

Рис. 5.116

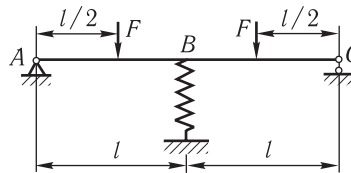


Рис. 5.117

5.133. Для балки, зображеної на рис. 5.116, побудувати епюри поперечних сил і згинальних моментів, підібрати двотавровий переріз за таблицею сортаменту. Визначити кути повороту перерізів на опорах. Взяти допустиме напруження $[\sigma]=140$ МПа і модуль пружності $E=2 \times 10^5$ МПа.

Відповідь: $M_{\max}=33,4$ кН·м (на відстані 1,3 м від опори A); двотавр № 22а; $\theta_A=0,00427$ рад; $\theta_B=-0,00349$ рад; $\theta_C=-0,00267$ рад.

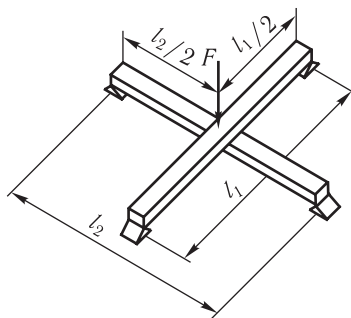


Рис. 5.118

5.134. Підібрати підатливість ϵ пружної опори B за умови, щоб згинальний момент M_B у перерізі на опорі B дорівнював нулю (рис. 5.117). Задано: жорсткість поперечного перерізу балки EI , довжина l .

$$\text{Відповідь: } \epsilon = \frac{l^3}{16EI}.$$

5.135. Дві перехресні балки завдовжки l_1 і l_2 навантажені посередині силою F (рис. 5.118). Знайти розподілення навантаження між балками. Моменти інерції перерізів балок відповідно I_1 і I_2 . Матеріал балок однаковий.

$$\text{Відповідь: } F_1 = F \frac{l_2^3 I_1}{l_2^3 I_1 + l_1^3 I_2}; \quad F_2 = F \frac{l_1^3 I_2}{l_2^3 I_1 + l_1^3 I_2}.$$

5.5. Розрахунок статично невизначуваних плоских рам

5.136. Розкрити статичну невизначуваність сталеві рами двотавровою перерізу, однакового на всіх ділянках рами, побудувати епюри поперечних сил, згинальних моментів і нормальних сил, підібрати номер двотавра і визначити величину кута повороту перерізу C. Рама має шарнір у перерізі D (рис. 5.119). Задано: $q=40$ кН/м; $l=5$ м; $a=4$ м; $c=3$ м; допустиме напруження $[\sigma]=160$ МПа; модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $H_A = H_B = 5,1$ кН; $M_A = -25,5$ кН·м; $R_A = 76,2$ кН; $R_B = 83,8$ кН; двотавр № 30а; $\theta_C = 0,0061$ рад.

5.137. Рама замкнутого контуру навантажена по довжині ригеля рівномірно розподіленим навантаженням інтенсивністю $q = 20$ кН/м (рис. 5.120). Розміри рами: $a = 5$ м; $2c = 6$ м. Розкрити статичну невизначуваність рами, вважаючи жорсткість усіх ділянок однаковою і постійною, побудувати епюри нормальних і поперечних сил та згинальних моментів, підібрати двотавровий переріз рами за $[\sigma] = 160$ МПа і визначити величину прогину посередині ригеля в точці C . Модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Відповідь: $R_A = R_B = 60$ кН; $H_A = 0$; $Q_C = 0$; $N_C = 9,4$ кН; $M_C = 50,1$ кН·м; $M_D = -39,9$ кН·м; $M_A = 7,11$ кН·м; двотавр № 24а; $w_C = 20,9$ мм.

5.138. Рами постійної жорсткості навантажені симетрично (рис. 5.121). Розкрити статичну невизначуваність рам, побудувати епюри нормальних і поперечних сил та згинальних моментів. Обчислити величину зміни відстаней між перерізами 1–1, 2–2 внаслідок деформації рам. Жорсткість поперечного перерізу EI .

Відповідь: див. табл. 5.12.

5.139. Раму навантажено симетрично двома силами F (рис. 5.122). Перерізи всіх ділянок рами однакові. Розкрити статичну невизначуваність і визначити нормальну силу N_3 і згинальний момент M_3 у ригелі, згинальний момент M_1 у нижніх кутах рами і M_4 на ділянці між силами F , підібрати двотавровий переріз рами з умови міцності. Задано: $F = 40$ кН; $l = 5$ м; $c = 3$ м; $a = 2$ м; допустиме напруження $[\sigma] = 160$ МПа.

