

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з курсу
"Будівельна механіка" ч.1
(для здобувачів вищої освіти спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»)
(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри будівництва,
урбаністики та просторового
планування
Протокол № 6 від 30.01.2024р.

Київ 2024

УДК 624.04

Методичні вказівки до практичних занять з курсу: "Будівельна механіка" ч.1 (для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія») (Електронне видання)/ Уклад.: Медвідь І.І. – Северодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024. – 18с

Дані методичні вказівки є одним із складових елементів навчально-методичного забезпечення з курсу «Будівельна механіка».

У вказівках розглянуті приклади розв'язання розрахунково – графічних завдань будівельної механіки, даються рекомендації з розрахунку основних будівельних конструкцій.

Укладач: І.І.Медвідь – доцент.

Рецензент: Н.І. Білошицька . – доцент.

ЗМІСТ

1. Розрахунок багато прольотної статично визначуваної балки на нерухоме та рухоме навантаження.....	4
Додаток.....	11
Література.....	16

1. Розрахунок багаторольотної статично визначуваної балки на нерухоме та рухоме навантаження.

На рис. 1а наводиться схема багаторольотної балки, яку необхідно розрахувати на нерухоме і рухоме навантаження.

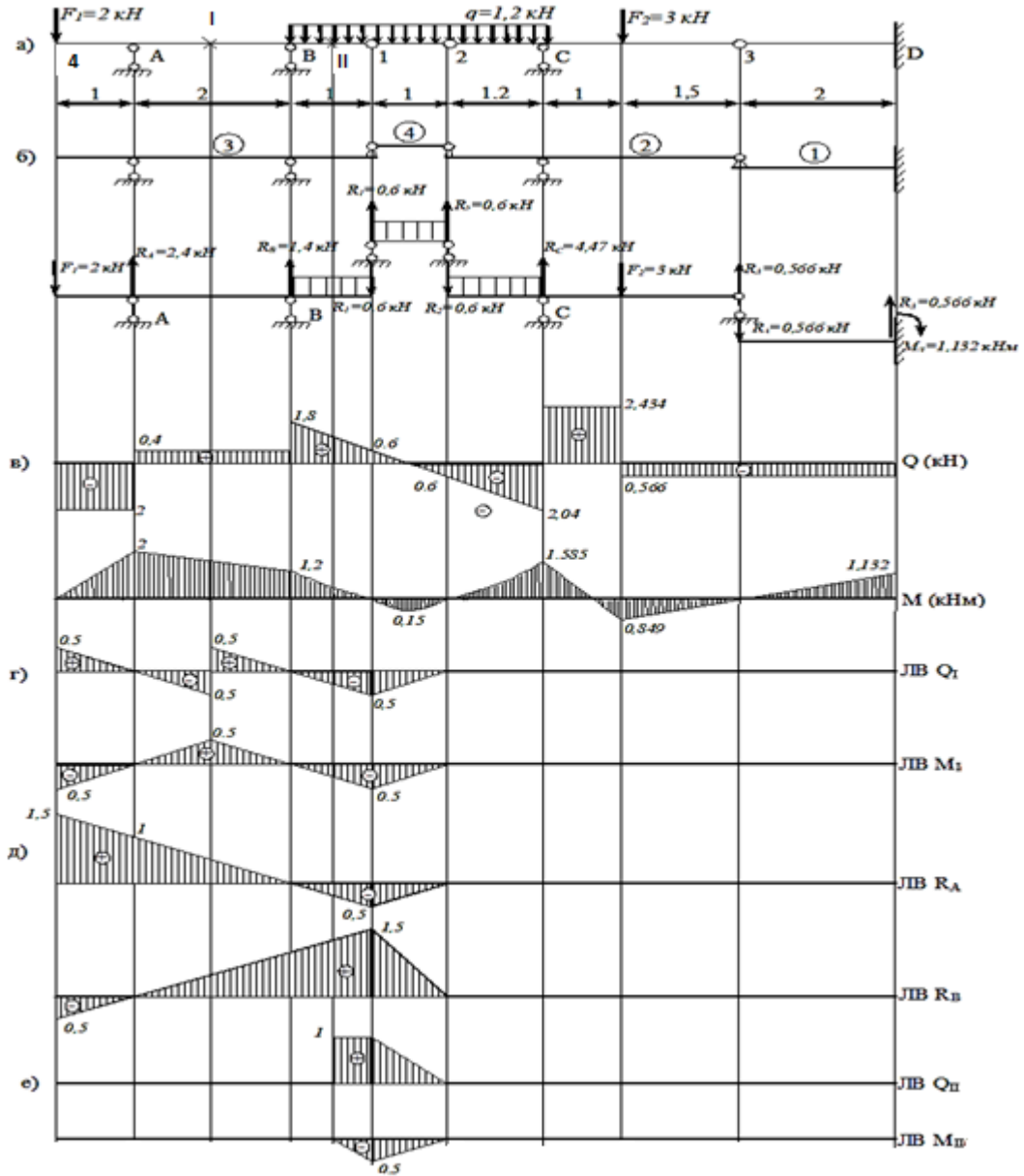


Рис. 1 Багатопрольотна статично визначувана балка

Зробимо кінематичний аналіз цієї балки.

$$W = 3D - 2Ш - Co = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 3 - 6 = 0,$$

де D – кількість дисків; $Ш$ – кількість шарнірів; C_o – кількість опорних зв'язків.

