

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ПОЛОЖЕННЯ НУЛЬОВОЇ ТОЧКИ НА ЕПЮРИ МОМЕНТІВ, У ВИПАДКУ ДІЇ ОБЕРНЕНО-СИМЕТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Кобзева О.М. к.т.н, доцент кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки

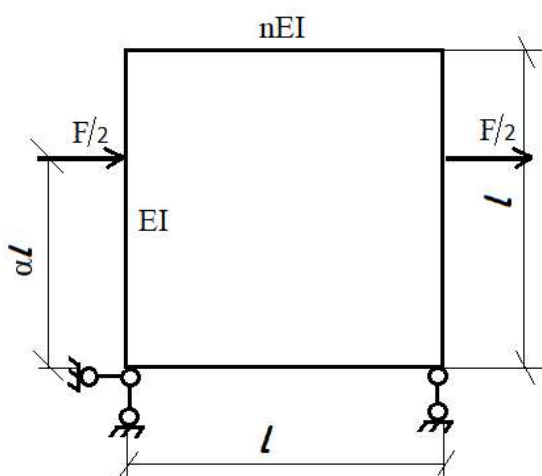
Хоменко Ю.Ю. ст. гр. Д-33-15 Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Деркач Ю.В. ст. гр. Дм-31-15 Харківський національний автомобільно-дорожній університет [pyffustik@gmail.com](mailto:pyffustik@gmail.com)

Хамза Худір. ст. гр. Д-31 Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Положення нульової точки допомагає визначити ймовірне місце з'єднання збірних елементів стійок. Розглянемо раму замкнутого контуру з жорсткостями  $EI$  та  $nEI$  відповідно. Для спрощення розрахунку приймаємо  $h=1$ ,  $EI = \text{const}$ . Знехтуємо впливом повздовжніх сил.

а)



б)

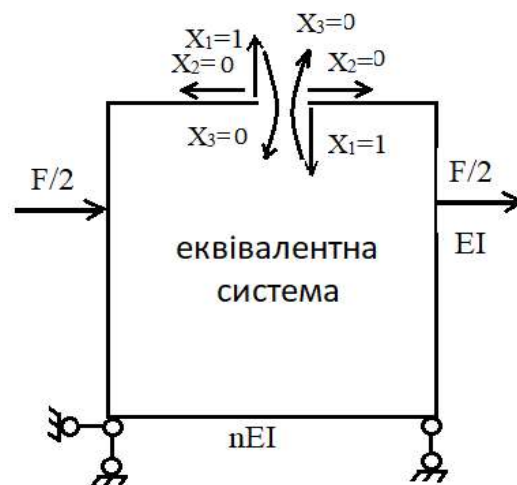


Рисунок 1 – Схема: а) заданої рами; б) еквівалентна система.

За метод розрахунку приймаємо метод сил . Кількість зайвих невідомих для заданої рами дорівнює  $3=3К-Ш=3*3-6=3$ .

Тоді система канонічних рівнянь буде мати вигляд:

$$\begin{cases} \delta_{11} * X_1 + \delta_{12} * X_2 + \delta_{13} * X_3 + \Delta_{1F} = 0 \\ \delta_{21} * X_1 + \delta_{22} * X_2 + \delta_{23} * X_3 + \Delta_{2F} = 0 \\ \delta_{31} * X_1 + \delta_{32} * X_2 + \delta_{33} * X_3 + \Delta_{3F} = 0 \end{cases}$$

Обираємо симетричну основну систему. Відомо, що у разі прикладання обернено-симетричного навантаження, симетричні основні невідомі  $X_2=0$  та  $X_3=0$ . Тоді система канонічних рівнянь зводиться до одного рівняння :

$$\delta_{11} * X_1 + \Delta_{1F} = 0.$$

Виконавши відповідні розрахунки, отримуємо:

$$\delta_{11} = \frac{l^3}{2EI} \left(1 + \frac{1}{3n}\right); \quad \Delta_{1F} = -\frac{Fl^3}{4EI} \left(1 + \frac{1}{3n}\right); \quad X_1 = \frac{\left(\alpha + \frac{1}{3n}\right)Fa}{2\left(1 + \frac{1}{3n}\right)}.$$

