



**2.30.** Визначити напруження в поперечних перерізах пружних стрижнів і вертикальне переміщення точки прикладання зовнішньої сили  $F$  (рис. 2.17). Стрижні сталеві з площею поперечного перерізу  $200 \text{ мм}^2$ . Брус  $AB$  вважати абсолютно жорстким. Модуль пружності сталі  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

*Відповідь:* а)  $\sigma_{(1)} = \sigma_{(2)} = 100 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(3)} = 50 \text{ МПа}$ ,  $\Delta = 4,25 \text{ мм}$ ; б)  $\sigma_{(1)} = \sigma_{(2)} = -70,7 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(3)} = -50 \text{ МПа}$ ,  $\Delta = 0,55 \text{ мм}$ .

**2.31.** Стрижневі системи, зображені на рис. 2.18, навантажені силою  $F = 50 \text{ кН}$ . Усі стрижні сталеві з площею поперечного перерізу  $1000 \text{ мм}^2$ . Визначити напруження в стрижнях.

*Відповідь:* а)  $\sigma_{(1)} = 44,8 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(2)} = -36,6 \text{ МПа}$ ; б)  $\sigma_{(1)} = 111,8 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(2)} = -100 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(3)} = -50 \text{ МПа}$ ; в)  $\sigma_{(1)} = \sigma_{(2)} = 28,9 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(3)} = -14,4 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(4)} = 25 \text{ МПа}$ ; г)  $\sigma_{(1)} = 100 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(2)} = -111,8 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(3)} = 35,4 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{(4)} = 106,1 \text{ МПа}$ .

**2.32\*.** Між точками  $A$  і  $B$  горизонтально натягнуто дріт діаметром  $2 \text{ мм}$  (рис. 2.19). Після прикладання навантаження  $Q = 18 \text{ Н}$  посередині дроту вертикальне переміщення точки підвішування досягло  $30 \text{ мм}$ . Визначити напруження в поперечному перерізі дроту, спричинене вантажем, і модуль пружності матеріалу дроту.

*Відповідь:*  $\sigma = 95,6 \text{ МПа}$ ;  $E = 2,12 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

### 2.1.2. Розрахунки на міцність і жорсткість

**2.33\*.** Два двотаври № 27 ГОСТ 8240—89, що з'єднані між собою за допомогою двох сталевих накладок, навантажено силою  $F = 570 \text{ кН}$  (рис. 2.20). Діаметр отворів під заклепки  $d = 23 \text{ мм}$ . Перевірити міцність двотаврів і накладок. Взяти допустиме напруження  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

*Відповідь:*  $\sigma_{\text{дв}} = 152 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_{\text{н}} = 154 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

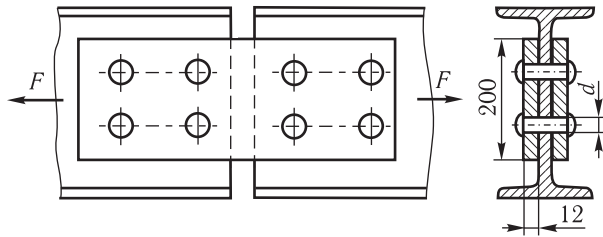


Рис. 2.20

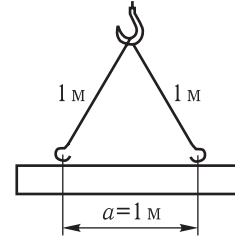


Рис. 2.21

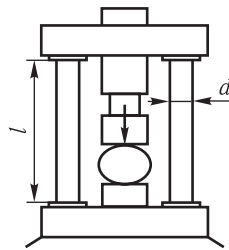


Рис. 2.22

**2.34.** Сталевий канат, що складається з 6 пасм по 37 дротів у кожному, призначений для піднімання вантажу вагою 50 кН. Обчислити напруження в канаті й коефіцієнт запасу міцності, якщо діаметр дроту  $d = 1$  мм, границя міцності матеріалу дроту  $\sigma_B = 1700$  МПа.

*Відповідь:*  $\sigma = 281$  МПа;  $n_B = 6$ .