Якщо $W = 0$, то система не має зайвих в'язей і може бути геометрично-незмінюваною.

Для того щоб з'ясувати, чи є система геометрично незмінюваною, треба зробити структурний аналіз її, тобто визначити послідовність збору цієї системи. Тому зробимо поверхову схему збору рис.1б

Розрахунок на нерухоме навантаження багато прольотної балки ведеться у зворотному порядку схеми збору, тобто раніше розраховується верхня балка 4, потім 3, 2 і 1 балки.

Балка 4. Знайдемо опорні реакції

$$\sum m_1 = R_2 \cdot 1 - q \cdot \frac{1^2}{2} = 0 \quad R_2 = \frac{q}{2} = \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ кН}$$

$$R_1 = R_2 = 0,6 \text{ кН.}$$

Епюри Q і M будемо по точкам:

$$Q_1 = R_1 = 0,6 \text{ кН}; \quad Q_2 = -R_2 = -0,6 \text{ кН}$$

$$M_1 = M_2 = 0 \quad M_3 = \frac{ql^2}{8} = \frac{1,2 \cdot 1^2}{8} = 0,15 \text{ кНм}$$

Балка 3 Визначаємо опорні реакції:

$$\sum m_A = R_B \cdot 2 + F_1 \cdot 1 - q \cdot 1 \cdot 2,5 = 0$$

$$R_B = \frac{1,2 \cdot 1 \cdot 2,5 - 2 \cdot 1}{2} = 1,4 \text{ кН}$$

$$\sum m_B = R_A \cdot 2 - F_1 \cdot 3 + q \cdot 1 \cdot 0,5 = 0$$

$$R_A = \frac{2 \cdot 3 - 1,2 \cdot 1 \cdot 0,5}{2} = 2,4 \text{ кН}$$

Будемо епюри Q і M по точкам:

$$Q_4 = -F_1 = -2 \text{ кН}; \quad Q_A^{\text{пп}} = -F_1 + R_A = -2 + 2,4 = 0,4 \text{ кН}$$

$$Q_1 = R_1 = 0,6 \text{ кН};$$

$$Q_B^{\text{пп}} = R_1 + q \cdot 1 = 0,6 + 1,2 = 1,8 \text{ кН}$$

$$M_4 = M_1 = 0; \quad M_A = F_1 \cdot 1 = 2 \cdot 1 = 2 \text{ кНм};$$

$$M_B = R_1 \cdot 1 + \frac{q \cdot 1^2}{2} = 0,6 \cdot 1 + \frac{1,2}{2} = 1,2 \text{ кНм}$$

