

Рис. 2.34

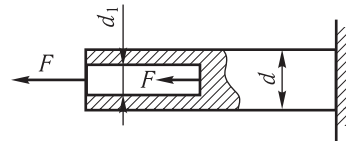


Рис. 2.35

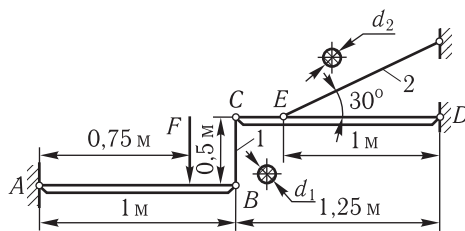


Рис. 2.36

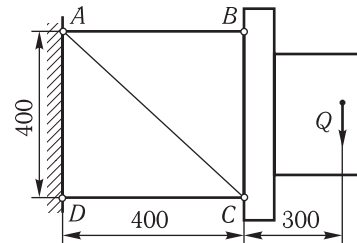


Рис. 2.37

лон $l = 1$ м. Модуль пружності сталі $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, границя міцності $\sigma_B = 420$ МПа.

Відповідь: $d = 80$ мм; $n = 7$.

2.56*. Визначити діаметри поперечних перерізів стрижнів AB , AC , CD , що підтримують вузол машини вагою $Q = 150$ кН (рис. 2.37). Допустимі напруження на розтягання $[\sigma_p] = 140$ МПа, на стискання $[\sigma_c] = 100$ МПа.

Відповідь: $d_{AB} = 32$ мм; $d_{AC} = 44$ мм; $d_{CD} = 58$ мм.

2.2. Статично невизначувані системи

2.57. Ступінчастий стрижень, жорстко защемлений двома кінцями, навантажено силою $F = 540$ кН (рис. 2.38). Площа поперечного перерізу верхньої частини $1 \cdot 10^3$ мм², нижньої — $4 \cdot 10^3$ мм². Визначити напруження в кожній частині стрижня.

Відповідь: $\sigma_B = 60$ МПа; $\sigma_H = -120$ МПа.

2.58. Стрижень, що складається з верхньої мідної і нижньої сталеві частин, навантажено силою $F = 300$ кН (рис. 2.39). Обидва кінці стрижня жорстко затиснені. Площа поперечного перерізу $2 \cdot 10^3$ мм². Визначити напруження в кожній частині стрижня. Модулі пружності $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_M = 1 \times 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_M = 30$ МПа; $\sigma_c = -120$ МПа.

2.59*. Ступінчастий стрижень, що складається з мідної і сталевих частин, жорстко затиснено двома кінцями і наван-

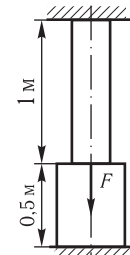


Рис. 2.38

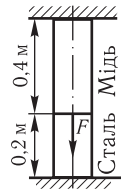


Рис. 2.39

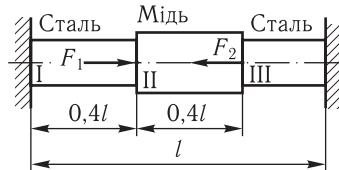


Рис. 2.40

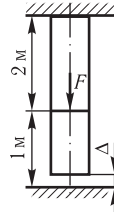


Рис. 2.41

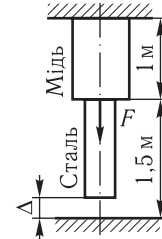


Рис. 2.42

тажено силами, як зображено на рис. 2.40. Визначити напруження на всіх ділянках стрижня за $F_1 = 40$ кН, $F_2 = 60$ кН, $A_c = 400$ мм², $A_M = 800$ мм², $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_M = 1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_I = 30$ МПа; $\sigma_{II} = -35$ МПа; $\sigma_{III} = 80$ МПа.

2.60. Сталевий стрижень, затиснений верхнім кінцем, має площу поперечного перерізу $2 \cdot 10^3$ мм² (рис. 2.41). Між його нижнім кінцем і опорою до навантаження був зазор $\Delta = 0,4$ мм. Визначити напруження у верхній і нижній ділянках стрижня під час дії сили $F = 260$ кН.

Відповідь: $\sigma_B = 70$ МПа; $\sigma_H = -60$ МПа.

