

Міністерство освіти і науки України
Відокремлений структурний підрозділ
«Любешівський технічний фаховий коледж
Луцького національного технічного університету»



ОПІР МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт
для здобувачів освіти
спеціальності 192 Будівництво і цивільна інженерія
освітньо-професійної програми «Будівництво та експлуатація будівель і
споруд»

денної форми навчання

До друку

Голова методичної ради ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ»

_____ Герасимик-Чернова Т.П.

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій коледжу

Бібліотекар _____ Демих М.М.

Затверджено методичною радою ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ»

протокол № _____ від «_____» _____ 2023 р.

Рекомендовано до видання на засіданні циклової методичної комісії викладачів
будівельних дисциплін

протокол № _____ від «_____» _____ 2023р.

Голова циклової методичної комісії _____ Данилік С.М.

Укладачі: _____ Герасимик-Чернова Т.П., викладач-методист

Рецензент: _____

Відповідальний за випуск: _____ Кузьмич Т.П., методист

Опір матеріалів: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт для здобувачів освіти спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОПП «Будівництво та експлуатація будівель і споруд»/уклад.: Т.П. Герасимик-Чернова, – Любешів: ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ», 2023. – 21 с.

Призначено для студентів спеціальності 192 «Будівництво і цивільна інженерія».

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Вимоги до виконання та оформлення роботи	5
Розрахунково-графічна робота № 1.....	6
РОЗТЯГ-СТИСК СТУПІНЧАСТОГО БРУСА.....	6
Розрахунково-графічна робота № 2.....	11
ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК НА ЗРІЗ ТА ЗМИНАННЯ.....	11
Розрахунково-графічна робота № 3.....	15
РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ПРИ ЗГИНІ ДВООПОРНОЇ БАЛКИ.....	15

ВСТУП

Дисципліна «Опір матеріалів» – наука про міцність, жорсткість та стійкість елементів конструкцій.

Найбільші труднощі при вивченні курсу студентами пов'язані з розв'язуванням задач. Водночас практична частина найбільшою мірою сприяє ефективному засвоєнню матеріалів, а також розвитку мислення, набуванню навичок розрахунку елементів конструкцій на міцність, жорсткість та стійкість. Методичні вказівки містять завдання до виконання семестрових розрахунково-графічних робіт, розроблені відповідно до вимог програми курсу і охоплюють його основні розділи. Вони розроблені з метою ефективного використання кредитно трансферно-накопичувальної системи у навчальному процесі шляхом організації самостійної роботи студентів для формування у них ґрунтовних знань, умінь і навичок при вивченні курсу «Опір матеріалів».

ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

Індивідуальна розрахунково-графічна робота (РГР) виконується згідно варіантів.

Також при виконанні розрахунково-графічної роботи необхідно дотримуватися таких вимог:

1. РГР виконується на окремих листках формату А4.
2. На першій сторінці вказати назву коледжу, циклової комісії, номер групи, назву предмету, прізвище та ініціали.
3. Слід подати умову задачі з числовими даними, зобразити схему конструктивного елемента (олівцем) і вказати на ній всі вихідні дані.
4. Розрахунок слід супроводжувати необхідними короткими поясненнями, рисунками, епюрами.
5. Розміщувати епюри зусиль на одному аркуші з розрахунковою схемою. На епюрах вказувати числові значення.

Якщо індивідуальна розрахунково-графічна робота не відповідає цим вимогам, то вона не зараховується.

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА № 1

РОЗТЯГ-СТИСК БРУСА

Завдання для виконання

Для ступінчастого стержня ($E = 2 \cdot 10^5$ МПа) зображеного на рис.1.1, необхідно визначити:

- а) осьові зусилля на його довжині та побудувати епюру поздовжніх сил;
- б) нормальні напруження у поперечних перерізах і побудувати епюру нормальних напружень;
- в) нормальне і дотичне напруження у небезпечному перерізі на площадці розташованій під кутом α .
- г) повне переміщення вільного кінця стержня.

Дані для розрахунку вибрати з таблиці 1.

Таблиця 1

Варіант	№ схеми	P , кН	$A_1 \cdot 10^{-3}$, м ²	$A_2 \cdot 10^{-3}$, м ²	$A_3 \cdot 10^{-3}$, м ²	a , м	b , м	c , м	α , °
1	1	5	1.0	1.2	1.0	0.20	0.15	0.25	10
2	2	5.5	1.1	1.3	1.5	0.25	0.20	0.30	15
3	3	6	1.2	1.4	1.6	0.30	0.25	0.35	20
4	4	7	1.3	1.5	1.7	0.35	0.30	0.40	25
5	5	10	1.4	1.6	1.8	0.40	0.35	0.45	30
6	6	4	1.5	1.7	1.9	0.45	0.40	0.50	35
7	7	20	1.6	1.8	2.0	0.50	0.45	0.55	40
8	8	17	1.7	1.9	2.1	0.55	0.50	0.60	45
9	9	8	1.8	2.0	2.2	0.60	0.55	0.65	50
10	10	4	1.9	2.1	2.3	0.65	0.60	0.70	55
11	11	4.5	2.0	2.2	2.4	0.70	0.65	0.75	60
12	12	3	2.1	2.3	2.5	0.20	0.15	0.25	65
13	13	3.5	2.2	2.4	2.6	0.25	0.20	0.30	70
14	14	2	2.3	2.5	2.7	0.30	0.25	0.35	75
15	15	9	2.4	2.6	2.8	0.35	0.30	0.40	80
16	16	11	2.5	2.7	2.9	0.40	0.35	0.45	85
17	1	6	1.5	1.7	1.9	0.45	0.40	0.50	10
18	2	7	1.6	1.8	2.0	0.50	0.45	0.55	15
19	3	5	1.7	1.9	2.1	0.55	0.50	0.60	20
20	4	7	1.8	2.0	2.2	0.60	0.55	0.65	25
21	5	10	1.9	2.1	2.3	0.65	0.60	0.70	30
22	6	4	2.1	2.3	2.5	0.70	0.65	0.75	35
23	7	8	2.2	2.4	2.6	0.20	0.15	0.25	40
24	8	9	1.1	1.3	1.5	0.25	0.20	0.30	45
25	9	5	1.2	1.4	1.6	0.30	0.25	0.35	50
26	10	15	1.6	1.8	2.0	0.35	0.30	0.40	55