Балка 2 Визначаємо опорні реакції

$$\sum m_C = R_3 \cdot 2,5 - F_2 \cdot 1 + R_2 \cdot 1,2 + q \cdot 1,2^2/2 = 0$$

$$R_3 = \frac{3 \cdot 1 - 0,6 \cdot 1,2 - 1,2 \cdot 1,2^2/2}{2,5} = 0,566 \text{ кН}$$

$$\sum Y = R_C + R_3 - R_2 - q \cdot 1 \cdot 2 - F_2 = 0$$

$$R_C = -0,566 + 0,6 + 1,2 \cdot 1,2 + 3 = 4,474 \text{ кН}$$

Будуємо епюри Q і M по точкам:

$$Q_2 = -R_2 = -0,6 \text{ кН};$$

$$Q_C^{\wedge} = -R_2 - q \cdot 1,2 = -0,6 - 1,2 \cdot 1,2 = 2,04 \text{ кН}$$

$$Q_C^{\text{np}} = Q_C^{\wedge} + R_C = -2,04 + 4,474 = 2,434 \text{ кН};$$

$$Q_3 = -R_3 = -0,566 \text{ (кН)}$$

$$M_2 = M_3 = 0;$$

$$M_C = R_2 \cdot 1,2 + q \cdot 1,2^2/2 = 0,6 \cdot 1,2 + 1,2 \cdot 1,2^2/2 = 1,585 \text{ кНм};$$

$$M_5 = R_3 \cdot 1,5 = 0,566 \cdot 1,5 = 0,849 \text{ кНм}$$

Балка 1 Визначаємо опорні реакції

$$\sum Y = R_D - R_3 = 0 \quad R_D = 0,566 \text{ кН}$$

$$\sum m_o = M_D - R_3 \cdot 2 = 0 \quad M_D = 1,132 \text{ кН}$$

Будуємо епюри Q і M по точкам:

$$Q_3 = Q_D = -0,566 \text{ кН} \quad M_3 = 0; \quad M_D = R_3 \cdot 2 = 1,132 \text{ кНм}$$

Епюри Q і M для всієї багато прольотної балки складаємо із отриманих епюр Q і M однопрольотних складових балок 1, 2, 3, 4. Епюри показані на рис. 1в. Епюра M із боку розтягнутого волокна.

Розрахуємо багато прольотну балку на рухоме навантаження, та побудуємо лінії впливу Q і M у перерізі I й II. Для побудови ліній впливу у перерізі I й II побудуємо, по-перше, лінії впливу у балці 3.

Побудову лінії впливу почнемо з побудови ліній впливу опорних реакцій R_A і R_B рис. 2.

$$\sum m_A = R_B \cdot 2 - \bar{P}(x - 1) = 0$$

$$R_B = \frac{x-1}{2} \bar{P} = \begin{cases} x = 3 \rightarrow 1 \\ x = 0 \rightarrow -0,5 \end{cases} \quad \text{Л. В. } R_B$$

