

РОЗДІЛ 2

РОЗТЯГ І СТИСК СТРИЖНІВ

2.1. Статично визначувані системи

2.1.1. Напруження в поперечних перерізах стрижня. Пружні деформації

2.1. Сталевий стрижень завдовжки 500 мм і поперечним перерізом 40×10 мм розтягується силою 80 кН. Обчислити нормальне напруження, абсолютне і відносне видовження стрижня. Модуль пружності сталі $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 200$ МПа; $\Delta l = 0,5$ мм; $\epsilon = 0,001$.

2.2. Чавунна колона кільцевого поперечного перерізу, що має зовнішній діаметр 300 мм, товщину стінки 30 мм і висоту 3 м, стискується силою 1000 кН. Знайти напруження в поперечному перерізі колони, а також її абсолютне і відносне укорочення. Модуль пружності чавуну $E = 1,6 \times 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 39,3$ МПа; $\Delta l = 0,73$ мм; $\epsilon = 2,46 \cdot 10^{-4}$.

2.3. Сталевий болт з'єднує два дерев'яні бруси (рис. 2.1). Діаметри стрижня болта $d = 16$ мм, отворів у брусах і шайбах $d_0 = 17$ мм. Яким має бути зовнішній діаметр шайб D , щоб за напруження в ненарізаній частині болта 80 МПа тиск шайб на брус не перевищував 5 МПа?

Відповідь: $D = 64$ мм.

2.4. Поршень діаметром $D = 200$ мм (рис. 2.2) перебуває під тиском $p = 5$ МПа. Визначити напруження в сталевому штоці та його абсолютне видовження, якщо діаметр штока $d = 40$ мм, довжина $l = 0,4$ м, модуль пружності матеріалу штока $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 125$ МПа; $\Delta l = 0,25$ мм.

2.5. Сталевий стрижень завдовжки 2,5 м під дією осьового навантаження видовжився на 1,5 мм. Визначити напруження в стрижні, якщо модуль пружності сталі $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 126$ МПа.

2.6. Чавунна труба завдовжки 1 м під дією стисальної сили укоротилася на 0,5 мм. Зовнішній ді-

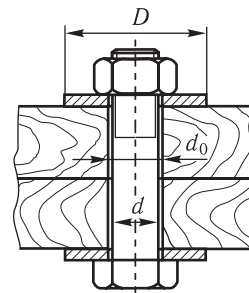


Рис. 2.1

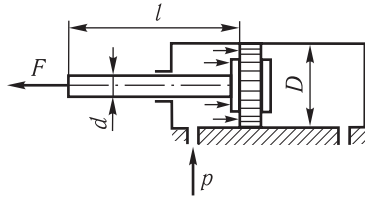


Рис. 2.2

метр труби 100 мм, внутрішній — 80 мм. Обчислити силу і напруження в трубі, вважаючи, що $E = 1,6 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 80$ МПа; $F = 226,08$ кН.

2.7*. Сталевий дріт діаметром 3 мм під дією осьового навантаження 500 Н видовжився на 0,53 мм. Визначити напруження і довжину дроту. Модуль пружності сталі $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 70,7$ МПа; $l = 1499$ мм.

2.8. Швелер № 16 завдовжки 2 м під дією осьової сили отримав абсолютне видовження 0,8 мм. Обчислити напруження і силу, що розтягує швелер, якщо модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 80$ МПа; $F = 144,8$ кН.

2.9. Сталевий стрижень завдовжки $l = 430$ мм і площею поперечного перерізу $A = 300$ мм² під навантаженням $F = 30$ кН видовжився на $\Delta l = 0,2$ мм. Обчислити модуль пружності E матеріалу стрижня.

Відповідь: $E = 2,15 \cdot 10^5$ МПа.

2.10. Чавунний стрижень діаметром 50 мм стискується силою 250 кН. Обчислити діаметр стрижня після деформації. Коефіцієнт Пуассона для чавуну $\mu = 0,25$, модуль пружності $E = 1,6 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $d = 50,01$ мм.

2.11. Під час розтягування вініпластового стрижня діаметром 25 мм було зареєстровано зменшення діаметра на 0,027 мм і видовження, що дорівнює 0,3 мм на довжині 100 мм. Чому дорівнює коефіцієнт Пуассона для вініпласту?

Відповідь: $\mu = 0,36$.

2.12*. Визначити напруження в сталевому стрижні діаметром 50 мм, навантаженому осьовою силою, якщо під дією цієї сили його діаметр зменшився на 0,015 мм. Модуль пружності сталі $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,3$.

Відповідь: $\sigma = 200$ МПа.

2.13. Під час навантаження сталевого стрижня круглого поперечного перерізу діаметром 20 мм силою 40 кН було зареєстровано зменшення діаметра на 0,004 мм і видовження на базі 50 мм, що дорівнює 0,032 мм. Визначити модуль пружності й коефіцієнт Пуассона сталі.

