

ДО ПИТАННЯ АНАЛІЗУ НАПРУЖЕНЬ В ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІІ НОЖИЧНОГО ПІДЙОМНИКА СИМЕТРИЧНОГО ТИПУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Висвітлено підходи та методику щодо аналізу напружень, які виникають в елементах конструкції ножичного підйомника симетричного типу, що базується на розрахунку зусиль в елементах даної конструкції.

Ключові слова: ножичний механізм, гідроциліндр, напруження.

Abstract

The approaches and methods for the analysis of stresses that arise in the elements of the design of a scissor lift of a symmetrical type, based on the calculation of forces in the elements of this construction, are highlighted.

Keywords: scissor mechanism, hydraulic cylinder, tension.

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. Все навантаження передається на дно прямика. Таким чином, завантаження/вивантаження платформи можливе з чотирьох сторін, що відкриває широкі можливості при архітектурних обмеженнях. Симетричний ножичний підйомник не викликає зміщення осьової вертикальної лінії, що спричиняє втрату рівноваги конструкції [1].

Метою роботи є проведення аналізу багатосекційної конструкції щодо величини напружень, які виникають при роботі такого механізму.

Основна частина

Для проведення аналізу напружень, що виникають в системі (рис. 1) був проведений силовий розрахунок конструкції із використанням рівнянь рівноваги [2] 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, та визначені оптимальні параметри розташування гідроциліндрів за мінімальним зусиллям підйому (рис. 2) :

$$F(a, b, z) \rightarrow \min.$$

В результаті аналізу функції F визначено, що:

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

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

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

Задача полягає в розробці конструкції для підйому на якомога більшу висоту певного вантажу, при мінімальних техніко-економічних затратах. Максимальна висота підйому досягається збільшенням кількості секцій, а збільшення кількості секцій, в свою чергу, призводить до зростання напружень, які залежать від кількості секцій, кута розкриття та довжини штока гідроциліндра $\sigma(n, \alpha, L)$. Максимальна величина нормальних напружень в небезпечному перерізі (рис. 1) визначається з врахуванням згинальних моментів та нормальних сил, що виникають при роботі механізму [3]:

$$\sigma(n, \alpha, L) = \frac{|N_{\text{max}}|}{2 \cdot A \cdot 10^3} + \frac{|M_{\text{max}}|}{2 \cdot W_z \cdot 10^3} \quad (1)$$

$$N_{max} = (2n - 1) \cdot \frac{P}{2} + (n \cdot n - n + 0.5) \cdot Q \frac{\cos\alpha}{\operatorname{tg}\alpha} + \left[\frac{P}{2} + (n - 0.5) \cdot Q \right] \cdot \sin\alpha \quad (2)$$

$$M_{max} = \left[(2n - 1) \cdot \frac{P}{2} + (n \cdot n - n + 0.5) \cdot Q \frac{\sin\alpha}{\operatorname{tg}\alpha} - \left[\frac{P}{2} + (n - 0.5) \cdot Q \right] \cdot \cos\alpha \right] \cdot \frac{L}{2} \quad (3)$$

На основі попередніх розрахунків зусиль в елементах конструкції [4], була виведена залежність для розрахунку напружень, на основі чого і був побудований графік залежності напружень від кута розкриття (рис. 3).

Для прикладу наведемо розрахунок напружень по одному із конструктивних рішень [4] ножично-го підйомника: переріз – пустотілий прямокутний профіль $h \times h_1 \times t$, $n = 11$, $\alpha = 31^\circ$, $L = 4.4$ м, $P = 35$ кН, $Q = 6.5$ кН, $t = 0.008$ м, $h = 0.3$ м, $h_1 = 0.1$ м, $b = b_{opt} = -3.13$ м, $z = z_{opt} = 2.4$ м.

Отримали:

$$\sigma(n, \alpha, L) = 2,665 \times 10^3 \text{ МПа.}$$

Як видно, значення напружень на початковій стадії розкриття підйомника є таким, що значно перевищує допустимі напруження конструкційних сталей, проте ідея, що закладена в основу їх розрахунків може бути покладена в основу структурної оптимізації конструкції. Дане питання на сьогодні є відкритим і може бути предметом подальших досліджень.