$$\sum m_B = R_A \cdot 2 - \bar{P} (3 - x) = 0$$

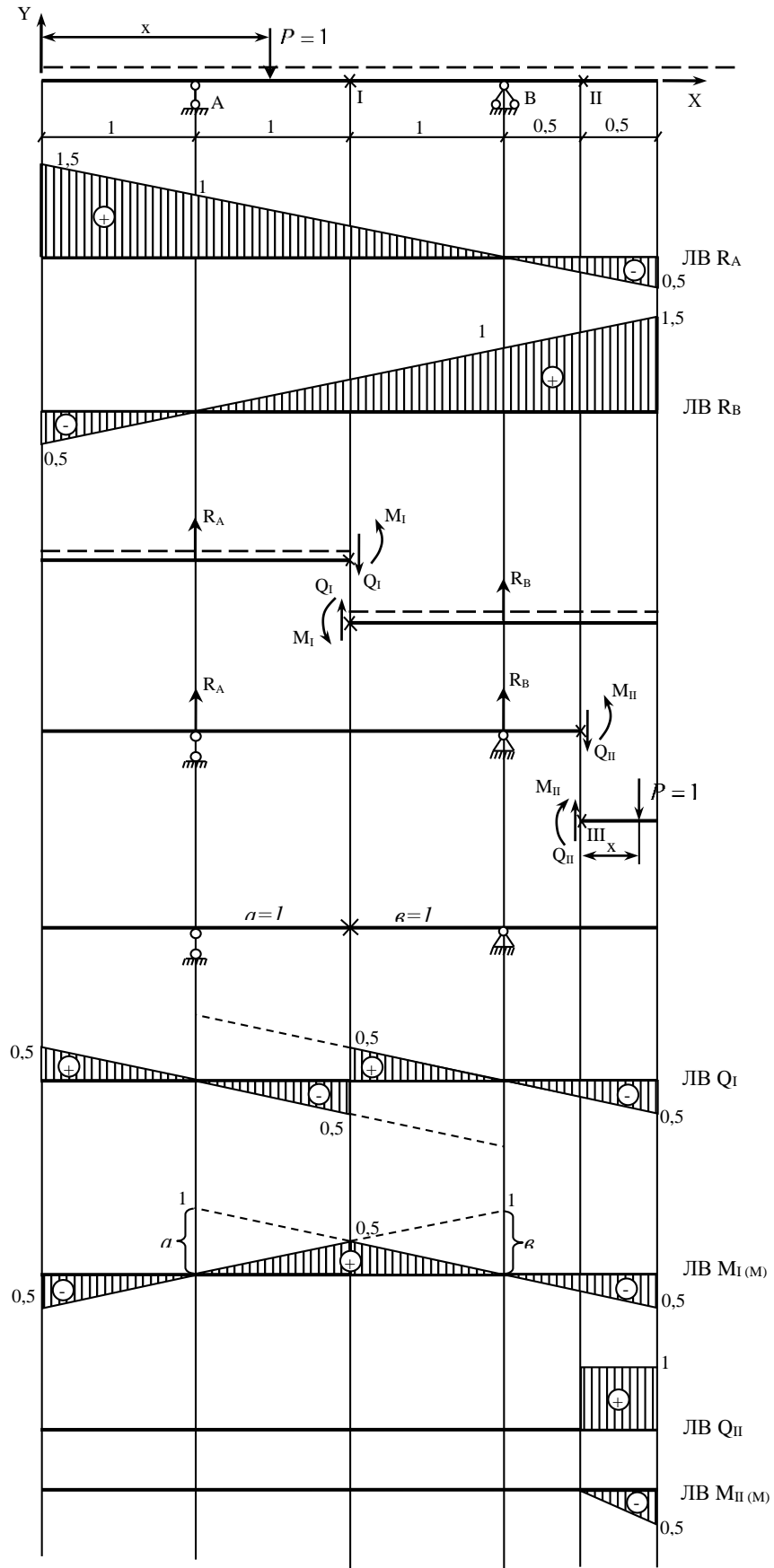


Рис. 2. Побудова ліній впливу

$$R_A = \frac{3-x}{2} \bar{P} = \begin{cases} x = 3 \rightarrow 0 \\ x = 0 \rightarrow 1,5 \end{cases} \quad \text{Л. В. } R_B$$

Для побудови ліній впливу Q_I і M_I скористуємося лініями впливу R_A і R_B .

