

УРОКИ 27-28 (30.03.2023) Б1, БУДМЕХ

ТЕМА : РОЗРАХУНОК СКЛАДЕНОЇ РАМИ

Схема рами, на яку діє рівномірно розподілене навантаження і зосереджений момент,

представлено на рис.7.3,а. Необхідно виконати статичний розрахунок рами, тобто побудувати

епюри згинальних моментів M , поперечних сил Q і поздовжніх сил N

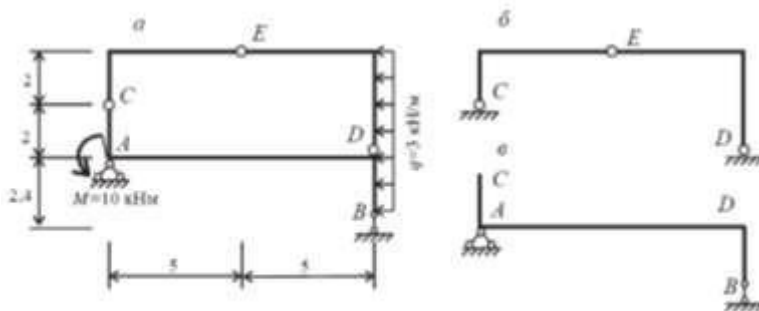


Рис.7.3

Кінематичний аналіз

Рама складається з чотирьох дисків (САВ, СЕ, ED і основа), які з'єднані між собою

шарнірами С, Е, D і кінематичними в'язями в опорах А і Б. Таким чином, для проведення

кількісного етапу кінематичного аналізу рами маємо:

- кількість простих дисків $D = 4$;
- кількість вузлів в'язей $B = 0$;
- кількість простих припайок $\Pi = 0$;
- кількість простих шарнірів $\text{Ш} = 3$;
- кількість кінематичних в'язей $C = 3$.

Ступінь геометричної змінюваності

$$\Gamma = 3 \times 4 + 0 - 0 - 2 \times 3 - 3 - 3 = 0.$$

З точки зору геометричної структури доходимо висновку, що рама є складеною. Дійсно, процес її утворення має два етапи: на першому етапі диск АВ приєднується до основи трьома кінематичними в'язями, які не перетинаються в спільній точці і водночас всі три не паралельні між собою. Таке поєднання дисків утворює новий диск □ диск першого “поверху”. На другому етапі до диску першого “поверху” приєднуються диски СЕ і ED таким чином, що три зазначені диски утворюють шарнірний трикутник, в якому всі три шарніри не розташовані на одній прямій. Отже зазначена схема утворює собою єдиний диск і є геометрично незмінюваною. Процес утворення схеми можна записати у вигляді послідовності формул:

$$1. \frac{D_{AB} + D_{\text{ЗЕМЛЯ}}}{C_{A1}, C_{A2}, C_B} \Rightarrow D_I.$$

$$2. \frac{D_{CE} + D_{DE} + D_I}{III_C, III_D, III_E} \Rightarrow D_{II}$$

Перший "поверх" заданої рами показано на рис.7.3,в, другий □ на рис.7.3,б.

Розрахунок складеної рами, тобто визначення реакцій і обчислення внутрішніх зусиль будемо виконувати для кожного "поверху" окремо, починаючи з другого "поверху". Згодом знайдені зусилля відкладемо на повній схемі складеної рами.

Розрахунок рами другого "поверху"

Схема рами другого "поверху" наведено на рис.7.4,а.

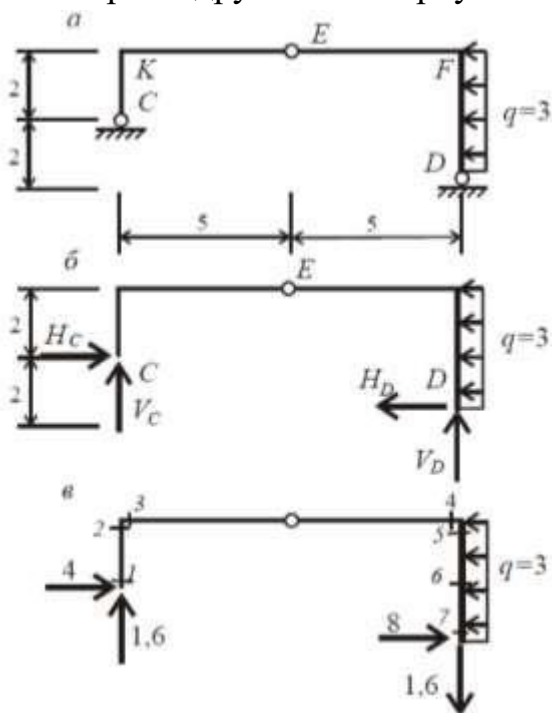


Рис.7.4

Визначимо реакції опор другого "поверху" (рис.7.4,б) з умов його рівноваги

$$\sum M_D = 0 \Rightarrow V_C \cdot 10 + H_C \cdot 2 - 3 \cdot 4 \cdot 2 = 0 \Rightarrow 10V_C + 2H_C - 24 = 0,$$

$$\sum M_E^{ліс} = 0 \Rightarrow V_C \cdot 5 - H_C \cdot 2 = 0 \Rightarrow 5V_C - 2H_C = 0.$$