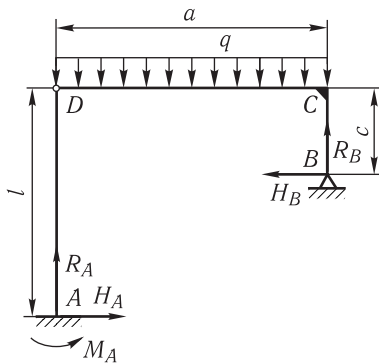


Рис. 5.119

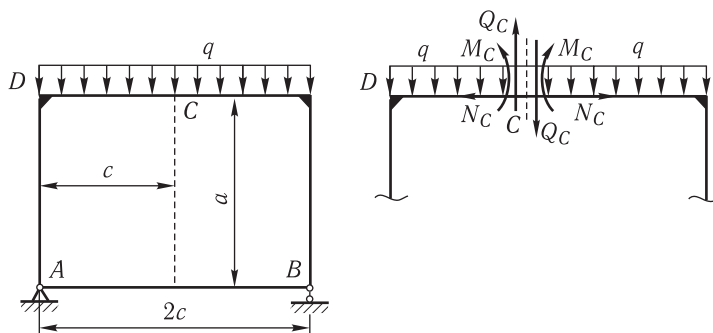


Рис. 5.120

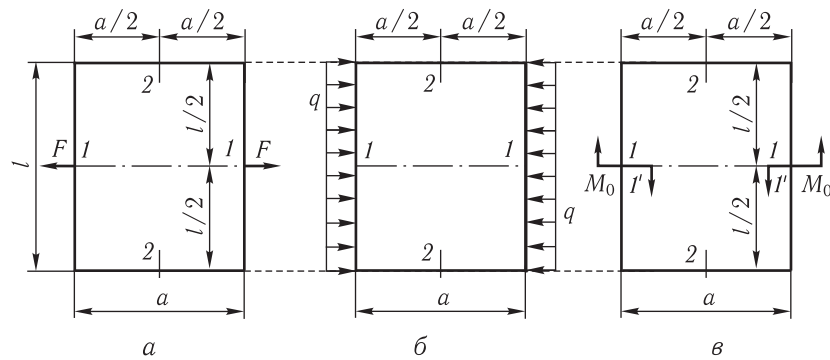


Рис. 5.121

Таблиця 5.12

Схема	N_2	M_1	M_2	$\Delta_{11}EI$	$\Delta_{22}EI$
a	$0,5F$	$\frac{Fl(l+2a)}{8(l+a)}$	$\frac{Fl^2}{8(l+a)}$	$\frac{Fl^3(l+4a)}{96(l+a)}$	$\frac{Fl^2a^2}{32(l+a)}$
б	$-0,5ql$	$\frac{ql^2(l+3a)}{24(l+a)}$	$-\frac{ql^3}{12(l+a)}$	$-\frac{ql^4(l+5a)}{192(l+a)}$	$\frac{ql^3a^2}{48(l+a)}$
в	$\mp \frac{2M_0(l+a)}{l(l+2a)}$	$\pm 0,5M_0$	$\pm \frac{M_0l}{2(l+2a)}$	0	0

Відповідь: $N_2 = -6,67$ кН; $M_2 = 4,76$ кН·м; $M_1 = 18,1$ кН·м; $M_4 = -21,9$ кН·м; $M_4 = -21,9$ кН·м; двотавр № 18.

5.140. Побудувати епюри згинальних моментів, поперечних і поздовжніх сил для плоскої рами, навантаженої в своїй площині (рис. 5.123). Визначити переміщення точки прикладання сили F . Жорсткість поперечного перерізу EI .

Відповідь: $M_{\max} = M_B = -0,308Fa$; $\Delta_F = 0,0565Fa^3/(EI)$.

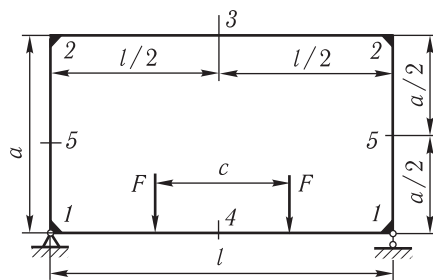


Рис. 5.122

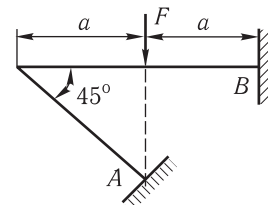


Рис. 5.123

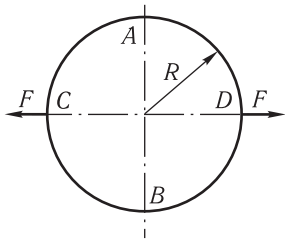


Рис. 5.124

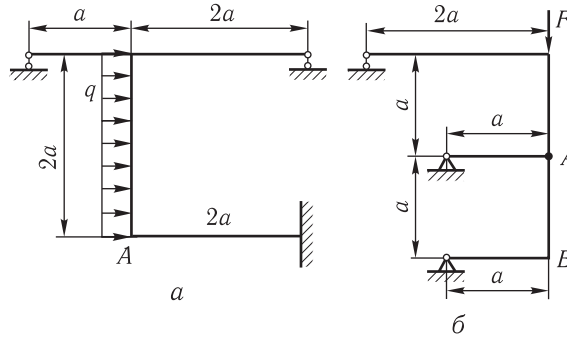


Рис. 5.125

5.141. Побудувати епюру згинальних моментів для круглого кільця, симетрично навантаженого двома силами, і визначити розходження точок C і D кільця (рис. 5.124). Жорсткість поперечного перерізу EI .