Нехай сила $\bar{P} = 1$ знаходиться праворуч перерізу I. Розглянемо рівновагу лівої відсіченої частини:

$$\sum y = Q_I - R_A = 0 \quad Q_I = R_A \mid \text{права пряма Л. В. } Q_I$$

$$\sum m_I = M_I - R_A \cdot 1 = 0 \quad M_I = R_A \cdot 1 \mid \text{права пряма Л. В. } M_I$$

Будуємо праві прямі ліній впливу Q_I і M_I .

Сила \bar{P} знаходиться ліворуч. Розглянемо рівновагу правої відсіченої частини балки:

$$\sum y = Q_I + R_B = 0 \quad Q_I = R_B \mid \text{ліва пряма Л. В. } Q_I$$

$$\sum m_I = M_I - R_B \cdot 1 = 0 \quad M_I = R_B \cdot 1 \mid \text{ліва пряма Л. В. } M_I$$

Будуємо ліві прямі лінії впливу Q_I і M_I .

Лінії впливу Q_I і M_I можна будувати і іншим способом.

Л. В. Q_I : над опорами А і В відкладаємо по 1 над опорою А – вгору; над опорою В – вниз, а потім поєднаємо їх з 0 протилежних опор. Над перерізом I ці прямі відсікають відстані по 0,5.

Л. В. M_I : над опорами А і В відкласти відстані вгору над опорою А – а; над опорою В – в, а потім поєднати їх із 0 протилежних опор. Над перерізом I ці прямі відсікають відстань яка дорівнює 0,5.

Побудуємо лінії впливу Q_{II} і M_{II} .

Якщо сила буде ліворуч від перерізу II, то розглянемо рівновагу правої відсіченої частини, отримаємо:

$$\sum y = Q_{II} = 0 \quad \mid \text{ліва пряма Л. В. } Q_{II}$$

$$\sum m_{II} = M_{II} = 0 \quad \mid \text{ліва пряма Л. В. } M_{II}$$

Якщо сила праворуч перерізу II, розглянемо рівновагу правої частини:

$$\sum y = Q_{II} - \bar{P} = 0 \quad Q_{II} = 1 \quad \mid \text{права пряма Л. В. } Q_{II}$$

$$\sum m_{II} = M_{II} + \bar{P} \cdot X = 0; \quad M_{II} = -\bar{P}X = \begin{cases} 0,5 = -0,5 \\ 0 = 0 \end{cases} \quad | \text{права пряма Л. В. } M_{II}$$

Побудуємо лінії впливу Q_{II} і M_{II} – рис. 2.

Для того щоб побудувати лінії впливу у багато прольотній балки необхідно продовжити побудову їх на суміжні балки, пам'ятаючи те що, якщо одинична сила $\bar{P} = 1$ при переході на суміжну балку:

а) опускається \downarrow , то лінії впливу на цій балки і наступних балках дорівнюють 0;

б) піднімається \uparrow , то для побудови лінії впливу на верхній балці необхідно крайню ординату лінії впливу нижньої балки поєднати з 0 наступної опори верхньої балки.

Лінії впливу Q_I , M_I і Q_{II} , M_{II} приведені на рис. 1 д, е.

На рис. 1 наводяться лінії впливу реакцій R_A і R_B .

Далі необхідно по лініях впливу Q_I , M_I визначити зусилля, використовуючи залежності:

$$Z_k = \sum_{i=1}^n (P_i y_i + q_i \omega_i + M_i t_g \alpha_i),$$

де P_i , q_i , M_i – зовнішні сили, розподілене навантаження і згинальні моменти на балці

y_i – ординати на лініях впливу під силами P_i ,

ω_i – площі ліній впливу під розподіленим навантаженням;

$t_g \alpha_i$ – тангенс кута нахилу Л.В під моментом M_i .