**2.35.** Вантаж масою 4000 кг підвішено до гака крана за допомогою канатного стропа (рис. 2.21). Перевірити міцність каната, якщо границя міцності матеріалу дроту каната  $\sigma_B = 1400$  МПа, площа перерізу

всіх дротів каната  $85,47 \text{ мм}^2$ , нормативний коефіцієнт запасу за границею міцності  $[n]_B = 5$ . Як зміниться напруження в канаті у разі зменшення відстані  $a$  вдвічі?

*Відповідь:*  $[n]_B = 5,28 > [n]_B = 5$ , напруження зменшиться в 1,12 рази.

**2.36.** Якого діаметра мають бути колони гідравлічного преса (рис. 2.22), що розвиває зусилля 2500 кН? Допустиме напруження  $[\sigma] = 70$  МПа.

*Відповідь:*  $d = 150$  мм.

**2.37\*.** Перевірити на міцність шпильки гідравлічного циліндра з різьбою М20, що з'єднують його кришки з корпусом (рис. 2.23). Внутрішній діаметр циліндра  $D = 150$  мм, максимальний тиск у циліндрі  $p = 6$  МПа, кількість шпильок — 6. Внутрішній діаметр різьби шпильок  $d_1 = 17,29$  мм, допустиме напруження  $[\sigma] = 80$  МПа.

*Відповідь:*  $\sigma = 75,3 \text{ МПа} < [\sigma] = 80 \text{ МПа}$ .

**2.38.** Кришка котла кріпиться до корпусу за допомогою гвинтів М10 з внутрішнім діаметром різьби  $d = 8,376$  мм (рис. 2.24). Тиск усередині котла  $p = 0,5$  МПа, діаметр отвору в корпусі  $D = 350$  мм. Обчислити, скільки потрібно гвинтів для кріплення кришки, якщо допустиме напруження матеріалу гвинтів  $[\sigma] = 75$  МПа.

*Відповідь:* 12 гвинтів.

**2.39.** Визначити діаметр дюралюмінієвого стрижня, що розтягується силою 80 кН, якщо напруження в стрижні не повинно перевищувати 100 МПа,

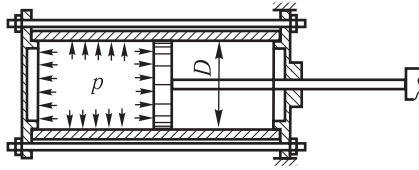


Рис. 2.23

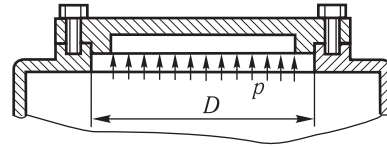


Рис. 2.24

а відносне видовження — бути більшим за 0,001. Модуль пружності дюралюмінію  $E = 0,7 \cdot 10^5$  МПа.

*Відповідь:*  $d = 38,2$  мм.

**2.40\*.** Сталевий стрижень діаметром 25 мм, що працює на розтягання, вирішили замінити на дюралюмінієвий. Визначити потрібний діаметр дюралюмінієвого стрижня, якщо напруження в сталевому дорівнювало  $\sigma = 150$  МПа, а допустиме напруження для дюралюмінію  $[\sigma] = 100$  МПа. Наскільки зменшиться у разі такої заміни вага стрижня, якщо питома вага дюралюмінію втричі менша за питому вагу сталі?

*Відповідь:*  $d = 30,6$  мм; вага зменшиться вдвічі.

**2.41.** Чавунну втулку, що сприймає осьове навантаження 100 кН, вирішили замінити на текстолітову з відношенням діаметрів  $d/D = 0,6$ . Визначити діаметри текстолітової втулки, якщо допустиме напруження для текстоліту  $[\sigma] = 60$  МПа, а напруження в чавунній втулці було  $\sigma = 120$  МПа. Наскільки зменшиться у разі заміни вага втулки, якщо питома вага текстоліту в 5,9 раза менша за питому вагу чавуну.

*Відповідь:*  $d = 34,6$  мм;  $D = 57,6$  мм; вага зменшиться в 2,96 раза.

**2.42.** Жорстка поперечка  $AB$ , навантажена в точці  $C$  силою  $F = 120$  кН, підтримується двома сталевими стрижнями (рис. 2.25). Визначити діаметри стрижнів, якщо допустиме напруження  $[\sigma] = 160$  МПа. Обчислити вертикальне переміщення точки  $C$ . Деформацією поперечки знехтувати. Модуль пружності сталі  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

*Відповідь:*  $d_1 = 17,8$  мм;  $d_2 = 25,2$  мм;  $\Delta_C = 0,8$  мм.