Відповідь: $M_{\max} = 0,324 FR$ (під силою F); $\Delta_{CD} = 0,149 \frac{FR^3}{EI}$.

5.142. Побудувати епюру згинальних моментів і визначити переміщення вузла A для трьохопорної рами (рис. 5.125). Жорсткість поперечного перерізу рами EI .

Відповідь: а) $M_{\max} = M_A = 1,08qa^2$, $\Delta_A = 0,134qa^4/(EI)$; б) $M_{\max} = 0,51Fa$ на ділянці AB біля вузла A , $\Delta_A = 0,25qa^4/(EI)$.

5.143. Побудувати епюру згинальних моментів і визначити кут повороту вузла A для двохопорної рами, що містить криволінійну ділянку у вигляді чверті кола (рис. 5.126). Жорсткість поперечного перерізу рами EI .

Відповідь: $M_{\max} = M_A = 0,667 Fa$; $\theta_A = 0,125 Fa^2/(EI)$.

5.144. Визначити положення опори A рами, зображеної на рис. 5.127, за якого реакція цієї опори є мінімальною.

Відповідь: $R_{A\min} = 0$; $x = \frac{2l}{3}$.

5.145. Шарнір A може передавати зусилля $Q = 40$ кН (рис. 5.128). Вважаючи $F = 20$ кН і $l = 0,5$ м, визначити найменший розмір a , за якого за-

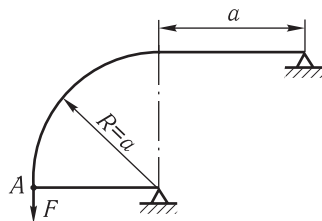


Рис. 5.126

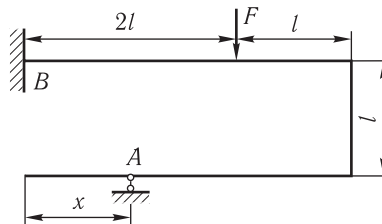


Рис. 5.127

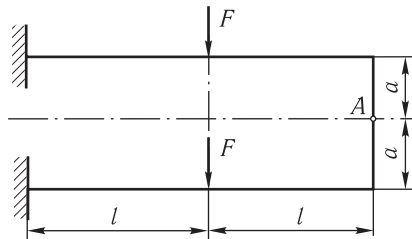


Рис. 5.128

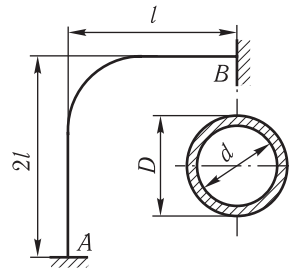


Рис. 5.129

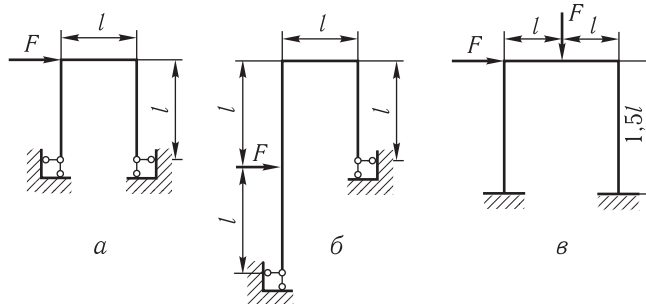


Рис. 5.130

безпечується міцність шарнірного з'єднання A . Згинальна жорсткість стрижнів рами однакова.

Відповідь: $a = 0,061$ м.

5.146. На ділянці мідного трубопроводу з жорсткозакріпленими фланцями A і B температура змінюється на 100° (рис. 5.129). Визначити найбільше напруження, що виникає в трубопроводі. Зовнішній діаметр труби $D = 20$ мм, внутрішній — $d = 14$ мм, $l = 0,2$ м.

Відповідь: $\sigma_{\max} = 70,1$ МПа.

5.147. Для рам, зображених на рис. 5.130, визначити навантаження, за якого вичерпується несівна здатність рами. Внутрішній граничний момент стрижнів $M_{\text{гр}}$ вважати відомим.

Відповідь: а) $F_{\text{гр}} = \frac{2M_{\text{гр}}}{l}$; б) $F_{\text{гр}} = \frac{2M_{\text{гр}}}{l}$; в) $F_{\text{гр}} = \frac{8M_{\text{гр}}}{3l}$.

5.6. Балки на пружній основі

5.148. Балка, що має моменти інерції $I = 1223 \cdot 10^{-8}$ м⁴ та опору $W = 180 \cdot 10^{-6}$ м³ поперечного перерізу, модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, довжину $l = 15$ м, лежить на суцільній пружній основі й навантажена