Правило знаків:

для згинального моменту – M позитивний – за годинниковою стрілкою;

$t_g \alpha_i$ позитивний – проти годинникової стрілки;

Сила P_i – позитивні, якщо їх напрямок збігається з напрямком одиничної сили $\downarrow \oplus$;

ординати y_i – беремо із своїми знаками;

площину ω_i – із своїм знаком

Визначимо Q_I і M_I по лініях впливу

$$Q_I = F_1 y_1 + q \cdot \omega_1 + q \cdot \omega_2 = 2 \cdot 0,5 + 1,2 \left(-\frac{1}{2} 0,5\right) + 1,2 \left(-\frac{1}{2} 0,5 \cdot 1\right) = 0,4$$

(кН)

$$M_I = F_1 y_1 + q \cdot \omega_1 + q \cdot \omega_2 = 2 \cdot (-0,5) + 1,2 \left(-\frac{1 \cdot 1 \cdot 0,5}{2}\right) + 1,2 \left(-\frac{1 \cdot 0,5 \cdot 1}{2}\right) =$$

-1,6 (кНм)

Порівняємо розрахунок по Л.В і по епюрах:

$$Q_I^e = 0,4 \text{кН}; \quad M_I^e = \frac{2+1,2}{2} = 1,6 \text{ (кНм)}$$

Визначимо реакції R_A і R_B по лініях впливу:

$$R_A = F_1 y_1 + q \omega = 2 \cdot 1,5 - 1,2 \cdot \frac{0,5 \cdot 2}{2} = 2,4 \text{ (кН)}$$

$$R_B = F_1 y_1 + q \omega_1 + q \omega_2 = 2(-0,5) + 1,2 \left(1 \cdot 1 + \frac{1 \cdot 1 \cdot 0,5}{2}\right) + 1,2 \left(\frac{1 \cdot 1 \cdot 1,5}{2}\right) = 1,4$$

(кН)

Розрахунок по Л.В. збігається із величинами R_A і R_B та епюрах.

ДОДАТОК

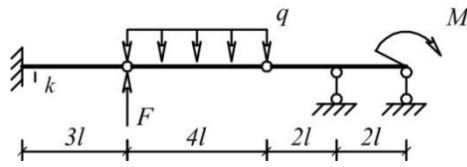
1. Розрахунок складових багатопролітних балок, що працюють на поперечний вигин

Для багатопролітної балки потрібно:

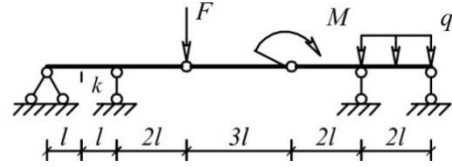
- 1) побудувати епюри внутрішніх силових факторів і лінії впливу внутрішніх зусиль в перерізі k ;
- 2) визначити зусилля в перетині k по лініях впливу від заданого навантаження і порівняти їх із зусиллями на епюрах;
- 3) знайти максимальне і мінімальне значення згинального моменту в перерізі k від рухомої системи пов'язаних вантажів.

Варіант	Схеми балки	l , м	M , кНм	F , кН	q , кН/м
01	1	2	6	4	2
02	2	3	5	5	1
03	3	4	4	3	3
04	4	2	6	6	4
05	5	2	8	7	2
06	6	4	10	2	1
07	7	3	7	8	3
08	8	5	10	3	2
09	9	1	9	4	1
10	10	2	8	7	4
11	11	4	7	8	5
12	12	3	6	3	2
13	13	2	5	6	4
14	14	5	2	5	3
15	15	3	5	2	5
16	16	4	6	8	1
17	17	3	7	5	4
18	18	1	8	3	2
19	19	2	9	4	5
20	20	5	10	8	3
21	21	3	4	9	1
22	22	2	5	2	3
23	23	4	8	3	2
24	24	2	7	5	4
25	25	1	6	7	5