Відповідь: $E = 1,99 \cdot 10^5$ МПа; $\mu = 0,31$.

2.14. Побудувати епюри поздовжніх сил і нормальних напружень для стрижнів, зображених на рис. 2.3, за $F = 10$ кН, $A = 250$ мм².

2.15. Побудувати епюри поздовжніх сил і нормальних напружень, а також визначити абсолютне видовження сталевого стрижня (рис. 2.4) з такими даними: $l_1 = l_2 = 1$ м; $l_3 = 1,5$ м; $l_4 = l_5 = 0,3$ м; $l_6 = 0,8$ м; $F_1 = F_4 =$

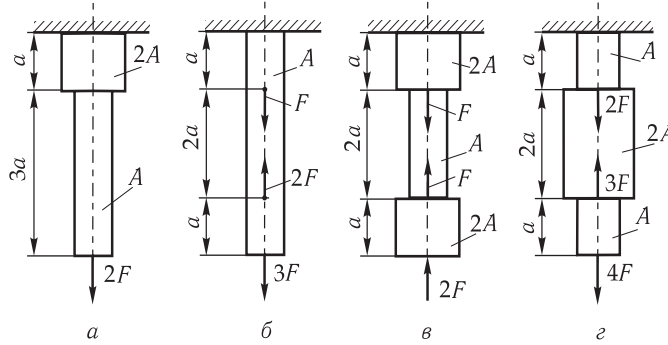


Рис. 2.3

$F_1 = 100$ кН; $F_2 = 70$ кН; $F_3 = 200$ кН; $F_5 = 50$ кН; $d_1 = 40$ мм; $d_2 = 30$ мм; $d_3 = 20$ мм. Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\Delta l = 0,59$ мм.

2.16*. Сталева пластина завтовшки 20 мм і розмірами, зазначеними на рис. 2.5, розтягується силою $F = 75$ кН. Побудувати епюру нормальних напружень і визначити абсолютне видовження пластини.

Відповідь: $\Delta l = 0,26$ мм.

2.17. Опору у вигляді зрізаного конуса, що має висоту h і діаметри основ d_0 і d , навантажено силою F (рис. 2.6). Наскільки зменшиться висота h від дії навантаження?

Відповідь: $\Delta l = \frac{4Fh}{\pi E d d_0}$.

2.18. Сталеві стрижні (рис. 2.7) розтягуються силою $F = 200$ кН. Визначити напруження у поперечних перерізах А—А і В—В стрижнів і абсолютне видовження стрижнів. Модуль пружності сталі $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_{A-A} = 70,8$ МПа; $\sigma_{B-B} = 159,2$ МПа; а) $\Delta l = 1,9$ мм; б) $\Delta l = 2,25$ мм.

2.19. Знайти видовження частини дюралюмінієвої шпильки, що є всередині деталі, вважаючи, що сила $F = 50$ кН розподіляється по довжині цієї частини за законом нахиленої прямої ab

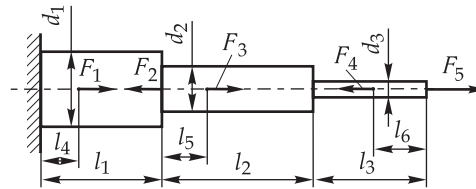


Рис. 2.4

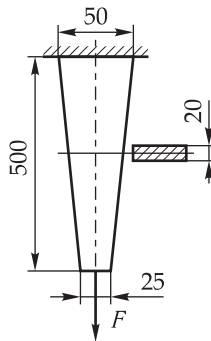


Рис. 2.5

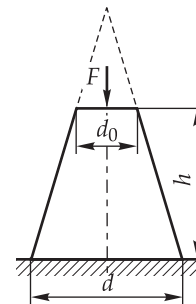


Рис. 2.6

(рис. 2.8). Модуль пружності дюралюмінію $E = 0,7 \cdot 10^5$ МПа. За розрахунковий взяти середній діаметр різьби $d = 22$ мм.

Відповідь: $\Delta l = 0,99$ мм.

2.20. Сталевий болт з'єднує дві жорсткі деталі (рис. 2.9). Яке додаткове напруження виникне в ненарізаній частині стрижня болта після додаткового підтягування гайки на $1/6$ оберта? Крок різьби $S = 3$ мм. Деформацією різьби і деталей знехтувати. Вважати, що після підтягування гайки напруження в гвинті не перевищить границі пропорційності матеріалу гвинта. Модуль пружності сталі $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 125$ МПа.

2.21. Штабка з прикріпленням до неї за допомогою заклепок кутиком розтягується силою $F = 200$ кН (рис. 2.10). Діаметр отворів під заклепки $d = 11$ мм. Визначити середнє напруження в небезпечному перерізі штапки.