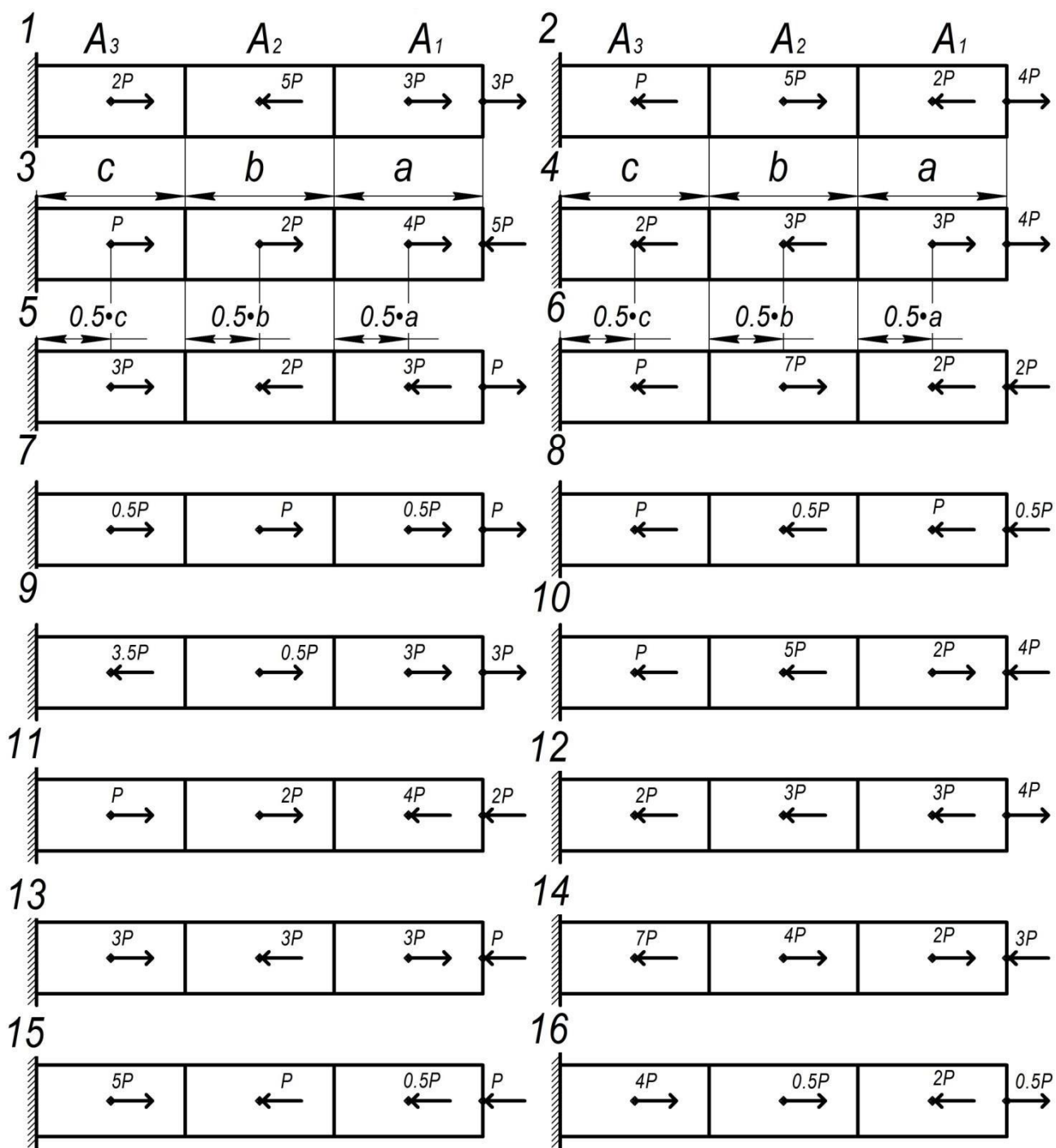


Рис. 1.1. Ступінчатий брус

Приклад розв'язання

а) Осьові зусилля на його довжині та побудувати епюру поздовжніх сил.

Для побудови епюри поздовжніх сил (N) поділяємо стержень на VI ділянок (рис. 1.2а). Для визначення N достатньо було б 4 ділянки, але для визначень напружень потрібно 6. Користуючись методом перерізів, визначаємо значення N на цих ділянках (знак “-” вказує, що поздовжня сила N спричиняє стиск на відповідній ділянці):

$$\begin{aligned} N_I &= 10 \text{ кН} && \text{— ділянка I;} \\ N_{II} &= 10 \text{ кН} + 5 \text{ кН} = 15 \text{ кН} && \text{— ділянка II;} \\ N_{III} &= 10 \text{ кН} + 5 \text{ кН} = 15 \text{ кН} && \text{— ділянка III;} \\ N_{IV} &= 10 \text{ кН} + 5 \text{ кН} - 20 \text{ кН} = -5 \text{ кН} && \text{— ділянка IV} \\ N_V &= 10 \text{ кН} + 5 \text{ кН} - 20 \text{ кН} = -5 \text{ кН} && \text{— ділянка V;} \\ N_{VI} &= 10 \text{ кН} + 5 \text{ кН} - 20 \text{ кН} + 20 \text{ кН} = 15 \text{ кН} && \text{— ділянка VI.} \end{aligned}$$

За отриманими значеннями будуємо епюру поздовжніх сил (рис. 1.2б).

б) Нормальні напруження у поперечних перерізах і побудувати епюру нормальних напружень.