2.61. Ступінчастий стрижень жорстко затиснено верхнім кінцем (рис. 2.42). До навантаження між нижнім кінцем і опорою був зазор $\Delta = 0,05$ мм. Верхня частина стрижня з площею поперечного перерізу $1,5 \cdot 10^4$ мм² — мідна, нижня частина з площею поперечного перерізу $5 \cdot 10^3$ мм² — сталева. Визначити напруження в обох частинах стрижня, що виникають після його навантаження силою $F = 200$ кН. Модулі

пружності $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_M = 1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_B = 10,8$ МПа; $\sigma_H = -7,7$ МПа.

2.62*. Дерев'яна колона перерізом 250×250 мм, яка посилена чотирма сталевими кутиками $40 \times 40 \times 4$, стискується силою F , що передається через абсолютно жорстку плиту (рис. 2.43). Обчислити допустиму величину сили F , якщо для сталі $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, $[\sigma]_c = 160$ МПа, для дерева $E_d = 1 \cdot 10^4$ МПа, $[\sigma]_d = 12$ МПа.

Відповідь: $[F] = 698,55$ кН.

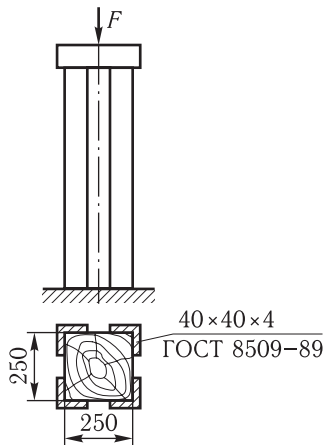


Рис. 2.43

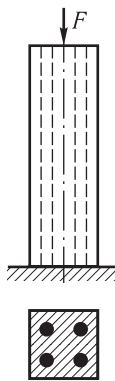


Рис. 2.44

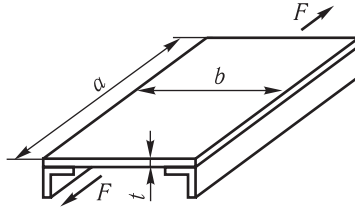


Рис. 2.45

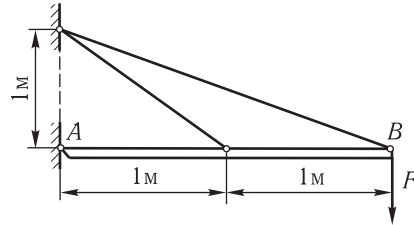


Рис. 2.46

2.63. Коротка залізобетонна колона з поперечним перерізом 250×250 мм армована чотирма поздовжніми симетрично розміщеними сталевими стрижнями діаметром 20 мм кожний (рис. 2.44). Колона стискується поздовжньою силою 600 кН. Взяти модуль пружності бетону у 10 разів меншим за модуль пружності сталі. Обчислити напруження в бетоні й арматурі.

Відповідь: $\sigma_{\text{б}} = -8,1$ МПа; $\sigma_{\text{с}} = -81,3$ МПа.

2.64. Залізобетонна колона квадратного поперечного перерізу армована чотирма поздовжніми сталевими стрижнями, площа яких становить 1 % площі поперечного перерізу колони (див. рис. 2.44). Колона несе навантаження 10 кН. Допустиме напруження для бетону $[\sigma]_{\text{б}} = 6$ МПа, для арматури $[\sigma]_{\text{с}} = 120$ МПа. Відношення модулів пружностей сталі й бетону $E_{\text{с}}/E_{\text{б}} = 10$. Обчислити розміри поперечного перерізу колони і діаметр стрижнів.

Відповідь: $a = 390$ мм; $d = 22$ мм.

2.65. Панель, що складається з дюралюмінієвої пластинки, підкріпленої по краях сталевими кутиками (стрингерами), розтягується силою F (рис. 2.45). Обчислити величину допустимої сили F за таких даних: $b = 200$ мм, $t = 2$ мм, $a = 400$ мм, площа перерізу кожного кутика $A_{\text{с}} = 200$ мм², границя міцності для сталі $\sigma_{\text{вс}} = 900$ МПа, для дюралюмінію $\sigma_{\text{вд}} = 400$ МПа, коефіцієнт запасу $n_{\text{в}} = 3$. Модулі пружності $E_{\text{с}} = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_{\text{д}} = 0,7 \times 10^5$ МПа.