Відповідь: $\sigma = 188,7$ МПа.

2.22. Дві плити, з'єднані між собою за допомогою двох швелерів, сприймають навантаження $F = 500$ кН (рис. 2.11). Діаметр отворів під заклепки

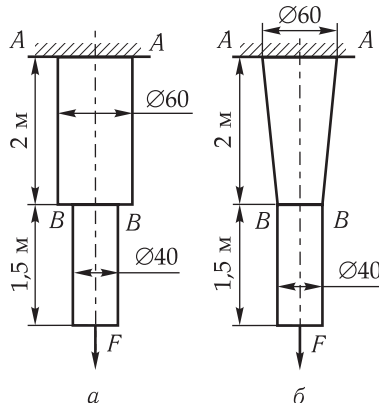


Рис. 2.7

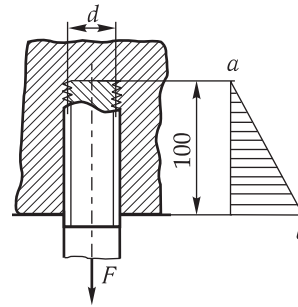


Рис. 2.8

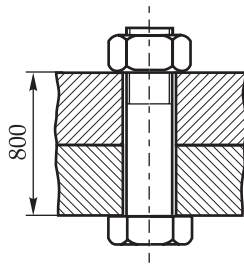


Рис. 2.9

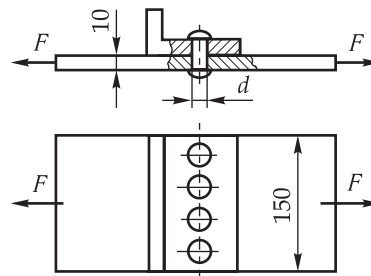


Рис. 2.10

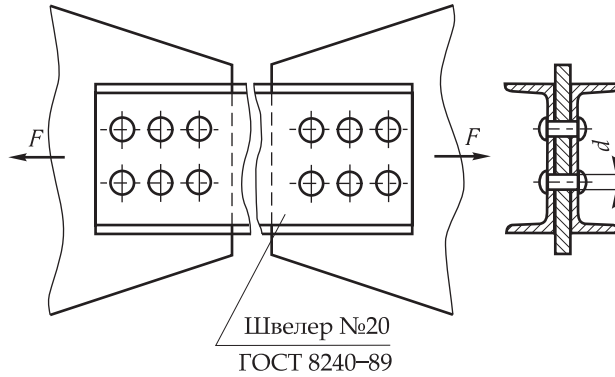


Рис. 2.11

$d = 26$ мм. Визначити напруження в неослабленому й ослабленому перерізах швелерів.

Відповідь: $\sigma_{\text{н}} = 106,8$ МПа; $\sigma_{\text{ос}} = 120,8$ МПа.

2.23. До ступінчастого стрижня круглого поперечного перерізу прикладено дві однакові сили F (рис. 2.12). Напруження на лівій ділянці стрижня 80 МПа. Яке напруження на правій ділянці стрижня?

Відповідь: $\sigma = 111,1$ МПа.

2.24*. Два стрижні, сталевий і дюралюмінієвий, однакової довжини під дією однакових розтяжних зусиль видовжилися на однакову величину. Чому дорівнює діаметр дюралюмінієвого стрижня, якщо діаметр сталевого 10 мм? Модуль пружності сталі $E_{\text{с}} = 2 \times 10^5$ МПа, дюралюмінію $E_{\text{д}} = 0,7 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $d = 16,9$ мм.

2.25. Під дією однакового вантажу сталевий дріт діаметром $d_1 = 1,6$ мм, завдовжки $l_1 = 4$ м видовжився на 2 мм, а мідний з розмірами $d_2 = 3,2$ мм і $l_2 = 3$ м — на 0,65 мм. Визначити модуль пружності мідного дроту, якщо модуль сталевого $E_{\text{с}} = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $E_{\text{м}} = 1,15 \cdot 10^5$ МПа.

2.26. Дві трубки, мідна і дюралюмінієва, стягнуті болтом за допомогою масивних шайб (рис. 2.13). В результаті затягування сумарна довжина трубок зменшилася на 0,02 мм. Визначити напруження в стрижні болта після затягування. Модуль пружності міді $E_{\text{м}} = 1 \times 10^5$ МПа, дюралюмінію $E_{\text{д}} = 0,7 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma = 25$ МПа.