Для того, щоб визначити нормальні напруження (знак “-” вказує, що нормальне напруження є стискаюче на відповідній ділянці) на окремих ділянках, потрібно значення поздовжніх сил на цих відрізках поділити на площі відповідних поперечних перерізів ($A_1=4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $A_2=2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $A_3=5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$):

$$\begin{aligned} \sigma_I &= \frac{N_I}{A_1} = \frac{10 \text{ кН}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = \frac{10\,000 \text{ Н}}{400 \text{ мм}^2} = 25 \text{ МПа} && \text{— ділянка I;} \\ \sigma_{II} &= \frac{N_{II}}{A_1} = \frac{15 \text{ кН}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = \frac{15\,000 \text{ Н}}{400 \text{ мм}^2} = 37,5 \text{ МПа} && \text{— ділянка II;} \\ \sigma_{III} &= \frac{N_{III}}{A_2} = \frac{15 \text{ кН}}{2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = \frac{15\,000 \text{ Н}}{200 \text{ мм}^2} = 75 \text{ МПа} && \text{— ділянка III;} \\ \sigma_{IV} &= \frac{N_{IV}}{A_2} = \frac{-5 \text{ кН}}{2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = \frac{-5\,000 \text{ Н}}{200 \text{ мм}^2} = -25 \text{ МПа} && \text{— ділянка IV;} \\ \sigma_V &= \frac{N_V}{A_3} = \frac{-5 \text{ кН}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = \frac{-5\,000 \text{ Н}}{500 \text{ мм}^2} = -10 \text{ МПа} && \text{— ділянка V;} \\ \sigma_{VI} &= \frac{N_{VI}}{A_3} = \frac{15 \text{ кН}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = \frac{15\,000 \text{ Н}}{500 \text{ мм}^2} = 30 \text{ МПа} && \text{— ділянка VI;} \end{aligned}$$

За отриманими значеннями будуємо епюру нормальних напружень (рис. 1.2в).

в) нормальне і дотичне напруження у небезпечному перерізі на площадці розташованій під кутом α° .

Визначаємо нормальні та дотичні напруження (рис. 1.3) на ділянці небезпечного перерізу під кутом $\alpha=60^\circ$:

$$\sigma_\alpha = \sigma_{\max} \cos^2 \alpha = 75 \text{ МПа} \cdot \cos^2 60^\circ = 75 \text{ МПа} \cdot 0,25 = 18,75 \text{ МПа};$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_{\max}}{2} \sin 2\alpha = \frac{75 \text{ МПа}}{2} \cdot \sin 2(60^\circ) = 37,5 \text{ МПа} \cdot 0,87 = 32,63 \text{ МПа};$$

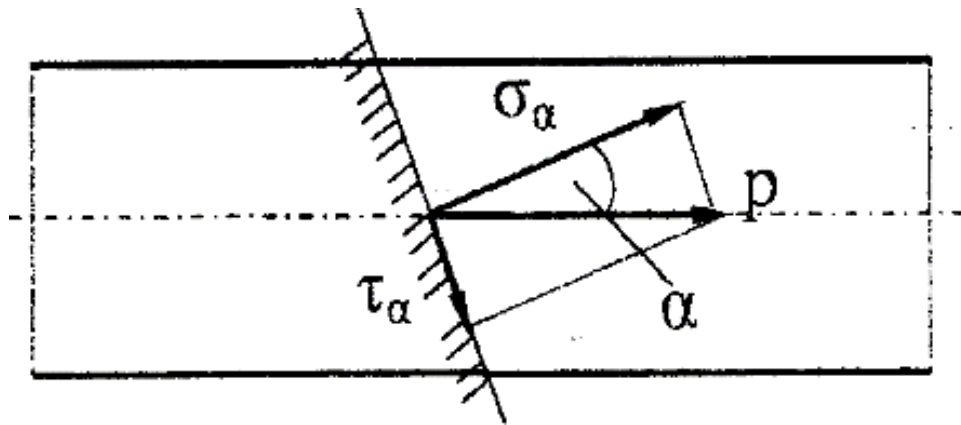


Рис. 1.3. Напруження в похилих перерізах

г) Повне переміщення вільного кінця стержня ($l_1=0,6$ м; $l_2=0,7$ м; $l_3=0,5$ м; $l_4=0,7$ м; $l_5=0,8$ м; $l_6=0,5$ м;).

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4 + \Delta l_5 + \Delta l_6$$

$$\Delta l_1 = \sigma_{I E} \frac{l_1}{E} = 25 \text{ МПа} \cdot \frac{0,6 \text{ м}}{2 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 0,075 \text{ мм} \quad \text{— ділянка I;}$$

$$\Delta l_2 = \sigma_{II E} \frac{l_2}{E} = 37,5 \text{ МПа} \cdot \frac{0,7 \text{ м}}{2 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = 0,131 \text{ мм} \quad \text{— ділянка II;}$$

$$\Delta l_3 = \sigma_{III E} \frac{l_3}{E} = 75 \text{ МПа} \cdot \frac{0,5 \text{ м}}{2 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = 0,188 \text{ мм} \quad \text{— ділянка III;}$$

$$\Delta l_4 = \sigma_{IV E} \frac{l_4}{E} = -25 \text{ МПа} \cdot \frac{0,7 \text{ м}}{2 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = -0,088 \text{ мм} \quad \text{— ділянка IV;}$$

$$\Delta l_5 = \sigma_{V E} \frac{l_5}{E} = -10 \text{ МПа} \cdot \frac{0,8 \text{ м}}{2 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = -0,04 \text{ мм} \quad \text{— ділянка V;}$$

$$\Delta l_6 = \sigma_{VI E} \frac{l_6}{E} = 30 \text{ МПа} \cdot \frac{0,5 \text{ м}}{2 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = 0,075 \text{ мм} \quad \text{— ділянка VI;}$$