Відповідь: $[F] = 162$ кН.

2.66. Жорстку балку AB , деформацією якої знехтувати, шарнірно прикріплено до стіни в точці A . Її підтримують два сталеві стрижні з однаковою площею поперечного перерізу, що дорівнює 200 мм² (рис. 2.46). Визначити максимальну силу F . Взяти $[\sigma] = 160$ МПа.

Відповідь: $F_{\text{max}} = 22,75$ кН.

2.67*. Жорсткий брус, деформацією якого можна знехтувати, підвішено на трьох стрижнях і навантажено силою $F = 60$ кН (рис. 2.47). Стрижень 1 мідний перерізом 100 мм²; стрижень 2 ста-

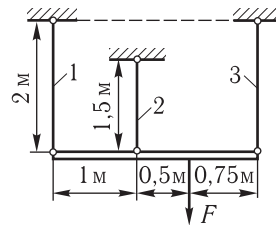


Рис. 2.47

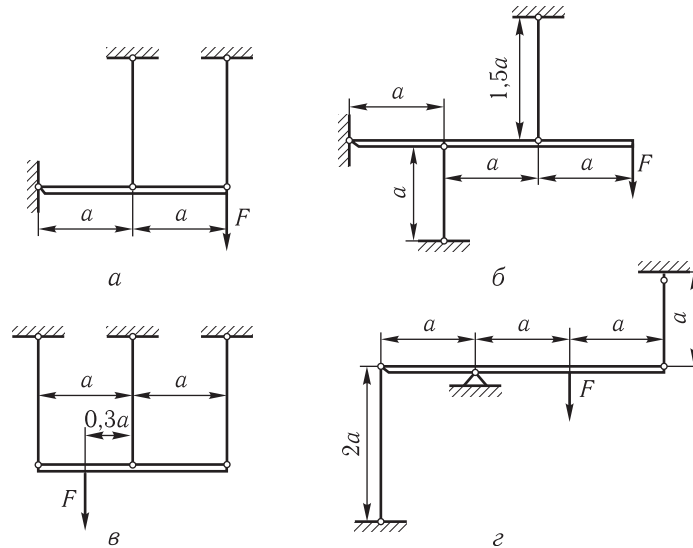


Рис. 2.48

левий перерізом 150 мм^2 ; стрижень 3 алюмінієвий перерізом 200 мм^2 . Визначити напруження в стрижнях. Взяти $E_M = 1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $E_C = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $E_a = 0,7 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Відповідь: $\sigma_{(1)} = 11 \text{ МПа}$; $\sigma_{(2)} = 227,3 \text{ МПа}$; $\sigma_{(3)} = 124 \text{ МПа}$.

2.68. Жорстку балку, закріплену за допомогою системи стрижнів однакового поперечного перерізу, навантажено силою $F = 20 \text{ кН}$ (рис. 2.48). Взнявши $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$, визначити площі поперечного перерізу стрижнів.

Відповідь: а) 100 мм^2 ; б) 136 мм^2 ; в) 73 мм^2 ; г) 55 мм^2 .

2.69. Жорсткий брус підтримують два сталеві стрижні, як зображено на рис. 2.49. Перший стрижень повинний мати площу поперечного перерізу вдвічі більшу, ніж другий. Взнявши $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$, підібрати площі поперечних перерізів стрижнів.

Відповідь: $A_1 = 750 \text{ мм}^2$; $A_2 = 375 \text{ мм}^2$.

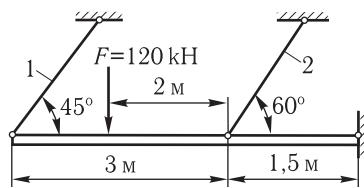


Рис. 2.49

2.70. Три стрижні однакового поперечного перерізу, що з'єднані між собою шарніром в одній точці, навантажено силою $F = 120 \text{ кН}$ (рис. 2.50). Визначити площу поперечного перерізу, взявши $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

Відповідь: $A = 300 \text{ мм}^2$.

