

Дротяні гаки виготовляють з високоміцного сталевого дроту, який сплітають у стрічки, розміщені відповідно до конфігурації гака. Між собою стрічки скріплюють контактним зварюванням і спеціальною мастикою. Зовні гак покривається спеціальним захисним шаром. Дротяні гаки мають високу міцність і бувають одно- і дворогими.

Вантажні скоби (рис. 2) застосовують для великих вантажо-підйомностей (більше 100 т). При тій самій вантажопідйомності вони мають менші розміри внаслідок закритої симетричної конструкції. Вади скоб – великі втрати часу на захвачування і знімання вантажу, що знижує продуктивність крана. Скоби виготовляють із сталі 20. Конструктивно їх виконують суцільнокованими (рис. 2, а) і складеними (рис. 2, б). Складені скоби більш надійні в експлуатації і застосовують їх для великої вантажопідйомності (більше 300 т). Суцільноковані скоби є статично невизначуваними системами, тому обмежуються лише приблизним розрахунком.

Зусилля розтягу в бокових тягах $F = G/(2 \cos \alpha/2)$.

Згинальний момент у перерізі скоби визначають за наближеною формулою

$$M_{3z} = Gl/6 + Ge/2 + tg \alpha/2. \quad (10)$$

Позначення – на рис.2, а: G_C – вага скоби.

У шарнірних скобах зусилля F визначають за формулою (4), згинальний момент поперечки $M_{3r} = Gl/4 + Fe$.

Напруження всередині поперечки з урахуванням кривизни

$$\sigma = -F/A + M_{3z}/Ar + M_{3z}/(Ark) y/(r+y). \quad (11)$$

Тут A – площа поперечного перерізу; k – коефіцієнт, який визначають за формулою (5); y – відстань від нейтральної осі до найбільш напруженого волокна.

Література:

1. Підйомно-транспортні машини. Навчально-методичний посібник. Навчально-методичний комплекс / І.М.Бендера, О.Я. Стрельчук, В.В.Підлісний, Г.О. Іванов та ін/. – Кам'янець-Подільський, ФОП Сисин О.В., Абетка, 2014. – 368 с.

УДК 539.42

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПЛОСКИХ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ СИСТЕМ ТА БАГАТОПРОГОННИХ НЕРОЗРІЗНИХ БАЛОК

Мудрий О.Ю., Дюльгер О.М., студенти гр. М2/2

Миколаївський національний аграрний університет
Науковий керівник к.т.н., в.о. доц. Доценко Н.А.

Анотація

Визначено, що включає в себе поняття статичної невизначеності системи та розглянуті методи розрахунку статично невизначених рам та багатопробонних нерозрізних балок. Було визначено, що найбільш поширеним і зручним є розрахунок за методом сил.

Annotation

It was determined what means the concept of a static uncertain systems and considered the methods of calculation of the statically indeterminate frames and multi-span massive beams. It was determined that the most common and convenient calculation is the force method.

Для того, щоб будь-яка система (балка) мала здатність сприймати зовнішні навантаження, її закріплюють за допомогою опор (опорних зв'язків) таким чином, щоб вона не мала можливості переміщуватися як тверде тіло. Для плоскої системи цих зв'язків повинно бути не менше трьох (абсолютно необхідні зв'язки), оскільки відкидання одного із цих зв'язків перетворить систему на геометричну змінну (механізм). Такі системи називають статично визначеними [1]. Статично невизначені балки і рами - конструкції, в яких рівнянь статички недостатньо для визначення опорних реакцій і внутрішніх зусиль. Число зв'язків, накладених на статично невизначену систему, більше тієї кількості зв'язків, які забезпечують геометричну незмінність конструкції. Такими зв'язками можуть бути як опорні зв'язку. Для забезпечення геометричної незмінюваності балки (рамы) в площині досить трьох зв'язків. Кожний додатковий зв'язок понад три необхідні для плоских систем перетворює конструкцію в статично невизначену. Такі додаткові зв'язки, які не є необхідними для забезпечення геометричної незмінюваності конструкції, називаються зайвими. На прикладі рами (рис.1) розглянемо методику розрахунку статично невизначеної плоскої рами[2].