$$\Delta l = 0,075 + 0,131 + 0,188 - 0,088 - 0,04 + 0,075 = 0,341 \text{ мм}$$

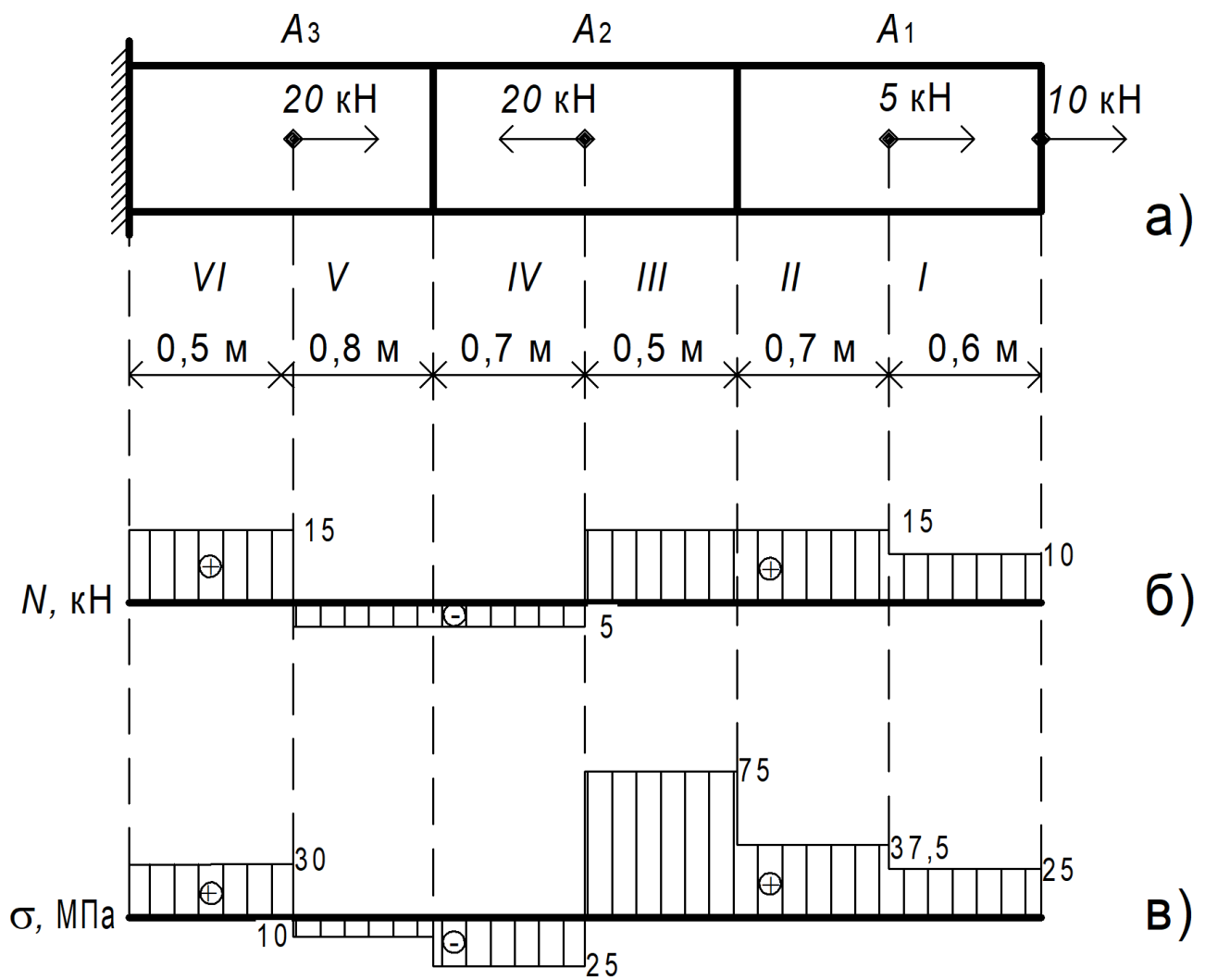


Рис. 1.2. Стержень з ділянками – а); епюра поздовжніх сил – б);
та епюра нормальних напружень –в)

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА № 2

ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК НА ЗРІЗ ТА ЗМИНАННЯ

а) Провести проектний розрахунок заклепкового з'єднання, визначивши діаметр заклепок з умов міцності на зріз та зминання (рис. 3), якщо $[\sigma_p]=160$ МПа, $[\tau_{зр}]=100$ МПа, $[\sigma_{зм}]=160$ МПа.

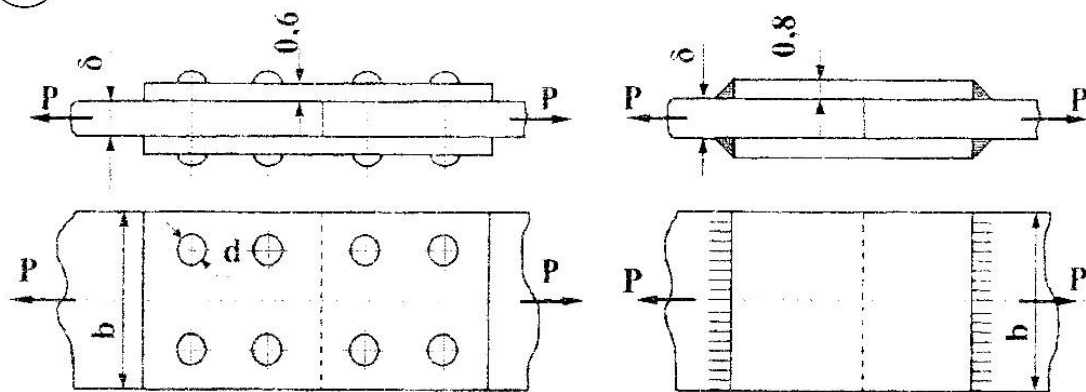
б) Провести проектний розрахунок заклепкового з'єднання, визначивши діаметр заклепок з умов міцності на зріз та зминання (рис. 3), якщо $[\sigma_p]=160$ МПа, $[\tau_{зр}]=100$ МПа, $[\sigma_{зм}]=160$ МПа.