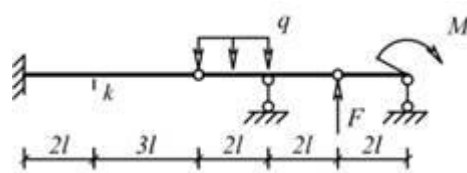
1 схема



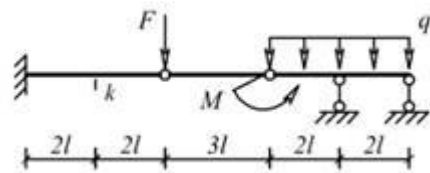
2 схема



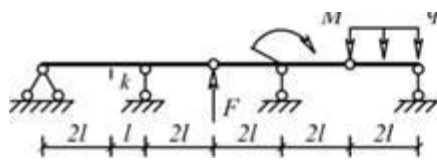
3 схема



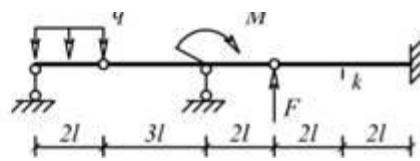
4 схема



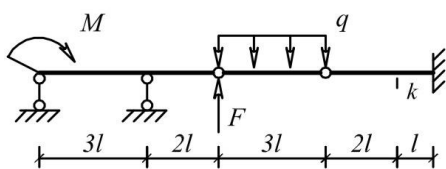
5 схема



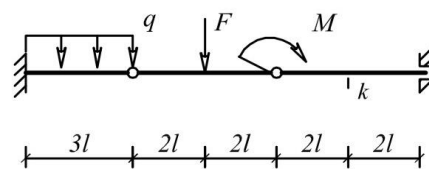
6 схема



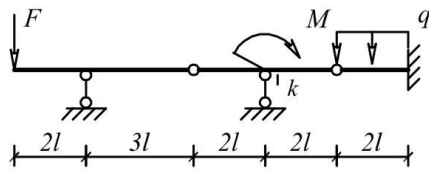
7 схема



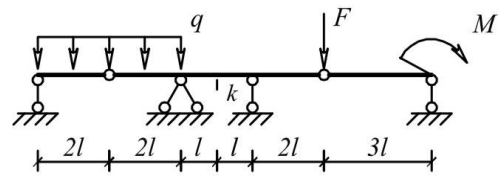
8 схема



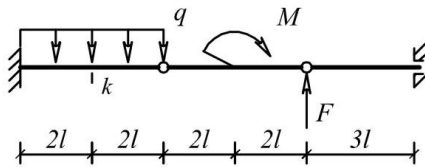
9 схема



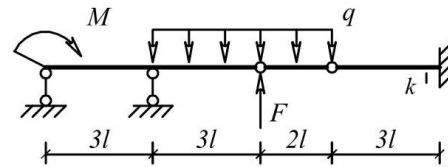
10 схема



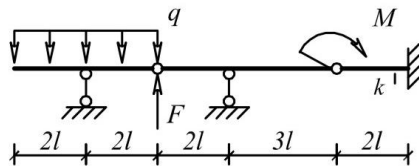
11 схема



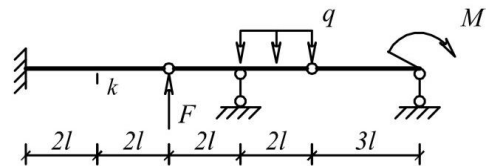
12 схема



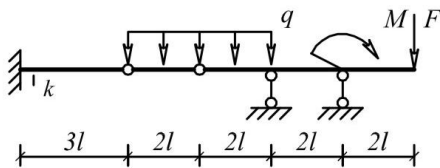
13 схема



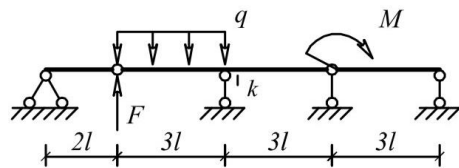
14 схема



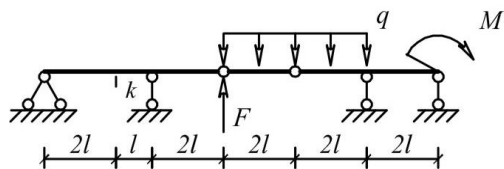
15 схема



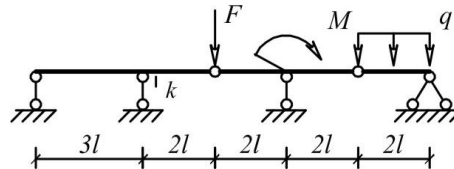
16 схема



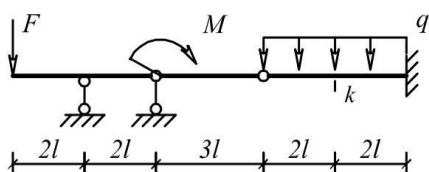
17 схема



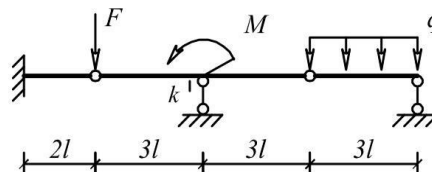
18 схема



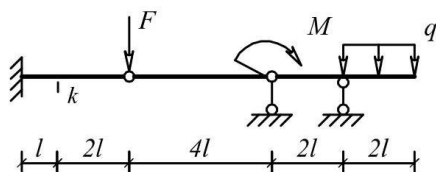
19 схема



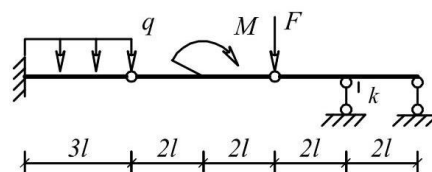
20 схема



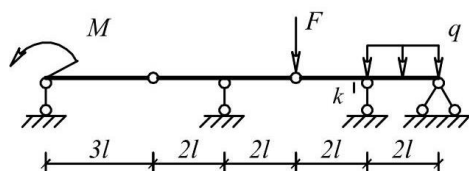
21 схема



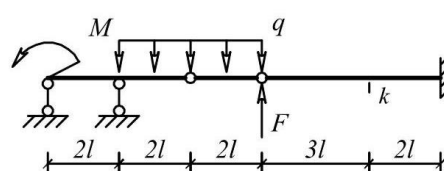
22 схема



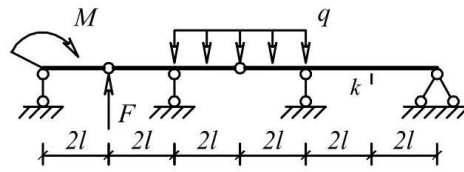
23 схема