- 1.Визначаємо ступінь статичної невизначеності рами, який становить два.
- 2.Шляхом відкидання зайвих зв'язків обираємо основну систему.
- 3.Завантажуємо основну систему зовнішнім навантаженням та зусиллями відкинутих зайвих зв'язків (еквівалентна система).
- 4.Запишемо канонічні рівняння методу сил:

$$\begin{cases} \delta_{11} \cdot x_1 + \delta_{12} \cdot x_2 + \Delta_{1p} = 0 \\ \delta_{21} \cdot x_1 + \delta_{22} \cdot x_2 + \Delta_{2p} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

5.Для визначення коефіцієнтів канонічних рівнянь будемо епюри згинальних моментів вантажного та одиничного станів і перемножимо їх за способом Верещагіна [3,4]:

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= (\bar{M}_1 \times \bar{M}_1) = \frac{1}{EI} \left(7 \cdot 7 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 7 + 7 \cdot 7 \cdot 7 \right) = \frac{4 \cdot 7^3}{3EI}; \\ \delta_{12} &= \delta_{21} = (\bar{M}_1 \times \bar{M}_2) = \frac{1}{EI} \left(7 \cdot 7 \cdot \frac{1}{2} \cdot 7 \right) = \frac{7^3}{2EI}; \\ \delta_{22} &= (\bar{M}_2 \times \bar{M}_2) = \frac{1}{EI} \left(7 \cdot 7 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 7 \right) = \frac{7^3}{3EI}; \\ \Delta_{1p} &= (\bar{M}_1 \times \bar{M}_p) = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{3} \cdot 49 \cdot 7 \cdot 7 \right) = \frac{7^4}{3EI}; \\ \Delta_{2p} &= (\bar{M}_2 \times \bar{M}_p) = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{3} \cdot 49 \cdot 7 \cdot \frac{3}{4} \cdot 7 \right) = \frac{7^4}{4EI}. \end{aligned} \quad (2)$$

Отримуємо систему рівнянь:
$$\begin{cases} \frac{7^3 \cdot 4}{3 \cdot EI} \cdot X_1 + \frac{7^3}{2 \cdot EI} \cdot X_2 + \frac{7^4}{3 \cdot EI} = 0 \\ 2 \frac{7^3}{3 \cdot EI} \cdot X_1 + \frac{7^3}{3 \cdot EI} \cdot X_2 + \frac{7^4}{4 \cdot EI} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Система має такі розв'язки:
$$\begin{cases} X_1 = 0,5 \text{ кН} \\ X_2 = -6 \text{ кН} \end{cases} \quad (4)$$

Будуємо епюру поздовжніх сил (рис. 2). Для епюри Q (рис. 2. б) можна знайти величину зусилля в точках рами:

$$Q_B = -6 = X_2$$

$$Q_A = -X_2 + ql = -6 + 14 = 8 \text{ кН} \quad (5)$$

$$z = \frac{Q}{q} = \frac{6}{2} = 3 \text{ м}$$

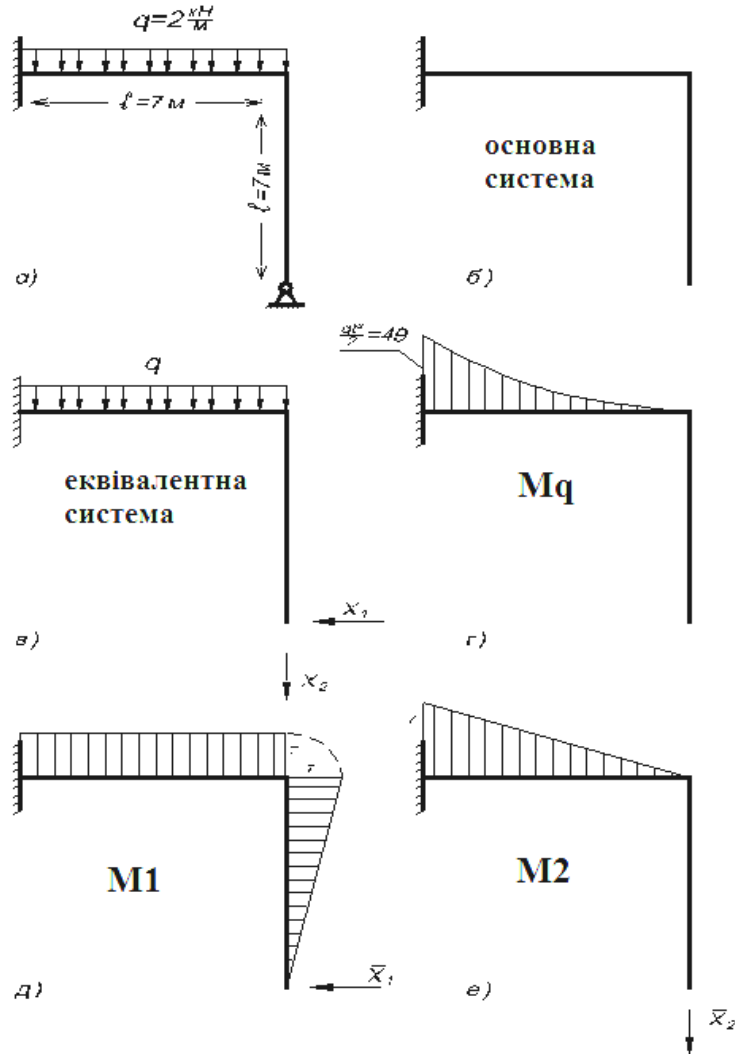


Рис. 1. Статично невизначена плоска рама

Будуємо виправлені епюри одиничного стану (рис. 2 в, г). Для епюри M (рис. 2 д) можна знайти величину зусилля в точках рами:

$$M_B = -X_1 \cdot 7 = -0,5 \cdot 7 = -3,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_A = M_B - \frac{q \cdot l^2}{2} + x_2 \cdot 7 = 3,5 - \frac{2 \cdot 49}{2} + 42 = -3,5 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (6)$$

$$M_{\max} = M_B - \frac{2 \cdot 9}{2} + 6 \cdot 3 = 12,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Статичний контроль (рис. 2, е):

$$\begin{cases} \sum Z = 0: 0,5 - 0,5 = 0; \\ \sum Y = 0: 6 - 6 = 0; \\ \sum M_B = 0: -3,5 + 3,5 = 0. \end{cases}$$

Кінематичний контроль:

$$\Delta = M_x \cdot \overline{M}_2 = M_p \cdot \overline{M}_2 + \overline{M}_1 x_1 \cdot \overline{M}_2 + \overline{M}_2 x_2 \cdot \overline{M}_2 = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{3} \cdot 49 \cdot 7 \cdot \frac{3}{4} \cdot 7 + 3,5 \cdot 7 \cdot \frac{1}{2} \cdot 7 - \frac{1}{2} \cdot 42 \cdot 7 \cdot \frac{2}{3} \cdot 7 \right) = 0 \quad (7)$$

