

РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЬ В ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІІ НОЖИЧНОГО СИМЕТРИЧНОГО ПІДЙОМНИКА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано силовий розрахунок конструктивних елементів ножичного підйомника симетричного типу, проведено дослідження оптимального розташування гідроциліндрів за мінімальним зусиллям підйому.

Ключові слова: ножичний механізм, гідроциліндр, оптимізація, силовий розрахунок.

Abstract

The power calculation of structural elements of a scissor lift of symmetric type is executed, the research of optimal arrangement of hydraulic cylinders with the minimum lifting effort is carried out.

Keywords: scissor mechanism, hydraulic cylinder, optimization, power calculation.

Вступ

Ножичний підйомник – це вантажопідйомна машина циклічної дії для вертикального підйому вантажу на платформі. Підйом платформи здійснюється важільним механізмом ножичного підйомника. Для підйому на невелику висоту використовується одна пара ножиць, в інших випадках – дві та більше пар ножиць. За способом передачі зусилля від приводу до ножичного механізму, розрізняють гвинтові і плунжерні (гідравлічні) підйомники. Найбільшого поширення набули гідравлічні ножичні підйомники (рис. 1). Установка ножичного підйомника не вимагає суміжної стіни та інших вертикальний несучих конструкцій. Все навантаження передається на дно приямка. Таким чином, завантаження/вивантаження платформи можливе з чотирьох сторін, що відкриває широкі можливості при архітектурних обмеженнях [1]. В практичній реалізації знайшли застосування ножичні підйомники несиметричного типу з точки зору прикладення підйомних зусиль та розташування шарнірних рухомих та нерухомих опор (рис. 1). При розкладанні такого механізму має місце зміщення осьової вертикальної лінії в бік нерухомих опор, що негативно впливає на рівновагу конструкції. Симетричний ножичний підйомник (рис. 2) не має такого недоліку, проте в літературі відсутні аналітичні залежності, що дозволяють виконати та провести силовий аналіз такої конструкції.

Метою роботи є отримання залежностей для силового розрахунку конструкції симетричного ножичного підйомника та визначення оптимального розташування гідроциліндрів за мінімальним зусиллям підйому.



Рис. 1 – Приклади механізмів ножичного підйомника

Основна частина

Для силового розрахунку нами застосовано апарат статки теоретичної механіки [2] із використанням рівнянь рівноваги для всіх елементів ножичного підйомника з n -ю кількістю секцій. В результаті дослідження було аналітично виведено формули для розрахунку реакцій, діючих в усіх шарнірних з'єднаннях механізму:

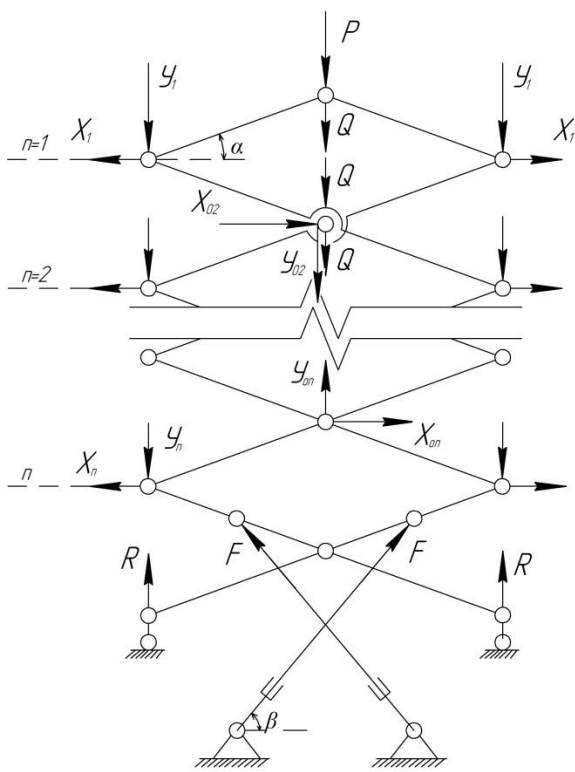


Рис. 2 – Конструктивна схема

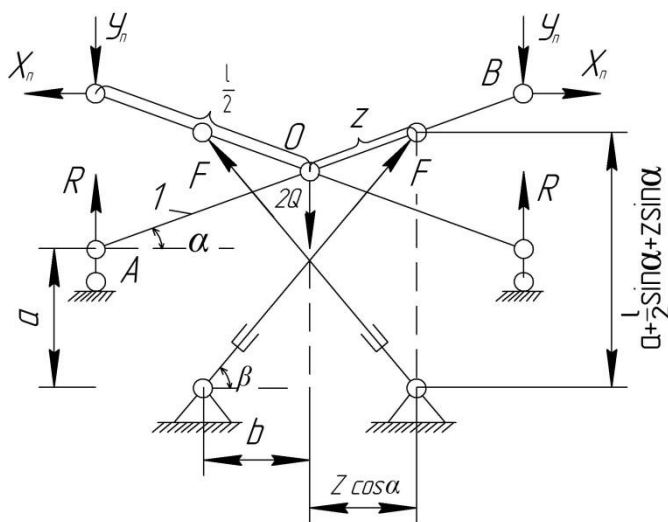


Рис. 3 – Нижня секція

$$Y_{0n} = 0,$$

$$X_{0n} = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} [2 \cdot (n - 1) \cdot P + (2n^2 - 4n + 3) \cdot Q], \quad (1)$$

$$Y_n = \frac{P}{2} + (n - 0.5) \cdot Q, \quad (2)$$

$$X_n = \frac{1}{\operatorname{tg}\alpha} [(2n - 1) \cdot P + (n^2 - n + 0.5) \cdot Q], \quad (3)$$

$$R = - \frac{L \cdot Y_n \sin\beta - 2Q \cdot \sin\beta \cdot z - 2Y_n \sin\beta \cdot z + L \cdot X_n \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\beta + 2Q \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\beta \cdot z + 2Y_n \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\beta \cdot z}{L \cdot \sin\beta + 2 \cdot \sin\beta \cdot z - 2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\beta \cdot z}, \quad (4)$$

Знак «-» в формулі (4) означає роботу опори на відрив від нижньої площини.

$$F = \frac{L \cdot Q + 2 \cdot L \cdot Y_n + L \cdot X_n \cdot \operatorname{tg}\alpha}{L \cdot \sin\beta + 2 \cdot \sin\beta \cdot z - 2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\beta \cdot z}, \quad (5)$$

де n – кількість центральних шарнірів над нижньою секцією; P – зовнішнє навантаження; Q – вага важеля; α – кут розкриття підйомника.

Отримані формули дають змогу розрахувати вертикальні та горизонтальні складові реакції, що діють на нижню секцію, які залежать від параметра n . При цьому в результаті розрахунків було з'ясовано, що усі центральні шарніри вільні від вертикальної складової реакції Y_{0n} (рис.2).

Розглядаючи нижню секцію (рис.3) даної конструкції встановлено залежність кута β від відстані z :

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{a + \frac{1}{2}z \cdot \sin\alpha}{b + z \cdot \cos\alpha}, \quad (6)$$

де a , b – відповідно вертикальна та горизонтальна координати від нижньої опори до нижнього шарніра гідроциліндра; z – відстань від центрального шарніру першої пари механізму до верхнього шарніру гідроциліндра.