Дані для розрахунку вибрати з таблиці 3, враховуючи, що $a = 2\delta$

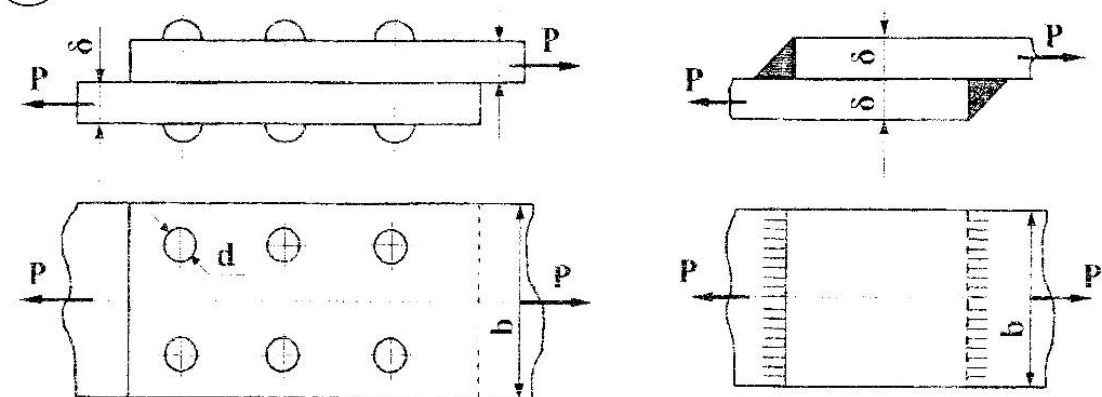
Таблиця 3

Варіант	Схема	P , кН	$b \cdot \delta$, мм	№ швелера
1.	1	50	200·8	-
2.	1	45	180·8	-
3.	1	35	240·10	-
4.	1	55	220·12	-
5.	1	65	260·12	-
6.	1	62	250·12	-
7.	1	70	280·10	-
8.	1	75	300·10	-
9.	2	45	180·8	-
10.	2	50	210·8	-
11.	2	52	230·10	-
12.	2	60	240·10	-
13.	2	62	250·12	-
14.	2	70	280·12	-
15.	2	75	300·12	-
16.	2	82	330·12	-
17.	3	100	-	14
18.	3	105	-	16
19.	3	110	-	18
20.	3	115	-	18a
21.	3	120	-	20
22.	3	125	-	22
23.	3	125	-	22a
24.	3	150	-	24
25.	1	55	180·8	-
26.	1	70	200·8	-

①



②



③

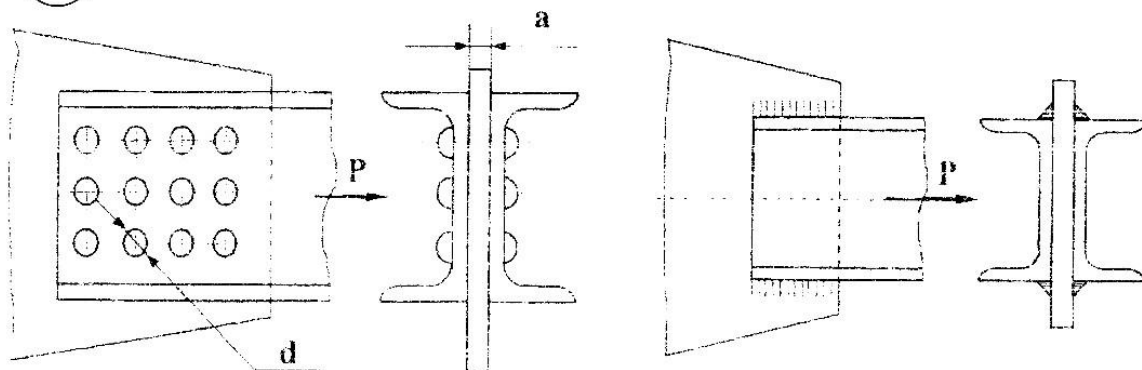


Рис. 3. Заклепкові з'єднання

Приклад розв'язання

Перевірити міцність заклепкового з'єднання (рис.3, схема 1), визначивши діаметр заклепок з умов міцності на зріз та зминання, якщо $[\sigma_p]=160$ МПа, $[\tau_{зр}]=100$ МПа, $[\sigma_{зм}]=160$ МПа $P = 45$ кН, $b \cdot \delta = 200 \cdot 8$ мм, $d = 20$ мм.

Обчислюємо напруження у листах по ослабленому перерізу. Попередньо обчислюємо площу нетто (A_n) перерізу:

$$A_n = b \cdot \delta - d \cdot n_1 \cdot \delta = 200 \cdot 8 - 20 \cdot 2 \cdot 8 = 1280 \text{ мм}^2,$$

де n_1 - число заклепок в ослабленому перерізу.

$$\text{Тоді } \sigma_p = \frac{P}{A_n} = \frac{45 \cdot 10^3 \text{ Н}}{1280 \text{ мм}^2} \approx 35,16 \text{ МПа} < [\sigma_p].$$

Перевіряємо міцність заклепок на зріз, враховуючи, що заклепки двозрізні ($i=2$):

$$\tau_{зр} = \frac{P}{A_{зр}} = \frac{4 \cdot P}{i n \pi d^2} = \frac{4 \cdot 45 \cdot 10^3 \text{ Н}}{2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot (20^2 \text{ мм}^2)} \approx 17,90 \text{ МПа} < [\tau_{зр}],$$

тут n – число заклепок з одного боку.

Перевіряємо міцність заклепкового з'єднання на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{P}{n d \delta_{\min}} = \frac{45 \cdot 10^3 \text{ Н}}{4 \cdot 20 \text{ мм} \cdot 8 \text{ мм} \cdot 0,6} \approx 117,19 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}].$$

Отже міцність з'єднання забезпечена.

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА № 3

РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ПРИ ЗГІНІ ДВООПОРНОЇ БАЛКИ

Для заданої балки (рис. 5.1) необхідно:

а) побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів;