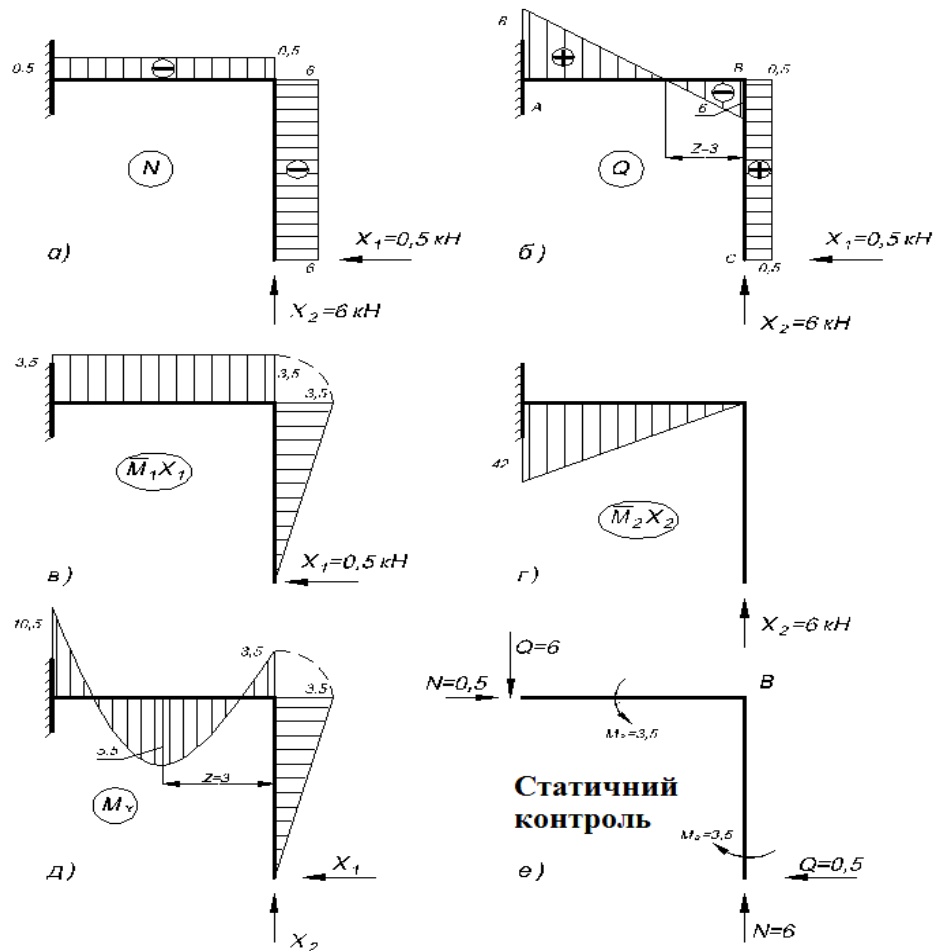


Рис. 2. Епюри поздовжніх, поперечних сил та моментів згинання

Етапи розрахунку багатопрогинних нерозрізних балок [3,4,5]:

1. Обираємо основну систему, шляхом «врізання» шарнірів над проміжними опорами.
2. Нумеруємо опори і прогини зліва направо (опори нумеруємо з нульової, а прогини – з першого).
3. Для основної системи будуємо епюри згинальних моментів від зовнішнього навантаження, знаходимо їх площі в кожному прогині та відстані від центрів ваги до лівої і правої опор.
4. Для кожної проміжної опори (точка врізання шарніра) складаємо рівняння трьох моментів. Таких рівнянь необхідно скласти стільки, скільки разів балка є статично невизначеною. В кожне рівняння буде входити три невідомих величини (згинальних моменти).
5. Розв'язуємо систему рівнянь, знаходимо невідомі величини моментів.
6. Знаходимо реакції опор і виконуємо перевірку за рівняннями рівноваги
7. Будуємо епюру внутрішніх зусиль Q_u і M_x і виконуємо подальший розрахунок.
8. Виконуємо кінематичний контролів, який дає відповідь щодо правильності розкриття статичної невизначеності. Для цього з допомогою методу початкових параметрів визначаємо прогини на будь-якій із опор, який повинен дорівнювати нулю [6,7,8].

$$M_{n-1} \cdot l_n + 2M_n (l_n + l_{n+1}) + M_{n+1} \cdot l_{n+1} = 6 \left(\Omega_n \cdot \frac{a_n}{l_n} + \Omega_{n+1} \frac{b_{n+1}}{l_{n+1}} \right) \quad (8)$$