**2.43.** Жорсткий брус  $AB$ , деформацією якого можна знехтувати, підтримується в горизонтальному положенні сталеву тягою діаметром  $d = 30$  мм (рис. 2.26). Визначити найбільше допустиме навантаження  $F$  і вертикальне переміщення точки прикладання сили за цього навантаження. Допустиме напруження для матеріалу тяги  $[\sigma] = 160$  МПа, модуль пружності сталі  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

*Відповідь:*  $F_{\max} = 37,68$  кН;  $\Delta = 5,54$  мм.

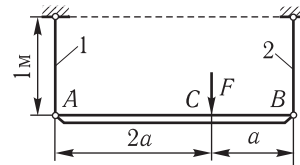


Рис. 2.25

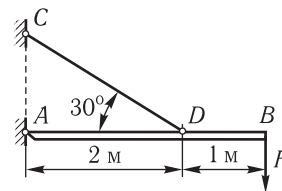


Рис. 2.26

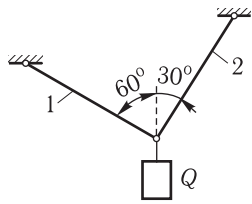


Рис. 2.27

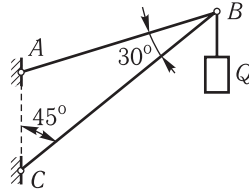


Рис. 2.28

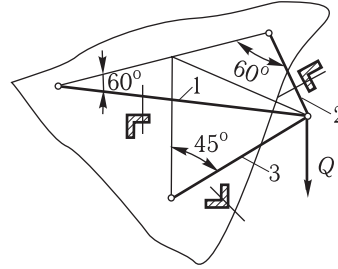


Рис. 2.29

**2.44\*.** Вантаж  $Q = 100$  кН підвішено до шарнірно-стрижневої системи (рис. 2.27). Стрижень 1 завдовжки 1 м — сталевий, стрижень 2 завдовжки 1,5 м — дюралюмінієвий. Допустиме напруження для сталі  $[\sigma]_c = 160$  МПа, для дюралюмінію  $[\sigma]_д = 120$  МПа. Підібрати площі поперечних перерізів стрижнів та обчислити горизонтальне, вертикальне і повне переміщення точки підвішування вантажу. Модуль пружності сталі  $E_c = 2 \cdot 10^5$  МПа, дюралюмінію  $E_д = 0,7 \cdot 10^5$  МПа.

*Відповідь:*  $A_1 = 313$  мм<sup>2</sup>;  $A_2 = 722$  мм<sup>2</sup>;  $\Delta_B = 2,63$  мм;  $\Delta_r = 0,58$  мм;  $\Delta = 2,69$  мм.

**2.45.** Який найбільший вантаж можна безпечно підвісити до шарніра стрижневої системи (див. рис. 2.27), що складається зі сталевого стрижня 1 діаметром  $d_1 = 20$  мм і дюралюмінієвого 2 діаметром  $d_2 = 30$  мм, якщо допустимі напруження для сталі  $[\sigma]_c = 160$  МПа, для дюралюмінію  $[\sigma]_д = 120$  МПа.

*Відповідь:*  $Q = 97,9$  кН.

**2.46.** У точці B кронштейна ABC підвішено вантаж вагою 50 кН (рис. 2.28). Визначити діаметри сталевих стрижнів AB і BC, якщо допустимі напруження на розтягання  $[\sigma_p] = 140$  МПа, на стискання  $[\sigma_c] = 60$  МПа.

*Відповідь:*  $d_{AB} = 25,4$  мм;  $d_{BC} = 45,3$  мм.