Тоді розрахункова епюра моментів від заданого навантаження буде мати вигляд:

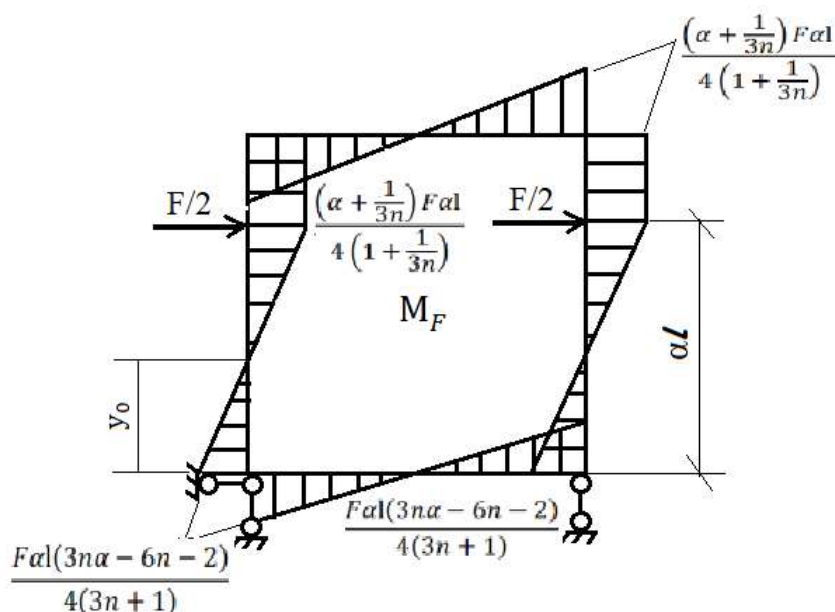


Рисунок 2- Розрахункова епюра моментів від обернено-симетричного навантаження.

У випадку прикладення обернено симетричного навантаження, положення нульових точок на лівій та на правій стійках буде однаковим.

З розрахункової епюри моментів визначимо положення нульових точок:

$$y_0 = \alpha l * \left(1 - \frac{3n\alpha + 1}{(3n+1)*2}\right).$$

Приймаємо різні значення  $\alpha$  та, результати розрахунків зведемо у таблицю.

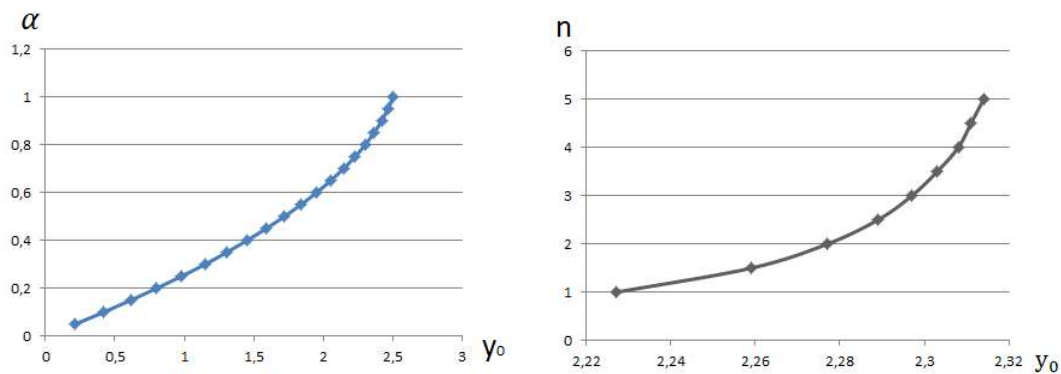
Таблиця 1 - Залежність положення нульової точки  $y_0$  від розташування сили та співвідношенні жорсткостей (при  $l=5$  м).