2.71*. Визначити вертикальне переміщення шарніра А системи сталевих стриж-

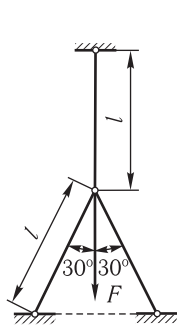


Рис. 2.50

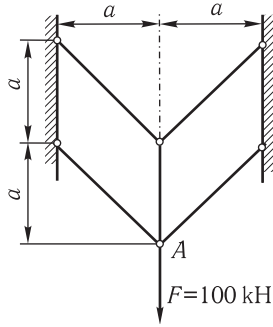


Рис. 2.51

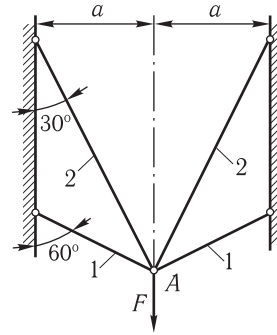


Рис. 2.52

нів однакового поперечного перерізу площею 500 мм^2 (рис. 2.51). Взяти $a = 1 \text{ м}$, модуль пружності сталі $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Відповідь: $\Delta = 0,89 \text{ мм}$.

2.72. У зображеній на рис. 2.52 стрижневій системі стрижні 1 сталеві з площею поперечного перерізу $1 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$, стрижні 2 мідні з площею поперечного перерізу $2 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$. Допустимі напруження для сталі $[\sigma]_c = 160 \text{ МПа}$, для міді $[\sigma]_m = 60 \text{ МПа}$, співвідношення модулів пружності $E_c/E_m = 2$. Визначити найбільше можливе навантаження F .

Відповідь: $F_{\text{max}} = 327,84 \text{ кН}$.

2.73. Між нерухомими точками A і B (рис. 2.53) без натягу горизонтально протягнуто сталевий дріт діаметром $1,6 \text{ мм}$, власною вагою якого знехтувати. Після прикладання навантаження F у точці C посередині довжини дроту вертикальне переміщення точки C досягло 40 мм . Обчислити навантаження F і напруження в дроті.

Відповідь: $F = 25,7 \text{ Н}$; $\sigma = 160 \text{ МПа}$.

2.74. Абсолютно жорстка квадратна плита, навантажена силою F , підтримується за допомогою чотирьох сталевих стрижнів однакового поперечного перерізу (рис. 2.54). Підібрати переріз стрижнів і обчислити найбільше опускання кута плити за таких даних: $a = 1,8 \text{ м}$, $b = 0,6 \text{ м}$, $c = 1 \text{ м}$, $l = 2 \text{ м}$, $F = 50 \text{ кН}$, $[\sigma] = 200 \text{ МПа}$, $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Відповідь: $A = 90 \text{ мм}^2$; $\Delta = 2 \text{ мм}$.

2.75*. Знайти зусилля в сталевих тросах, що кріплять мачту AB , яка шарнірно спирається на фундамент (рис. 2.55). Вітрове навантажен-