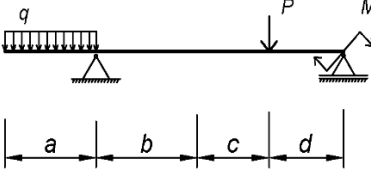
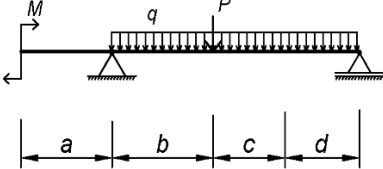
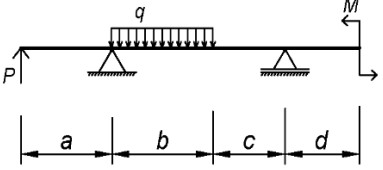
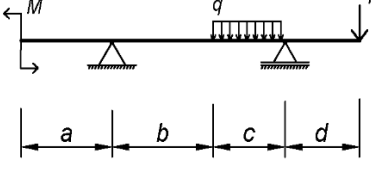
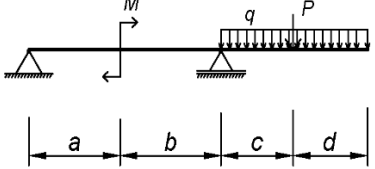
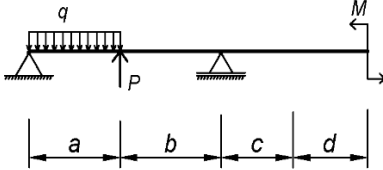
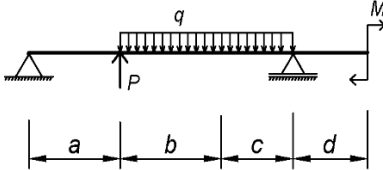
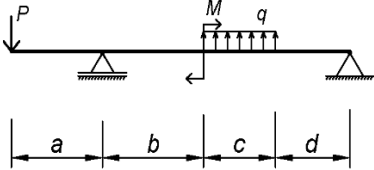
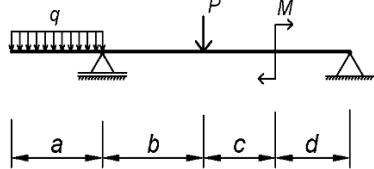
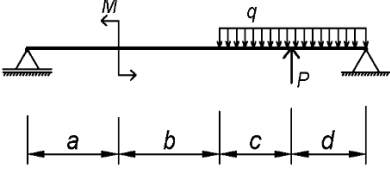
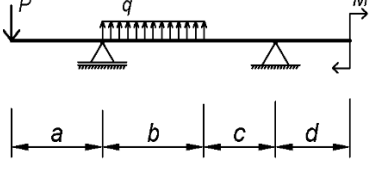
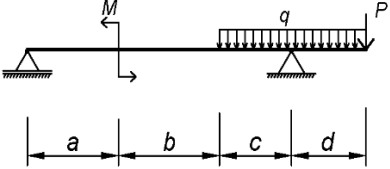
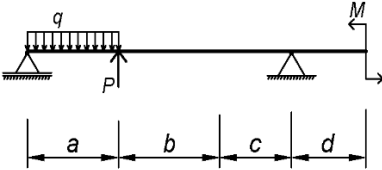
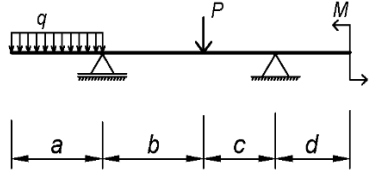
б) із розрахунків на міцність підібрати двотавровий, круглий і прямокутний перерізи, прийнявши $b/h = 0.5$;

в) порівняти масу одного довжини кожного профілю, якщо матеріал балки – сталь, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, $[\sigma_{зг}] = 160$ МПа.

Дані вибрати з таблиці 5.

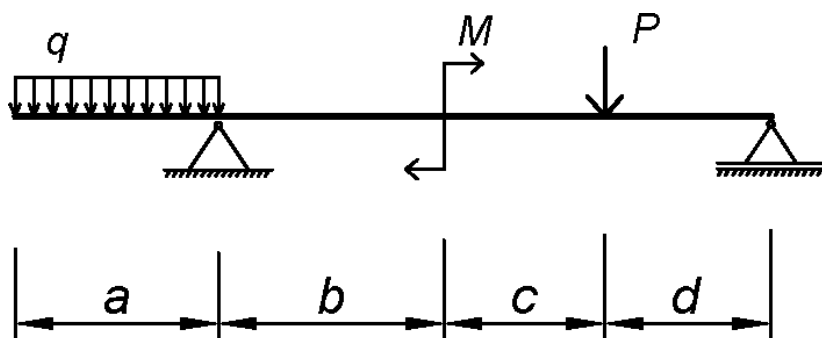
Таблиця 5

Варіант	Схема	P , кН	M , кН·м	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	d , м
1	1	7	12	3	0,5	0,9	0,4	0,8
2	2	8	13	4	0,8	0,6	0,7	0,5
3	3	7	14	5	0,6	0,9	0,4	0,5
4	4	9	15	6	0,7	0,4	0,9	0,8
5	5	10	16	7	0,6	0,8	0,5	0,9
6	6	11	17	8	0,7	0,5	0,6	0,5
7	7	12	18	9	0,9	0,8	0,7	0,6
8	8	11	19	10	0,9	0,7	0,7	0,8
9	9	10	20	9	0,7	1,0	0,4	0,8
10	10	9	21	8	1,0	0,5	0,9	0,6
11	11	8	20	7	0,6	0,3	0,4	0,4
12	12	7	19	6	1,0	0,5	0,6	0,1
13	13	8	18	5	0,6	0,4	0,9	0,5
14	14	9	17	4	0,7	0,9	0,5	0,6
15	1	10	16	3	0,8	0,5	0,8	0,6
16	2	11	15	5	0,5	0,8	0,4	0,5
17	3	20	25	25	1	0,9	0,8	0,7
18	4	25	30	20	0,7	0,8	0,9	1
19	5	30	25	15	0,7	1	0,8	0,9
20	6	21	14	24	0,9	0,8	1	0,7
21	7	22	23	23	0,6	1,0	0,9	0,8
22	8	27	20	24	1	0,9	1,1	0,5
23	9	26	11	14	0,5	0,6	0,7	1,1
24	10	22	12	16	1,1	0,8	0,9	0,7
25	11	21	13	17	0,8	1,1	0,9	0,7
26	12	23	14	18	0,5	0,4	0,8	1,1

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

Приклад розв'язання

Для заданої балки (рис. 5.2) необхідно:



$$\begin{aligned} M &= 20 \text{ кН}\cdot\text{м}; P = 30 \text{ кН}; \\ q &= 15 \text{ кН/м}; \\ a &= 1 \text{ м}; b = 1,2; c = 0,8 \\ &\text{м}; d = 1 \text{ м} \end{aligned}$$

Рис. 5.2. Двохопорна балка

а) побудувати епюри поперечних сил та згинальних моментів;

Для побудови епюр поперечних сил та згинальних моментів потрібно спочатку визначити опорні реакції балки, замінивши опори відповідними реакціями (рис. 5.3а) та записавши статичні умови рівноваги плоскої системи сил.