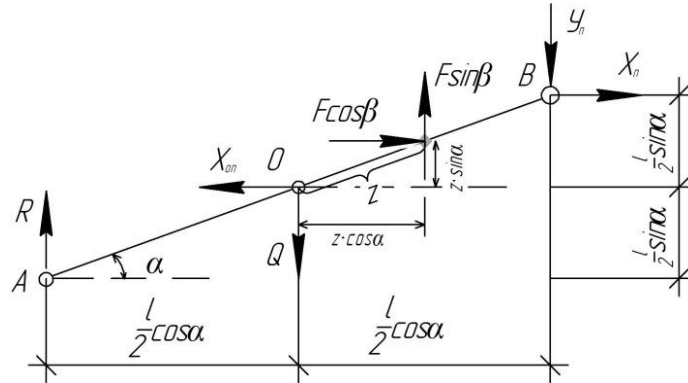


Рис. 4 – Важіль 1 нижньої секції

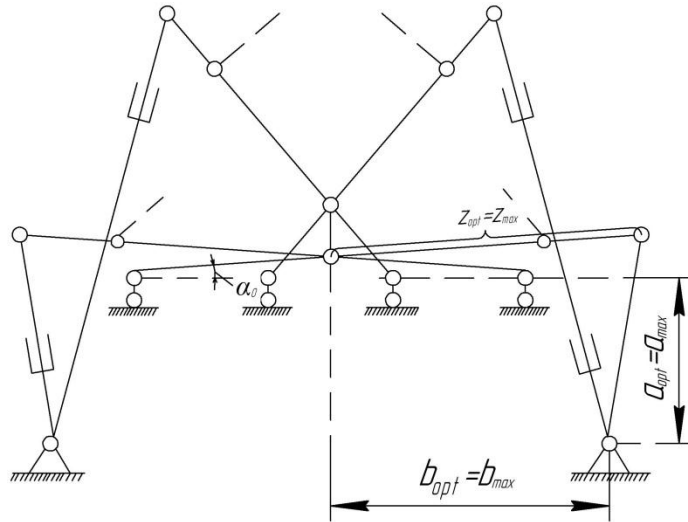


Рис. 5 – Оптимальне розташування шарнірів гідроциліндра

Виконаємо аналіз залежності F для визначення мінімального зусилля підйому залежно від лінійних параметрів a , b та z (рис. 4, 5):

$$\begin{aligned} F(a, b, z) &\rightarrow \min, \\ \frac{\partial F(a, b, z)}{\partial a} &= 0, \quad 0 \leq a \leq a_{\max}. \\ \frac{\partial F(a, b, z)}{\partial b} &= 0, \quad b_{\min} \leq b \leq b_{\max}. \\ \frac{\partial F(a, b, z)}{\partial z} &= 0, \quad 0 \leq z \leq z_{\max}. \end{aligned}$$

В результаті аналізу функції F визначено, що:

$$b_{\text{opt}} = b_{\min},$$

$$z_{\text{opt}} = z_{\max},$$

$$a_{\text{opt}} = a_{\max}.$$

Для прикладу наведемо розрахунок підйомної сили по одному із конструктивних рішень ножичного підйомника: $n = 10$, $P = 35$ кН, $P_1 = 150$ кН, $H = 40$ м, $L = 4.4$ м.

При $b = 0$, $z = 0$, $\alpha_0 = 0.066$, отримаємо:

$$F = 2.312 \times 10^3 \text{ кН.}$$

А при $b = b_{\text{opt}} = -3.13$ м, $z = z_{\text{opt}} = 2.4$ м, $\alpha_0 = 0.548$, маємо:

$$F = 577.198 \text{ кН.}$$

Висновки

Центральні шарніри симетричного ножичного підйомника вільні від вертикальної складової реакції. Оптимальне розташування гідроциліндрів, що з'єднані з нижньою секцією, залежить від лінійних параметрів a , b та z : найменше підйомне зусилля реалізується, коли величини a та z сягають найбільших, а величина b найменшого значень, які визначаються з конструктивних міркувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ножичні підйомники [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://kievlift.com.ua/ua/nozhichni-pidjomniki/>.

2. Павловський М. А. Теоретична механіка / М. А. Павловський. – Київ: Техніка, 2002. – 510 с.

Підгорна Олена Володимирівна — студентка групи БМ-166, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: 2b16b.pidhorna@gmail.com;

Грушко Олександр Володимирович — професор кафедри ОМПМ, доктор технічних наук, професор, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, e-mail: grushko1alex@gmail.com

Pidhorna Olena — Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: 2b16b.pidhorna@gmail.com;

Hrushko Oleksandr — Prof. of Materials Strength and Applied Mechanics Department, Doctor of Technical Sciences, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: grushko1alex@gmail.com .