ .

**4.32**. Визначити діаметр суцільного сталевого вала круглого перерізу, який передає крутний момент  $T = 16$  кН·м, якщо допустиме напруження  $[\tau] = 80$  МПа, допустимий кут закручування  $[\theta] = 0,6$  град/м.

*Відповідь:*  $d = 118$  мм.

**4.33**. Напруження на поверхні вала  $\tau_{max} = 80$  МПа. Чому дорівнюють дотичні напруження в тому самому поперечному перерізі на відстані чверті радіуса від поверхні вала?

*Відповідь:*  $\tau = 60$  МПа.

**4.34**. Під час випробування на кручення сталевого циліндричного зразка виявилось, що збільшення крутного моменту на  $\Delta T = 5$  Н·м зумовлює приріст кута закручування  $\Delta\varphi = 0,002$  рад на довжині  $0,2$  м. Визначити модуль зсуву матеріалу зразка  $G$  та коефіцієнт Пуассона  $\mu$ , якщо відомий модуль пружності під час розтягання  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа та діаметр зразка  $d = 16$  мм.

*Відповідь:*  $\mu = 0,29$ ;  $G = 7,75 \cdot 10^4$  МПа.

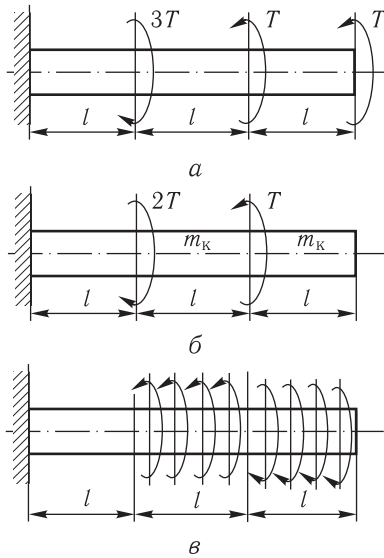


Рис. 4.16

**4.35.** Трубчастий вал закручується моментами  $T$ , прикладеними до його кінців. Посередені вала під кутом  $45^\circ$  до його осі встановлено тензометр із базою  $a = 20$  мм і збільшенням  $K = 1000$ . Приріст показників тензометра  $\Delta a = 12$  мм відповідає збільшенню крутного моменту на  $\Delta T = 9$  кН·м. Визначити модуль зсуву матеріалу та приріст кута закручування вала, якщо його довжина  $l = 1$  м, діаметри перерізу  $D = 120$  мм і  $d = 80$  мм.

*Відповідь:*  $G = 2,75 \cdot 10^4$  МПа;  $\Delta \varphi = 1^\circ 10'$ .

**4.36.** Частота обертів трубчастого вала редуктора дорівнює  $n = 500$  об/хв. За допомогою тензорезистора, наклеєного на вал під кутом  $45^\circ$  до його осі, виміряно відносне подовження  $\varepsilon = 3,4 \cdot 10^{-4}$  матеріалу вала в цьому напрямку. Визначити потужність  $P$ , яка передається

валом, та величину кута закручування вала, якщо зовнішній діаметр вала  $D = 0,08$  м,  $d/D = 0,75$ , довжина  $l = 0,6$  м, модуль пружності  $E = 2 \times 10^5$  МПа, коефіцієнт Пуассона  $\mu = 0,3$ .

*Відповідь:*  $P = 188$  кВт;  $\varphi = 35'$ .

**4.37.** Визначити крутний момент, за якого розрахунок круглого суцільного вала на міцність дає той самий діаметр  $D$ , що й розрахунок на жорсткість. Знайти діаметр  $D$ , якщо допустиме дотичне напруження  $[\tau] = 80$  МПа, допустимий відносний кут закручування  $[\theta] = 0,5$  град/м, модуль зсуву матеріалу вала  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа.

*Відповідь:*  $T = 185$  кН·м;  $D = 228$  мм.

**4.38.** Сталевий вал суцільного перерізу передає потужність  $P = 60$  кВт. Частота його обертання  $n = 240$  об/хв. Визначити діаметр вала  $D$  з умови міцності й жорсткості, якщо  $[\tau] = 40$  МПа, допустимий кут закручування  $[\theta] = 1$  град/м, модуль зсуву  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа.