$$\sum M_A = 0; -q \cdot a \left(\frac{1}{2} a \right) + M + P(c + b) - R_B(b + c + d) = 0, \text{ звідки}$$

$$R_B = \frac{-q \cdot a \left(\frac{1}{2} a \right) + M + P(c + b)}{b + c + d} = \frac{-15 \text{ кН/м} \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м} + 20 \text{ кНм} + 30 \text{ кН} \cdot 2 \text{ м}}{3} = 24,17 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = 0; -q \cdot a \left(\frac{1}{2} a + b + c + d \right) + M - P d + R_A(b + c + d) = 0, \text{ звідки}$$

$$R_A = \frac{q \cdot a \left(\frac{1}{2} a + b + c + d \right) - M + P d}{b + c + d} = \frac{15 \text{ кН/м} \cdot 1 \text{ м} \cdot 3,5 \text{ м} - 20 \text{ кНм} + 30 \text{ кН} \cdot 1 \text{ м}}{3} = 20,83 \text{ кН}$$

Для перевірки записуємо рівняння суми проекцій всіх сил на вертикальну вісь:

$$\sum Y = R_A + R_B - P - q \cdot a = 20,83 \text{ кН} + 24,17 \text{ кН} - 30 \text{ кН} - 15 \text{ кН/м} \cdot 1 \text{ м} = 0.$$

Отже реакції опор R_A та R_B визначені правильно.

Розбиваємо балку на 4-и ділянки і визначаємо поперечні сили та згинальні моменти на них.

Ділянка I. $0 \leq x_1 \leq a$.

Значення поперечної сили, $Q_I = -q \cdot x_1$

При $x_1 = 0$, $Q_I = 0$.

При $x_1 = a$; $Q_I = -15 \text{ кН/м} \cdot 1 \text{ м} = -15 \text{ кН}$.

Значення згинального моменту, $M_I = -\frac{1}{2} q \cdot x_1^2$

При $x_1 = 0$, $M_I = 0$;

При $x_1 = a$; $M_I = -\frac{1}{2} 15 \text{ кН/м} \cdot 1 \text{ м}^2 = -7,5 \text{ кНм}$.

Ділянка II. $a \leq x_2 \leq (a+b)$.

Значення поперечної сили, $Q_{II} = -q \cdot a + R_A$

При $x_2 = a$; $Q_{II} = -15 \text{ кН}$;

При $x_2 = a+b$; $Q_{II} = -15 \text{ кН} + 20,83 \text{ кН} = 5,83 \text{ кН}$.

Значення згинального моменту, $M_{II} = -q \cdot a \left(\frac{1}{2} a + x_2 - a \right) + R_A (x_2 - a)$

При $x_2 = a$, $M_{II} = -7,5 \text{ кНм}$;

При $x_2 = a+b$; $M_{II} = -15 \text{ кН/м} \cdot 1 \text{ м} \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \text{ м} + 1,2 \text{ м} \right) + 20,83 \text{ кН} \cdot 1,2 \text{ м} = -0,5 \text{ кНм}$.

Ділянка III. $(a+b) \leq x_3 \leq (a+b+c)$.

Значення поперечної сили, $Q_{III} = -q \cdot a + R_A$

При $x_3 = a+b$; $Q_{III} = 5,83 \text{ кН}$;

При $x_3 = a+b+c$; $Q_{III} = 5,83 \text{ кН}$.

Значення згинального моменту, $M_{III} = -q \cdot a \left(\frac{1}{2} a + x_3 - a \right) + R_A (x_3 - a) + M$

При $x_3 = a+b$,

$M_{III} = -15 \text{ кН/м} \cdot 1 \text{ м} \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \text{ м} + 1,2 \text{ м} \right) + 20,83 \text{ кН} \cdot 1,2 \text{ м} + 20 \text{ кНм} = 19,5 \text{ кНм}$;

При $x_3 = a+b+c$;

$M_{III} = -15 \text{ кН/м} \cdot 1 \text{ м} \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \text{ м} + 2 \text{ м} \right) + 20,83 \text{ кН} \cdot 2 \text{ м} + 20 \text{ кНм} = 24,17 \text{ кНм}$.

Ділянка IV. $0 \leq x_4 \leq d$.

Для спрощення розрахунків розглянемо балку з правої сторони, тобто x_4 відкладаємо від опори в точці В.

Значення поперечної сили, $Q_{IV} = -R_B$

При $x_4 = 0$; $Q_{IV} = -24,17 \text{ кН}$;

При $x_4 = d$; $Q_{IV} = -24,17 \text{ кН}$.

Значення згинального моменту, $M_{IV} = R_B x_4$

При $x_4 = 0$; $M_{IV} = 0$ кНм;

При $x_4 = 0$; $M_{IV} = 24,17$ кНм;

За отриманими значеннями будуємо епюри поперечних сил (рис. 5.3б) та моментів (рис. 5.3в). Значення моментів відкладаємо з боку розтягнутих волокон.

Отже, у небезпечному перерізі діє максимальний згинальний момент $M_{зг \max} = 24,17$ кНм.

б) із розрахунків на міцність підібрати двотавровий, круглий і прямокутний перерізи, прийнявши $b/h = 0,5$;

Для двотаврового перерізу

Визначаємо необхідний момент опору балки з умови міцності її при згині.

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг \max}}{W_y} \leq [\sigma_{зг}]$$

$$W_y = \frac{M_{зг \max}}{[\sigma_{зг}]} = \frac{24,17 \times 10^3}{160 \times 10^6} = 151 \times 10^{-6} \text{ м}^3 = 151 \text{ см}^3$$

За стандартом вибираємо двотавр №18а, де $W_y = 159 \text{ см}^3$, площа поперечного перерізу двотавра

$$A_{дв} = 25,4 \text{ см}^2.$$

Для круглого перерізу $W_y = \frac{\pi d^3}{32}$,

$$\text{Отже діаметр перерізу } d \geq \sqrt[3]{\frac{32 W_{y \min}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \times 151}{\pi}} = 11,5 \text{ см}$$

Приймаємо $d = 12$ см.