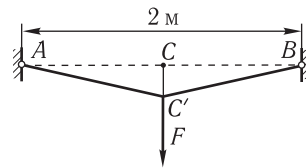


Рис. 2.53

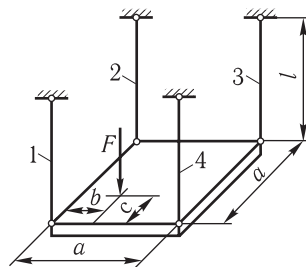


Рис. 2.54

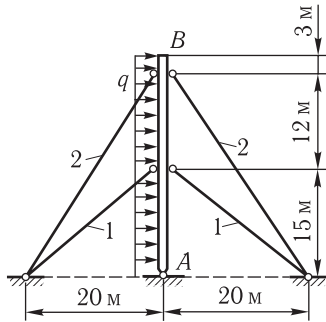


Рис. 2.55

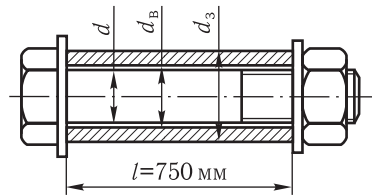


Рис. 2.56

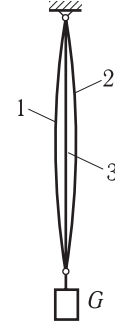


Рис. 2.57

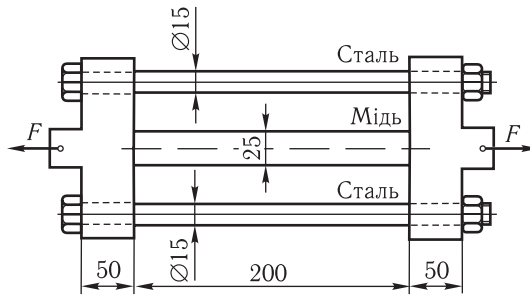


Рис. 2.58

ня $q = 0,5$ кН/м постійне по довжині мачти. Переріз усіх тросів однаковий. Підібрати потрібний переріз тросів за допустимим напруженням $[\sigma] = 160$ МПа і обчислити горизонтальне переміщення верхнього кінця мачти. Деформацією мачти і початковим натягом тросів знехтувати. Взяти модуль пружності троса $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $N_1 = N_2 = 8$ кН; $A = 50$ мм²; $\Delta = 50$ мм.

2.76. Сталевий болт пропущено через мідну трубку, як зображено на рис. 2.56. Діаметр стрижня болта $d = 20$ мм, внутрішній діаметр втулки $d_b = 25$ мм, зовнішній діаметр $d_3 = 45$ мм. Крок різьби болта 3 мм. Які напруження виникнуть у болті й трубці після закручування гайки на $1/4$ оберта? Модулі пружності $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа; $E_m = 1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_c = 127,4$ МПа; $\sigma_m = -36,4$ МПа.

2.77. До трьох сталевих дротів 1, 2 і 3, з'єднаних кінцями, підвішено вантаж вагою $Q = 10$ кН (рис. 2.57). Поперечний переріз дротів 30 мм², довжина $l_1 = 24,99$ м, $l_2 = 25$ м і $l_3 = 24,98$ м. Обчислити напруження в дротах і вертикальне переміщення вантажу.

Відповідь: $\sigma_{(1)} = 31$ МПа; $\sigma_{(2)} = 111$ МПа; $\sigma_{(3)} = 191$ МПа; $\Delta = 24$ мм.

2.78. Дві поперечки з'єднані сталевими болтами ($d = 15$ мм), що утримують їх на відстані 200 мм одна від одної (рис. 2.58). Які сили F потрібно прикласти до поперечок, щоб між ними можна було вставити

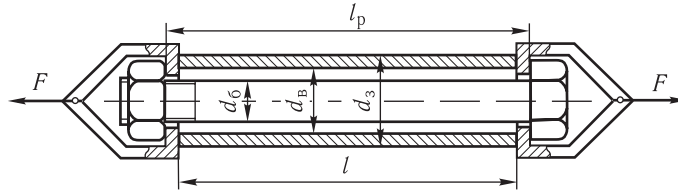


Рис. 2.59

мідний квадратний брусок завдовжки 200,25 мм? Які сили діятимуть у бруську і болтах після того, як сили F зникнуть? Взяти $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_m = 1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $F = 58\,875$ Н; $|N_m| = N_c = 33\,574$ Н.

2.79*. Сталевий болт стягує дві серги, між якими є алюмінієва труба завдовжки $l = 500$ мм (рис. 2.59). Діаметр стрижня болта $d_6 = 20$ мм, довжина робочої частини болта $l_p = 550$ мм, внутрішній діаметр труби $d_в = 25$ мм, зовнішній $d_3 = 35$ мм. У результаті попереднього затягування болта в його стрижні виникли напруження 40 МПа. Обчислити напруження в болті й трубі після прикладання до серг зусиль $F = 15$ кН. Деформацією матеріалу серг знехтувати. Взяти $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_a = 1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_6 = 70,3$ МПа; $\sigma_{тр} = 15$ МПа.

2.80. За допомогою шести сталевих шпильок кришки гідравлічного циліндра притискуються до корпусу із зусиллям $F_0 = 40$ кН, зумовленим попереднім затягуванням гайок (рис. 2.60). Діаметр стрижня шпильок $d = 12$ мм, внутрішній діаметр циліндра $D = 80$ мм, товщина стінки $t = 7,5$ мм. Матеріал корпусу циліндра — сірий чавун. Обчислити напруження в шпильках і циліндрі після подання в циліндр мастила під тиском $p = 6$ МПа. Взяти $E_c = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_{ч} = 1,2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_{ш} = 74,1$ МПа; $\sigma_{ц} = -9,7$ МПа.