*Відповідь:*  $D = 64$  мм.

**4.39.** Стрижень із м'якої сталі діаметром 25 мм подовжується на 0,122 мм на довжині 0,2 м за розтягу силою 60 кН. Цей самий стрижень закручується на кут  $0,75^\circ$  на довжині 0,2 м у разі навантаження крутним моментом 200 Н·м. Визначити величину  $E$ ,  $G$  і  $\mu$ .

*Відповідь:*  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа;  $\mu = 0,25$ .

**4.40.** Порівняти вагу суцільних валів однакової довжини, зі сталевого та алюмінієвого сплавів, спроектованих з однаковим кутом закручування за однакових крутних моментів. Модуль пружності під час зсуву алюміні-

нієвого сплаву дорівнює  $2,7 \cdot 10^4$  МПа, його питома вага  $\gamma = 26$  кН/м<sup>3</sup>. Модуль пружності під час зсуву сталі дорівнює  $8 \cdot 10^4$  МПа, її питома вага  $\gamma = 78$  кН/м<sup>3</sup>.

*Відповідь:* сталевий вал на 75 % важчий, ніж алюмінієвий.

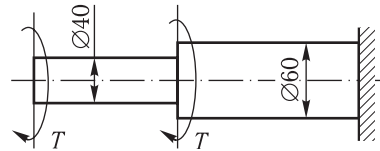


Рис. 4.17

**4.41.** До стрижня круглого поперечного перерізу, жорстко закріпленого правим кінцем, прикладені два однакові крутні моменти  $T$  (рис. 4.17). Діаметр лівої ділянки стрижня 40 мм, правої — 60 мм. Найбільше дотичне напруження в стрижні на правій ділянці 80 МПа. Чому дорівнює найбільше дотичне напруження на лівій ділянці стрижня?

*Відповідь:*  $\tau_{\max} = 135$  МПа.

**4.42.** Трубчастий сталевий вал із зовнішнім діаметром  $D = 75$  мм і внутрішнім  $d = 50$  мм має довжину 1 м. Він закручується на  $1^\circ$  парою сил з моментом 35 Н·м. Чому дорівнюють найбільші дотичні напруження у валу? Визначити модуль пружності під час зсуву.

*Відповідь:*  $\tau_{\max} = 52,7$  МПа;  $G = 8,05 \cdot 10^4$  МПа.

**4.43.** Визначити діаметри трубчастого сталевого вала, що передає потужність 7000 кВт за 100 об/хв, якщо найбільше дотичне напруження у валу 60 МПа, внутрішній діаметр становить 0,6 зовнішнього.

*Відповідь:*  $D = 405$  мм;  $d = 243$  мм.

**4.44.** Під час визначення потужності турбіни було виміряно кут закручування сталевого вала, що вона обертає, який на довжині 6 м дорівнює  $1,2^\circ$ . Зовнішній і внутрішній діаметри вала дорівнюють відповідно 250 і 170 мм. Швидкість обертання вала 250 об/хв. Визначити потужність, що передається валом, та максимальні дотичні напруження, які виникають у ньому.

*Відповідь:*  $P = 2160$  кВт;  $\tau_{\max} = 34,9$  МПа.

**4.45.** Карданний вал автомобіля за двох режимів роботи передає ту саму потужність 16,9 кВт. Швидкість обертання вала в одному разі 108 об/хв, в іншому — 60 об/хв. Яким має бути зовнішній діаметр вала, якщо відношення внутрішнього діаметра до зовнішнього дорівнює 0,9, а допустиме дотичне напруження  $[\tau] = 40$  МПа? Як зміняться найбільші дотичні напруження вала при переході від більшої швидкості до меншої?

*Відповідь:*  $D = 100$  мм, збільшаться в 1,8 раза і досягнуть допустимого значення.

**4.46.** Суцільний вал діаметром  $D = 120$  мм і завдовжки  $l = 1,5$  м передає постійний крутний момент  $T$ . Визначити розміри поперечного перерізу трубчастого вала такої самої довжини, який має ту саму міцність, що й суцільний вал, а жорсткість в 1,5 раза більшу. Визначити вагу кожного вала, враховуючи, що їх виготовлено з однакового матеріалу з питомою вагою  $\gamma = 78,5 \cdot 10^3$  кН/м<sup>3</sup>.