Балка один раз є статично невизначеною. Приймаючи $n=1$, маємо:

$$M_0 \cdot l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 \cdot l_2 = -6 \left(\Omega_1 \cdot \frac{a_1}{l_1} + \Omega_2 \cdot \frac{b_2}{l_2} \right); \quad M_0 = 0,$$

$$M_2 = -\frac{q \cdot l_3^2}{2}, \quad \Omega_1 = \frac{1}{2} P \frac{c \cdot d}{l_1} = P \frac{c \cdot d}{2}, \quad \Omega_2 = \frac{2}{3} \frac{q \cdot l_2^2}{8} l_2 = \frac{q \cdot l_2^3}{12}, \quad a_1 = \frac{1}{3}(l_1 + c); \quad a_2 = b_2 = \frac{l_2}{2}.$$

$$2M_1(l_1 + l_2) - \frac{q l_2^3}{2} \cdot l_2 = -6 \left(\frac{Pcd}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{l_1 + c}{l_1} + \frac{q l_2^3}{12} \cdot \frac{l_2}{2l_2} \right); \quad \text{звідси знаходимо } M_1.$$

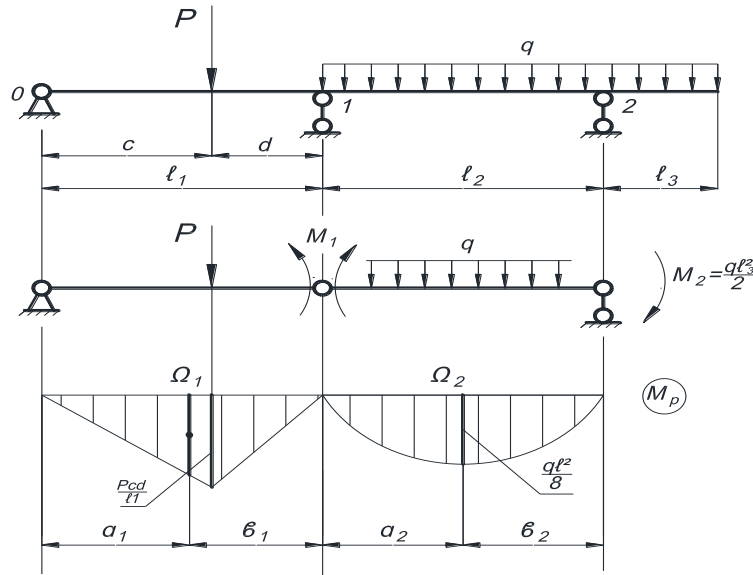


Рис. 3. Багатопрогинна нерозрізна балка

Отже, було визначено, до що включає в себе поняття статичної невизначеності системи та розглянуті методи розрахунку статично невизначених систем. Було визначено, що найбільш поширеним і зручним є розрахунок статично невизначених систем за методом сил.

Література:

1. Цурпал І. А. Механіка матеріалів і конструкцій / І. А. Цурпал. –К.: Вища школа, 2005. – 36 с.
2. Ройзман В. П. Прикладна механіка. Опір матеріалів: навчальний посібник / В. П. Ройзман. – К. : Центр навчальної літератури, 2004. – 124 с.
3. Агамиров Л. В. Сопротивление материалов: Краткий курс для студентов вузов / Л. В. Агамиров– М.: ООО «Издательство АСТ»: 2003. – 256 с.
4. Писаренко Г. С. Опір матеріалів / Г. С. Писаренко – К. : Вища школа, 1993. – 259 с.
5. Писаренко Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С Писаренко., А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – К. : «Наукова думка». 1975. – 370 с.
6. Королев П. Г. Сборник задач по сопротивлению материалов / П. Г. Королев – К. : Вища школа, 1997. – 288 с.
7. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов. / С. П. Тимошенко – М.: Наука, 1965. – 122 с.
8. Бабенко Д. В. Механіка матеріалів і конструкцій: навчальне видання. / Д. В. Бабенко – Миколаїв.: МДАУ, 2011. –148 с.