Розв'язавши систему двох рівнянь знаходимо:

$$V_C = 1,6 \text{ кН}, H_C = 4 \text{ кН}.$$

Аналогічно:

$$\sum M_C = 0 \Rightarrow -V_D \cdot 10 + H_D \cdot 2 = 0 \Rightarrow -10V_D + 2H_D = 0,$$

$$\sum M_E^{пра} = 0 \Rightarrow -V_D \cdot 5 + H_D \cdot 4 + 3 \cdot 4 \cdot 2 = 0 \Rightarrow -5V_D + 4H_D + 24 = 0.$$

Розв'язання отриманої системи двох рівнянь дає

$$V_D = -1,6 \text{ кН}, H_D = -8 \text{ кН}.$$

Перевірка рівноваги рами CED:

$$\sum F_x = 4 + 8 - 3 \cdot 4 = 0,$$

$$\sum F_y = 1,6 - 1,6 = 0.$$

Розіб'ємо схему поверху на три ділянки (незважаючи на наявність шарніра ригель розглядаємо як одну ділянку) і позначимо перерізи для обчислення зусиль (рис.7.4.в). Обчислимо згинальні моменти :

$$M_1 = \sum M_1^{\text{низ}} = 0,$$

$$M_2 = \sum M_2^{\text{низ}} = -4 \cdot 2 = -8 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг ліворуч})$$

$$M_3 = \sum M_3^{\text{лів}} = -4 \cdot 2 = -8 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг зверху})$$

$$M_4 = \sum M_4^{\text{лів}} = -4 \cdot 2 + 1,6 \cdot 10 = 8 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг знизу})$$

$$M_5 = \sum M_5^{\text{низ}} = -8 \cdot 4 + 3 \cdot 4 \cdot 2 = -8 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг ліворуч})$$

$$M_6 = \sum M_6^{\text{низ}} = -8 \cdot 2 + 3 \cdot 2 \cdot 1 = -10 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг ліворуч})$$

$$M_7 = \sum M_7^{\text{низ}} = 0.$$

Поперечні сили

$$Q_1 = Q_2 = \sum F_{n,1}^{\text{низ}} = -4 \text{ кН}.$$

$$Q_3 = Q_4 = \sum F_{n,3}^{\text{лів}} = 1,6 \text{ кН}.$$

$$Q_5 = \sum F_{n,5}^{\text{низ}} = -8 + 3 \cdot 4 = 1,6 \text{ кН}.$$

$$Q_7 = \sum F_{n,7}^{\text{низ}} = -8 \text{ кН}.$$

Повздовжні сили

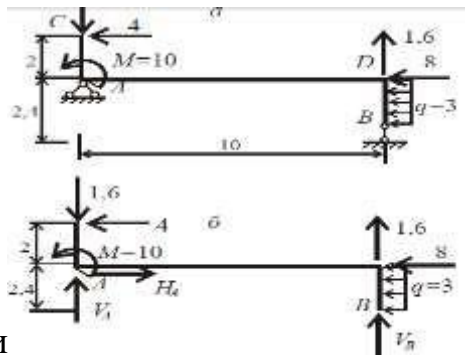
$$N_1 = N_2 = \sum F_{i,1}^{\text{низ}} = -1,6 \text{ кН}.$$

$$N_3 = N_4 = \sum F_{i,2}^{\text{лів}} = -4 \text{ кН}.$$

$$N_5 = N_7 = \sum F_{i,5}^{\text{низ}} = 1,6 \text{ кН}.$$

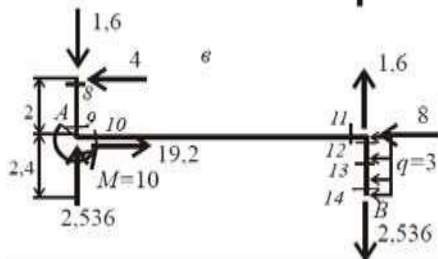
Розрахунок рами першого "поверху"

Схема рами першого "поверху" показана на рис.7.5,а. Опорні реакції другого "поверху" прикладено як вже відомі зовнішні



СИЛИ

Рис.7.5.



Визначимо реакції опор першого «поверху» (рис.7.5.б) з умов його рівноваги

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow H_A - 4 - 8 - 3 \cdot 2,4 = 0 \Rightarrow H_A = 19,2 \text{ кН},$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow -V_B \cdot 10 - 4 \cdot 2 - 1,6 \cdot 10 + 3 \cdot 2,4 \cdot 1,2 - 10 = 0 \Rightarrow V_B = -2,536 \text{ кН},$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_A - 2,536 + 1,6 - 1,6 = 0 \Rightarrow V_A = 2,536 \text{ кН}.$$

Розіб'ємо схему поверху на три ділянки і позначимо перерізи для обчислення зусиль

(рис.7.5,в).