$\alpha/n$	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3	n=3,5	n=4	n=4,5	n=5
$\alpha = 0,05$	0,214	0,222	0,227	0,23	0,232	0,233	0,235	0,236	0,236
$\alpha = 0,1$	0,419	0,434	0,443	0,449	0,453	0,455	0,458	0,459	0,461
$\alpha = 0,15$	0,614	0,636	0,648	0,656	0,662	0,666	0,669	0,672	0,674
$\alpha = 0,2$	0,8	0,827	0,843	0,853	0,86	0,865	0,869	0,872	0,875
$\alpha = 0,25$	0,977	1,009	1,027	1,039	1,047	1,053	1,058	1,061	1,064
$\alpha = 0,3$	1,148	1,18	1,2	1,213	1,223	1,229	1,235	1,239	1,242
$\alpha = 0,35$	1,302	1,34	1,363	1,377	1,387	1,394	1,4	1,405	1,408
$\alpha = 0,4$	1,45	1,491	1,514	1,529	1,54	1,548	1,554	1,559	1,563
$\alpha = 0,45$	1,589	1,631	1,655	1,671	1,683	1,69	1,696	1,701	1,705
$\alpha = 0,5$	1,719	1,761	1,786	1,801	1,811	1,821	1,827	1,832	1,836
$\alpha = 0,55$	1,839	1,881	1,905	1,921	1,932	1,94	1,946	1,951	1,955
$\alpha = 0,6$	2,052	1,991	2,014	2,029	2,04	2,048	2,054	2,059	2,063
$\alpha = 0,65$	2,052	2,09	2,113	2,127	2,137	2,144	2,15	2,155	2,158
$\alpha = 0,7$	2,144	2,18	2,2	2,213	2,223	2,229	2,235	2,239	2,242
$\alpha = 0,75$	2,227	2,259	2,277	2,289	2,297	2,303	2,308	2,311	2,314
$\alpha = 0,8$	2,3	2,327	2,343	2,353	2,36	2,365	2,369	2,372	2,375

$\alpha = 0,85$	2,364	2,386	2,398	2,406	2,412	2,416	2,419	2,422	2,424
$\alpha = 0,9$	2,419	2,434	2,433	2,449	2,453	2,455	2,458	2,459	2,461
$\alpha = 0,95$	2,464	2,472	2,477	2,48	2,482	2,483	2,485	2,486	2,486
$\alpha = 1$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Результати наших розрахунків було перевірено за допомогою програмного комплексу «Ліра».

На основі даних з таблиці, ми побудували графіки залежності положення нульової точки від місця розташування зосередженої сили та співвідношення жорсткостей.



Графік 1- Залежності положення нульової точки від: а) місця розташування зосередженої сили; б) співвідношення жорсткостей.

## ВИСНОВКИ

- 1) У випадку прикладання зосередженої сили у верхньому вузлі положення нульової точки не залежить від співвідношення жорсткостей і дорівнює  $y_0 = l/2$ .
- 2) Якщо  $\alpha > 0,7$ , то положення нульових точок  $y_0$  практично не змінюється і лежить у діапазоні 2-2,5 м (графік 1а).
- 3) Якщо  $n > 1$ , то положення нульових точок практично не змінюється і лежить у діапазоні 2,22-2,32 (графік 1б).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н., Строительная механика.- М.: Высш. шк., 1986.-607с.
2. Киселев В.А. Строительная механика.- М.: Стройиздат, 1986.- 520с.
3. Э.Д. Чихладзе, Строительная механика: Учебник для студентов высших учебных заведений. – Харьков: УкрГАЖТ, 2004.-305с.
4. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости. Учебн. пособие для вузов/ под ред. Абовского Н.П. – М.: Стройиздат, 1978.-192с.
5. Определение усилий и перемещений в статически неопределимых системах инженерных сооружений на автомобильных дорогах (часть II). Пособие по самостоятельной работе студентов/ Э.Д. Чихладзе, В.Д. Зинченко, В.А. Голеско, А.Г. Кислов – Харьков.: Изд-во ХДАДТУ, 1997. – 214с.
6. Статично невизначені системи інженерних споруд на автомобільних дорогах: навч. посіб. В.О. Голеско, О.Г. Кіслов, О.М. Кобзева. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 268 с.