2.81*. На чавунне кільце, зовнішній діаметр якого 40 мм, товщина стінки 2 мм, надіто в гарячому стані сталеве кільце завтовшки 1 мм (рис. 2.61).

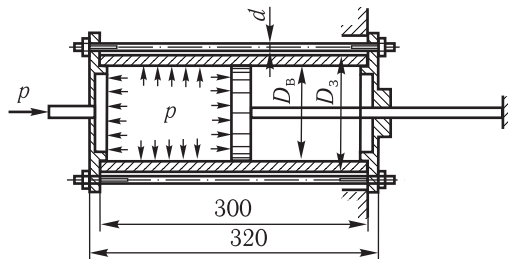


Рис. 2.60

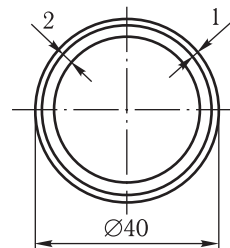


Рис. 2.61

Під час охолодження до нормальної температури в сталевому кільці виникли напруження розтягу 10 МПа. Знайти, які напруження виникнуть у чавунному кільці та який тиск p на його поверхню передається сталевим кільцем.

Відповідь: $\sigma_{\text{ч}} = -5$ МПа; $p = 0,5$ МПа.

2.3. Температурні й монтажні напруження в статично невизначуваних системах

2.82*. Жорсткий брус AB підтримують сталевий стрижень 1 площею перерізу $2 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$ і мідний стрижень 2 площею перерізу $8 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$ (рис. 2.62). Нехтуючи вагою бруса, визначити напруження в стрижнях, що виникають у разі підвищення температури конструкції на 60°C . Коефіцієнт температурного розширення сталі $\alpha_{\text{с}} = 1,25 \cdot 10^{-5}$, міді $\alpha_{\text{м}} = 1,65 \cdot 10^{-5}$. Модулі пружності матеріалів $E_{\text{с}} = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_{\text{м}} = 1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_{(1)} = 82$ МПа; $\sigma_{(2)} = -41$ МПа.

2.83. Жорстку балку, шарнірно прикріплену до стіни, підтримують два сталеві стрижні (рис. 2.63) Площа поперечного перерізу стрижня 1 становить 400 мм^2 , стрижня 2— 800 мм^2 . Після монтажу системи стрижень 2 нагрівається на Δt° . Визначити допустиме підвищення температури за умови, щоб напруження в стрижнях не перевищували $[\sigma] = 60$ МПа. Коефіцієнт температурного розширення сталі $\alpha = 1,25 \cdot 10^{-5}$, модуль пружності $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\Delta t \cong 43^\circ\text{C}$.

2.84. Обчислити напруження, що виникають у поперечних перерізах стрижнів, які підтримують жорстку балку (рис. 2.64), після нагрівання середнього мідного стрижня на $\Delta t = 50^\circ\text{C}$. Площа поперечного перерізу стрижнів $A = 100 \text{ мм}^2$. Взяти коефіцієнт температурного розширення міді $\alpha_{\text{м}} = 1,65 \cdot 10^{-5}$, модуль пружності сталі $E_{\text{с}} = 2 \cdot 10^5$ МПа, міді $E_{\text{м}} = 1 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $\sigma_{\text{м}} = -66$ МПа; $\sigma_{\text{с}} = 33$ МПа.

2.85*. Стрижнева система складається з двох мідних стрижнів 1 і 3 площею поперечного перерізу $A_{\text{м}} = 500 \text{ мм}^2$ кожний і одного сталевого стриж-

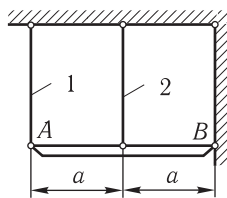


Рис. 2.62

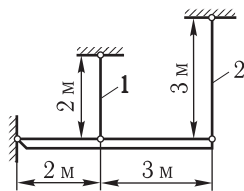


Рис. 2.63

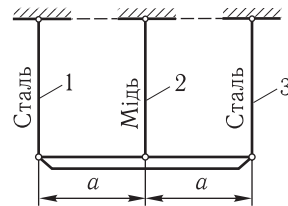


Рис. 2.64