*Відповідь:*  $D = 180$  мм;  $d = 165$  мм;  $m_{\text{суц}} = 133$  кг;  $m_{\text{тр}} = 48,2$  кг.

**4.47.** Від суцільного вала до трубчастого через кулачкову муфту передається потужність  $P = 10$  кВт за частоти обертання  $n = 100$  об/хв. Підібрати діаметр  $D_0$  суцільного вала і зовнішній діаметр  $D$  трубчастого за коефіцієнта  $\alpha = d/D = 0,7$ , беручи допустимі дотичні напруження  $[\tau] = 60$  МПа.

*Відповідь:*  $D_0 = 43,2$  мм;  $D = 47,4$  мм.

**4.48.** Визначити відношення діаметрів двох валів, виготовлених з однакового матеріалу, що передають однакову потужність, якщо один робить  $n_1 = 50$  об/хв, а другий —  $n_2 = 100$  об/хв.

*Відповідь:*  $D_1/D_2 = 1,26$ .

**4.49\*.** Трубчастий вал із співвідношенням діаметрів  $\alpha = d/D = 0,6$  закручується моментами  $T_1 = 0,8$  кН·м,  $T_2 = 1,2$  кН·м,  $T_3 = 0,4$  кН·м і моментом  $T_4$ , який є зрівноважувальним (рис. 4.18). Визначити розміри поперечного перерізу, що задовольняють умовам міцності й жорсткості, побудувати епюри крутних моментів  $M_{кр}$ , відносних кутів закручування  $\theta$  і абсолютних кутів закручування  $\phi$  перерізів за довжиною вала і епюри дотичних напружень  $\tau$  уздовж радіуса небезпечного перерізу. Задано:  $[\tau] = 30$  МПа,  $[\theta] = 0,25$  град/м, модуль зсуву  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа. Нерухомий переріз вала (лівий чи правий) вибрати довільно. Довжини ділянок вала:  $a_1 = 1,2$  м;  $a_2 = 0,2$  м;  $a_3 = 0,6$  м.

*Відповідь:*  $D = 68$  мм;  $d = 40,8$  мм;  $\phi_{\max} = 13,3'$  (нерухомий лівий кінець).

**4.50\*.** До ступінчастого вала прикладені моменти  $T_1 = 2$  кН·м,  $T_2 = 10$  кН·м,  $T_3 = 8$  кН·м та зрівноважувальний їхній момент  $T_4$  (рис. 4.19). Підібрати діаметри  $D_1$ ,  $D_2$  і  $D_3$  ділянок вала за допустимим напруженням  $[\tau] = 40$  МПа, побудувати епюри відносних кутів закручування  $\theta$  та абсолютних кутів закручування  $\phi$  перерізів вала при  $a_1 = 1,0$  м,  $a_2 = 1,2$  м,  $a_3 = 1,2$  м,  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа, вважаючи нерухомим правий торець вала. Показати епюру дотичних напружень уздовж одного з перерізів вала.

*Відповідь:*  $M_{кр \max} = 12$  кН·м;  $D_1 = 63,5$  мм;  $D_2 = 115$  мм;  $D_3 = 100$  мм;  $\phi_{\max} = 0,8^\circ$ .

**4.51.** Сталевий трубчастий вал передає потужність 75 кВт під час обертання зі швидкістю 100 об/хв, товщина стінок становить 1/5 середнього діаметра перерізу. Визначити діаметр за умови, щоб кут закручування не перевищував  $1^\circ$  на 3 м довжини. Чому при цьому дорівнюють дотичні напруження?

*Відповідь:*  $D = 178$  мм;  $\tau_{\max} = 41,3$  МПа.

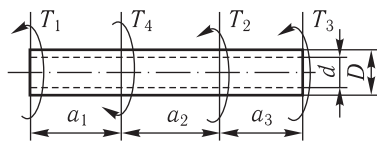


Рис. 4.18

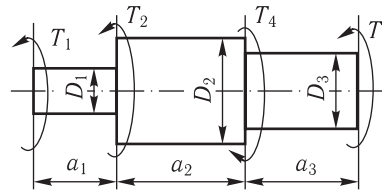


Рис. 4.19