**2.47\*.** Вантаж вагою 100 кН підтримується кронштейном, виготовленим з трьох рівнобічних кутиків (рис. 2.29). Підібрати поперечний переріз кутиків, якщо

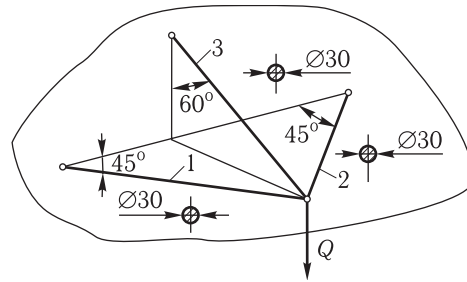


Рис. 2.30

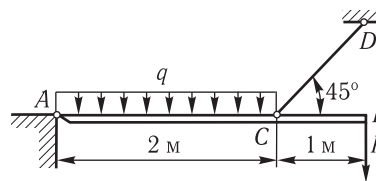


Рис. 2.31

допустимі напруження на розтягання  $[\sigma_p] = 160$  МПа, на стискання  $[\sigma_c] = 60$  МПа.

*Відповідь:* 1, 2 —  $50 \times 50 \times 4$ ; 3 —  $125 \times 125 \times 10$  ГОСТ 8509—89.

**2.48.** Кронштейн складається з трьох круглих дюралюмінієвих стрижнів (рис. 2.30). Який найбільший вантаж можна безпечно підвесити до кронштейна, якщо допустимі напруження на розтягання  $[\sigma_p] = 120$  МПа, на стискання  $[\sigma_c] = 50$  МПа.

*Відповідь:*  $Q = 28,86$  кН.

**2.49.** Жорстка балка  $AB$ , деформацію якої можна знехтувати, підтримується в горизонтальному положенні сталевим стрижнем  $CD$  завдовжки  $l = 1,4$  м (рис. 2.31). На балку діє сила  $F = 30$  кН і розподілене навантаження  $q = 20$  кН/м. Визначити діаметр стрижня і вертикальне переміщення кінця балки. Допустиме напруження  $[\sigma] = 160$  МПа. Модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Вагою балки знехтувати.

*Відповідь:*  $d = 27$  мм;  $\Delta_B = 2,38$  мм.

**2.50.** У резервуарі, що складається з циліндричного корпусу діаметром  $D = 1$  м і сферичного днища, зберігається рідина з питомою вагою  $\gamma = 10$  кН/м<sup>3</sup> (рис. 2.32). Визначити діаметр болтів, що кріплять днище, якщо допустиме напруження  $[\sigma] = 120$  МПа, кількість болтів  $n = 6$ .

*Відповідь:* М8 (внутрішній діаметр різьби  $d_1 = 6,647$  мм).

**2.51.** Підібрати площі поперечних перерізів стрижнів, що підтримують жорсткі бруси (рис. 2.33), за таких даних:  $q = 20$  кН/м,  $F = 50$  кН,  $a = 1$  м, допустимі напруження на розтягання  $[\sigma_p] = 160$  МПа, на стискання  $[\sigma_c] = 100$  МПа. Вагою брусів знехтувати.

*Відповідь:* а)  $A_1 = 968,8$  мм<sup>2</sup>,  $A_2 = 156,3$  мм<sup>2</sup>; б)  $A_1 = 437,5$  мм<sup>2</sup>,  $A_2 = 375$  мм<sup>2</sup>,  $A_3 = 500$  мм<sup>2</sup>; в)  $A_1 = 31,3$  мм<sup>2</sup>,  $A_2 = 593,8$  мм<sup>2</sup>; г)  $A_1 = A_3 = 777,8$  мм<sup>2</sup>,  $A_2 = 687,5$  мм<sup>2</sup>; д)  $A_1 = 353,6$  мм<sup>2</sup>,  $A_2 = 93,8$  мм<sup>2</sup>; е)  $A_1 = 875$  мм<sup>2</sup>,  $A_2 = 88,4$  мм<sup>2</sup>.

**2.52.** Дві жорсткі поперечки, навантажені силою  $F = 50$  кН і розподіленим навантаженням  $q = 30$  кН/м, підтримуються в горизонтальному положенні трубчастою підвіскою  $AB$  (рис. 2.34). Визначити зовнішній діаметр підвіски, якщо внутрішній становить  $d = 30$  мм,  $[\sigma] = 160$  МПа.

*Відповідь:*  $D = 35$  мм.