Обчислимо згинальні моменти :

$$M_8 = \sum M_8^{\text{верх}} = 0,$$

$$M_9 = \sum M_9^{\text{верх}} = -4 \cdot 2 = -8 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг праворуч})$$

$$M_{10} = \sum M_{10}^{\text{ліє}} = -4 \cdot 2 - 10 = -18 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг зверху})$$

$$M_{11} = \sum M_{11}^{\text{прав}} = 3 \cdot 2,4 \cdot 1,2 = 8,64 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг зверху})$$

$$M_{12} = \sum M_{12}^{\text{ліє}} = 3 \cdot 2,4 \cdot 1,2 = 8,64 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг праворуч})$$

$$M_{13} = \sum M_{13}^{\text{ниж}} = 3 \cdot 2,4 \cdot 1,2 = 8,64 \text{ кНм}, \quad (\text{розтяг зверху})$$

$$M_{14} = \sum M_{14}^{\text{ниж}} = 0.$$

Поперечні сили:

$$Q_8 = Q_9 = \sum F_{n,8}^{верх} = -4 \text{ кН.}$$

$$Q_{10} = Q_{11} = \sum F_{n,10}^{ліє} = 2,536 - 1,6 = 0,936 \text{ кН.}$$

$$Q_{12} = \sum F_{n,12}^{ниж} = 3 \cdot 2,4 = 7,2 \text{ кН.}$$

$$Q_{14} = \sum F_{n,14}^{ниж} = 0.$$

Поздовжні сили:

$$N_8 = N_9 = \sum F_{t,8}^{верх} = -1,6 \text{ кН.}$$

$$N_{10} = N_{11} = \sum F_{t,10}^{ліє} = 4 - 19,2 = -15,2 \text{ кН.}$$

$$N_{12} = N_{14} = \sum F_{t,12}^{ниж} = 4 - 19,2 = -15,2 \text{ кН.}$$

Епюри згинальних моментів M , поперечних сил Q і поздовжніх сил N побудовано на рис.7.6

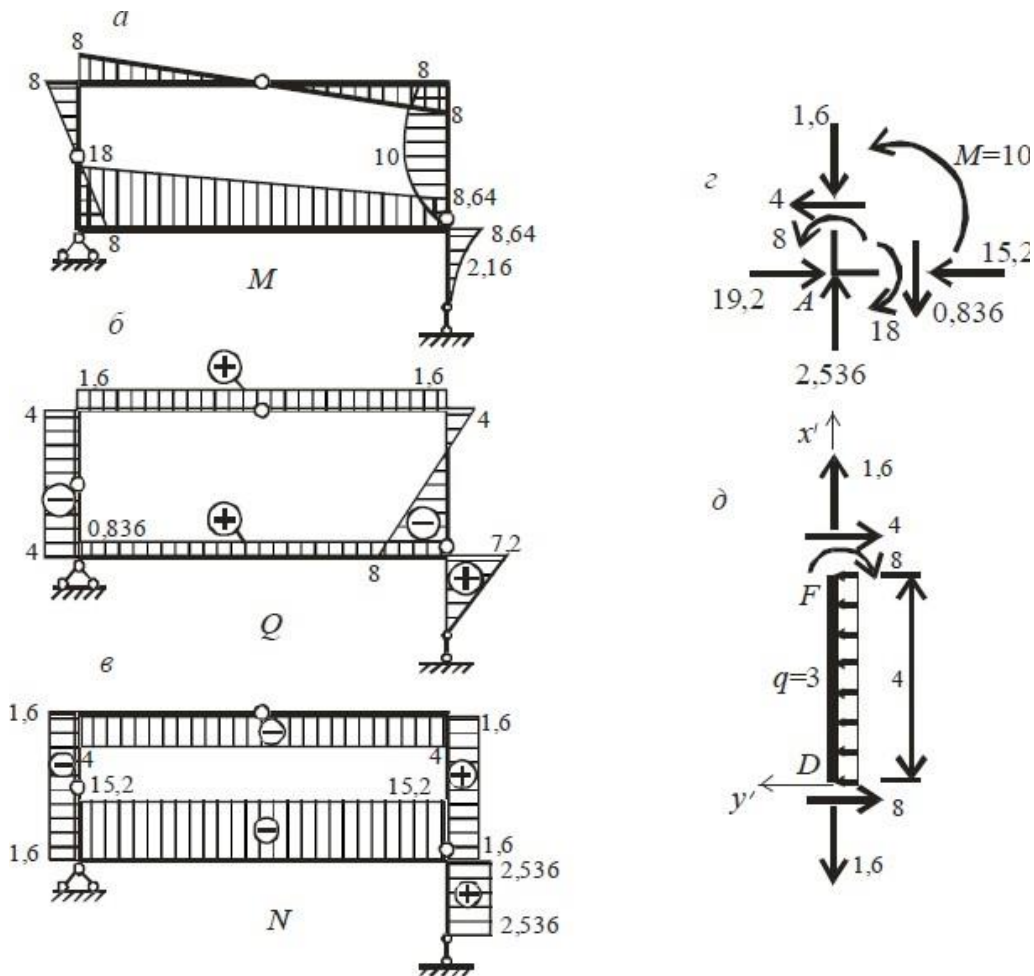


Рис.7.6