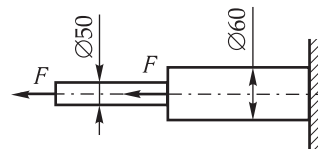


Рис. 2.12

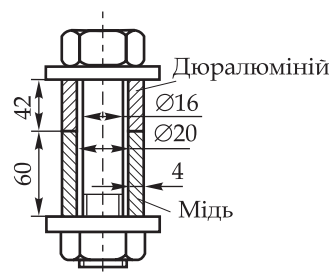


Рис. 2.13

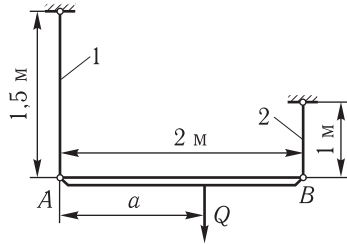


Рис. 2.14

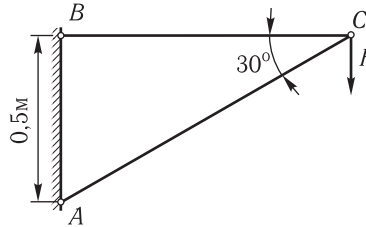


Рис. 2.15

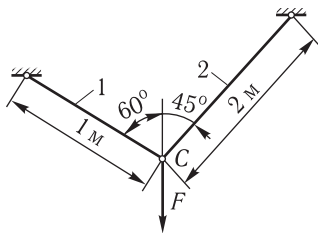


Рис. 2.16

2.27. Жорсткий брус AB , деформацією якого можна знехтувати, підвішено на тягах 1 і 2 круглого перерізу (рис. 2.14). Тяга 1 сталевая діаметром 20 мм, тяга 2 мідна діаметром 25 мм. На якій відстані a від вузла A потрібно підвісити вантаж Q , щоб після деформації тяг брус AB залишився горизонтальним? Які будуть напруження в тягах, якщо $Q = 30$ кН?
 Відповідь: $a = 1,08$ м; $\sigma_{(1)} = 44$ МПа; $\sigma_{(2)} = 33$ МПа.

2.28. До вузла C кронштейна ABC прикладено силу $F = 50$ кН (рис. 2.15). Стрижень BC сталевий діаметром 30 мм, стрижень AC дюралюмінієвий діаметром 40 мм. Визначити напруження в стрижнях, а також вертикальне, горизонтальне і повне переміщення вузла C . Модуль пружності сталі $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, дюралюмінію $E_d = 0,7 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_{AC} = -79,6$ МПа; $\sigma_{BC} = 122,6$ МПа; $\Delta_r = 0,53$ мм; $\Delta_B = 3,19$ мм; $\Delta = 3,23$ мм.

2.29*. Визначити горизонтальне, вертикальне та повне переміщення вузла C стрижневої системи (рис. 2.16), навантаженої силою $F = 30$ кН. Стрижень 1 сталевий з площею поперечного перерізу 500 мм², стрижень 2 мідний з площею поперечного перерізу 400 мм². Модуль пружності сталі $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, міді $E_m = 1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\Delta_r = 0,53$ мм; $\Delta_B = 1,36$ мм; $\Delta = 1,46$ мм.

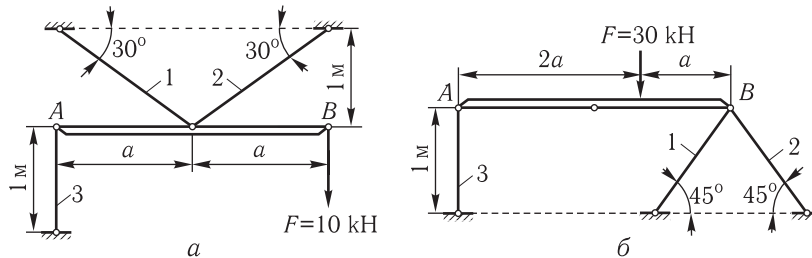
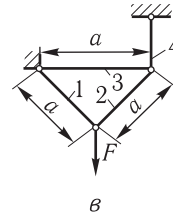
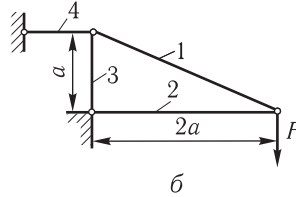
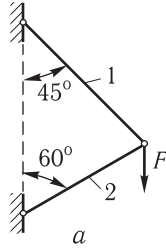


Рис. 2.17



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 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 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 мм (рис. 2.19). Після прикладання навантаження $Q = 18 \text{ Н}$ посередині дроту вертикальне переміщення точки підвішування досягло 30 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: $\sigma_{\text{дв}} = 152 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$; $\sigma_{\text{н}} = 154 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

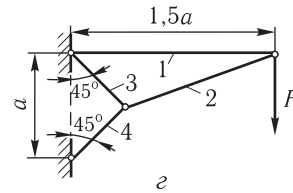


Рис. 2.18

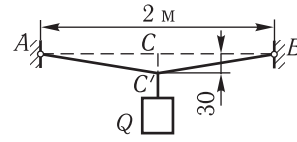


Рис. 2.19