**2.53.** До стрижня круглого поперечного перерізу діаметром  $d = 50$  мм прикладені дві однакові сили  $F$  (рис. 2.35). Визначити діаметр отвору  $d_1$ , який потрібно висвердлити у лівій частині стрижня, щоб обидві частини стрижня мали однакову міцність.

*Відповідь:*  $d_1 = 35,4$  мм.

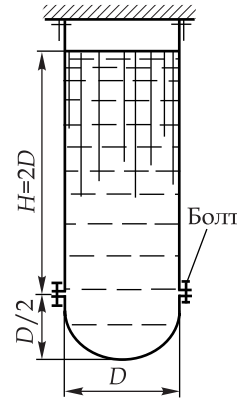


Рис. 2.32

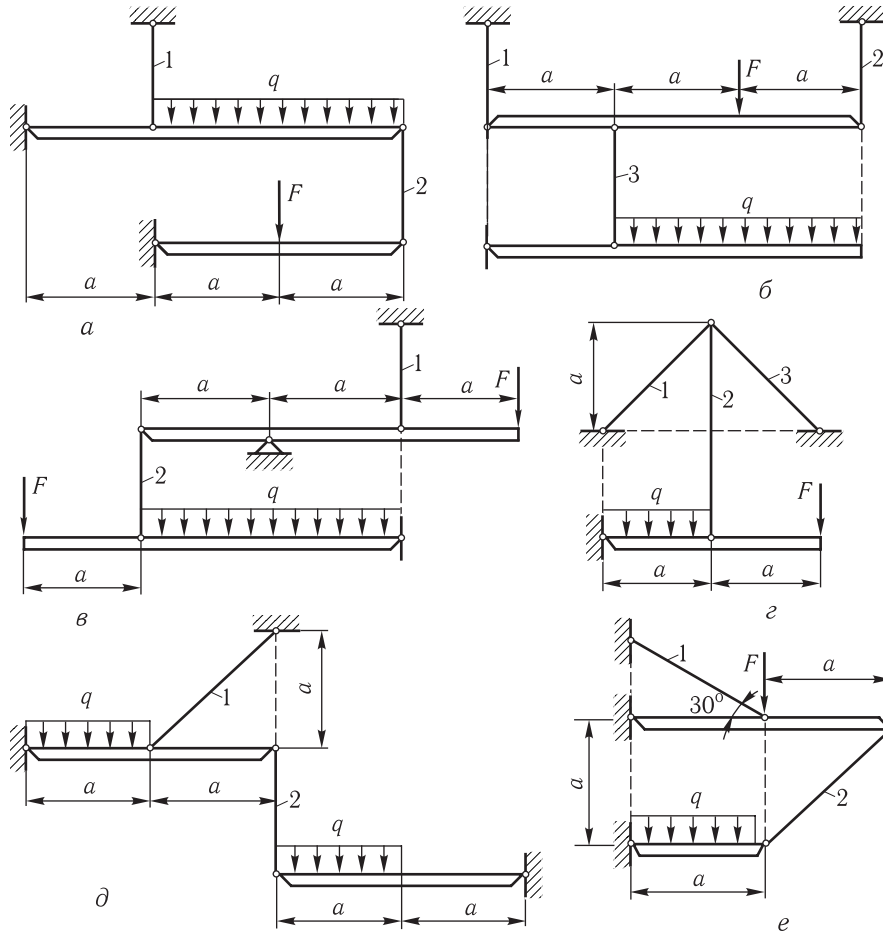


Рис. 2.33

**2.54\*.** У стрижневій системі, зображеній на рис. 2.36, визначити потрібні діаметри поперечних перерізів стрижнів 1 і 2, а також вертикальне переміщення точки  $B$ , якщо  $F = 40$  кН, допустиме напруження  $[\sigma] = 160$  МПа, модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Бруси  $AB$  і  $CD$  вважати абсолютно жорсткими.

*Відповідь:*  $d_1 = 15,5$  мм;  $d_2 = 24,4$  мм;  $\Delta_B = 2,7$  мм.

**2.55.** Обчислити діаметр двох сталевих колон гідравлічного преса, що розвиває максимальне зусилля  $F = 600$  кН (див. рис. 2.22), якщо видовження колон за максимального навантаження має не перевищувати  $0,3$  мм. Визначити, який при цьому забезпечується запас міцності. Довжина ко-