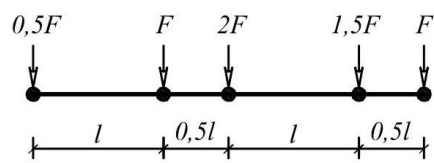
24 схема



25 схема



Системы связанных грузов



Література

1. В.А.Баженов, С.Я.Гранат, О.В.Шишов. Будівельна механіка. Комп'ютерний курс: Підручник. – Київ.; 1999. – 584с.
2. Строительная механика. Руководство к практическим занятиям. Под редакцией Ю.И.Бутенко. –Киев: Вища школа, Головное издательство, 1984. – 328с.
3. Строительная механика. Под редакцией А.В.Даркова. Учебник для вузов. М., "Высшая школа" , 1976. – 600с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з курсу
"Будівельна механіка" ч.1
(для здобувачів вищої освіти спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»)
(Електронне видання)

Укладач:

І.І.Медвідь

Оригінал - макет

І.І.Медвідь

Підписано до друку _____

Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$. Папір типограф. Гарнітура *Times*.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. ____ . Обл.-вид.арк. ____ .

Тираж ____ прим. Вид. № ____ . Замовл. № ____ . Ціна договірна.

**Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля**

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: вул. Іоанна Павла 2, 17

м. Київ, 01042, Україна

e-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com.