Площа поперечного перерізу круга $A_{кр} = \frac{\pi d^2}{4}$;

$$A_{кр} = 113 \text{ см}^2$$

Для прямокутного перерізу $W_y = \frac{bh^2}{6}$,

$$\text{Отже діаметр перерізу } h \geq \sqrt[3]{12 W_{y \min}} = \sqrt[3]{12 \times 151} = 12,2 \text{ см } b = 6,1 \text{ см.}$$

Площа поперечного перерізу $A_{пр} = b \cdot h$;

$$A_{пр} = 74,42 \text{ см}^2$$

в) порівняти масу одного довжини кожного профілю, якщо матеріал балки – сталь, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, $[\sigma_{зг}] = 160$ МПа.

Маса метра довжини кожного профілю будуть пропорційні відношенню площ поперечних перерізів, тобто:

$$G_{кр} : G_{пр} : G_{дв} = A_{кр} : A_{пр} : A_{дв} = 113 : 74,42 : 25,4 = 4,45 : 2,93 : 1.$$

Маса одного метра балки двотаврового перерізу буде легша від одного метра круглого перерізу у 4,45 рази, а від одного метра прямокутного перерізу у 2,93 рази.

Найбільш доцільний поперечний переріз для деформації згину – двотавровий.

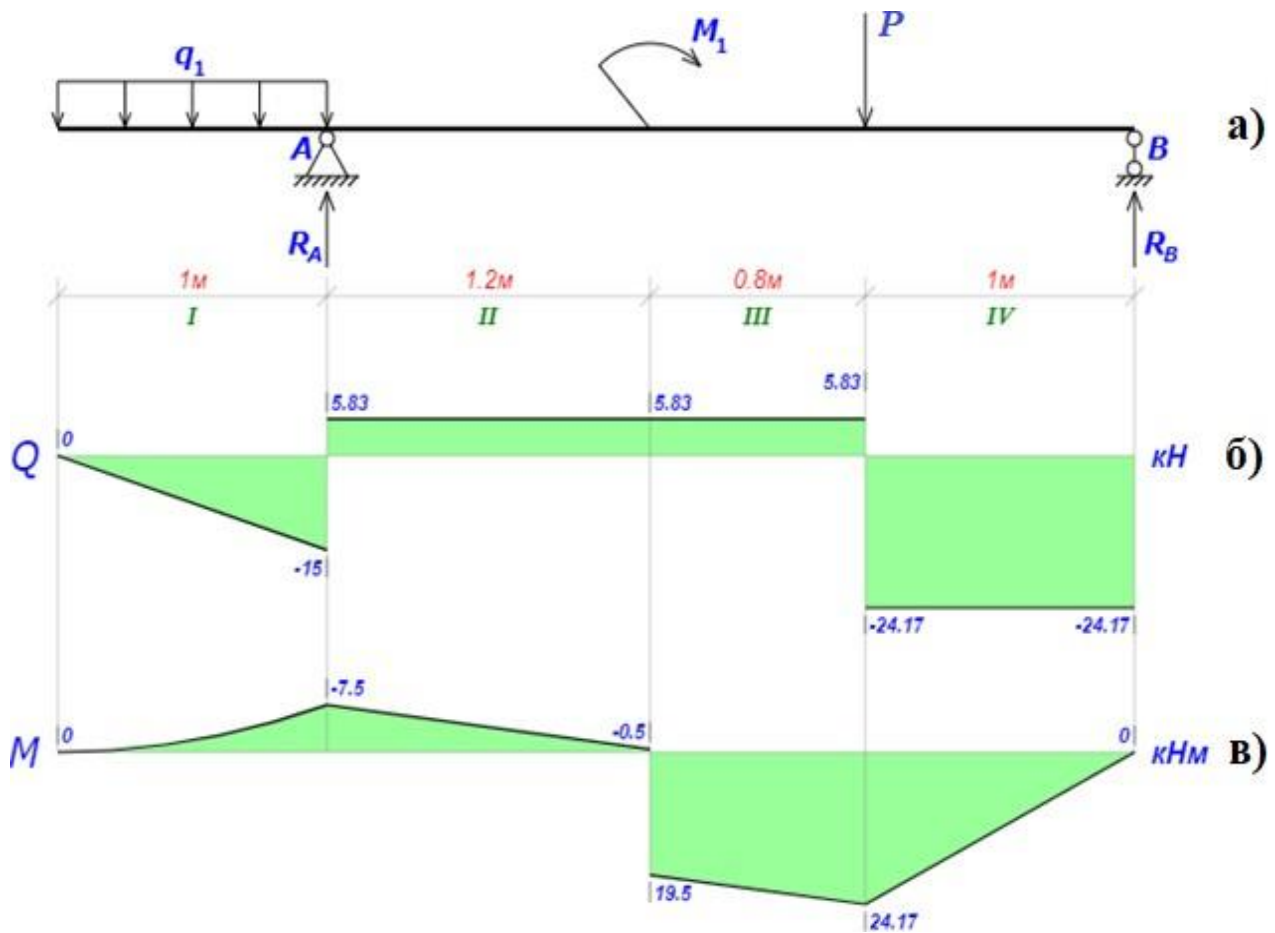


Рис. 5.3. Балка з реакціям опор – а); епюра поперечних сил –б); епюра згинальних моментів – в)

[illegible]

ЛІТЕРАТУРА

1. Шваб'юк В.І. Опір матеріалів: Підручник. – К.: Знання, 2016. — 400 с.
2. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів. – К.: Вища школа. 2004. – 655с.
3. Дяченко С.С. Фізичні основи міцності та пластичності металів: Навч. посібник – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2003. – 226 с.
4. Опір матеріалів. Розрахункові роботи. Ковтун В.В., Павлов В.С., Дорофєєв О.А. //Навчальний посібник. – Львів: «Афіша». 2002. – 280 с.

Опір матеріалів: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт для здобувачів освіти спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОПП «Будівництво та експлуатація будівель і споруд»/уклад.: Т.П. Герасимик-Чернова, – Любешів: ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ», 2023. – 21 с.

Комп'ютерний набір і верстка: Т.П. Герасимик-Чернова

Редактор: Т.П. Герасимик-Чернова

Підп. до друку _____ 2023 р. Формат А4.
Папір офіс. Гарн. Таймс. Умов. друк. арк. _____
Обл. вид. арк. _____ Тираж 15 прим.