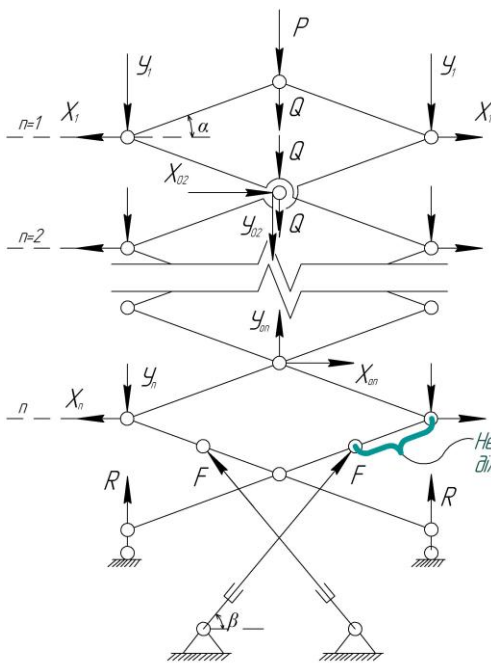


Рис. 1 – Конструктивна схема

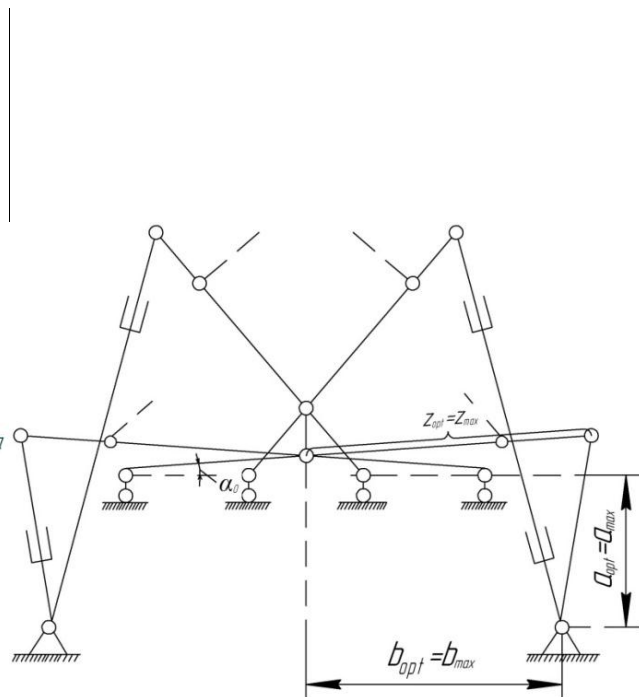


Рис. 2 – Оптимальне розташування шарнірів гідроциліндра

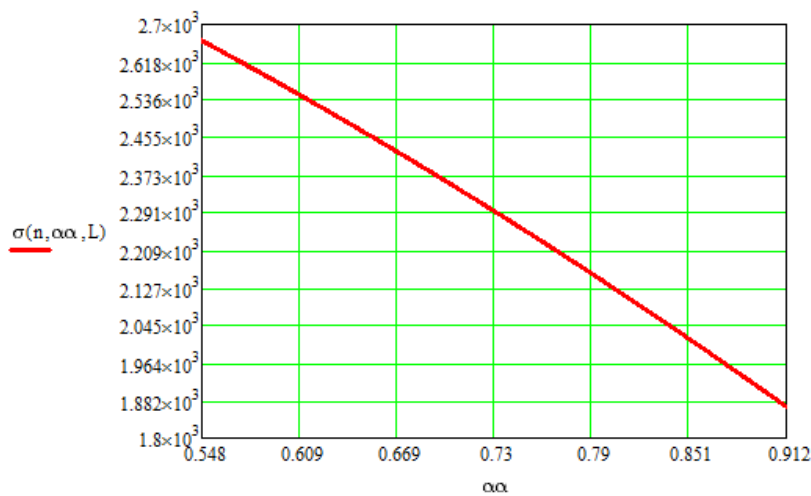


Рис. 3 – Графік залежності напружень (в МПа) в нижній секції підйомника від кута його розкриття (в радіанах)

Висновки

Максимальні напруження виникають в нижній частині важелів симетричного підйомника при початковому куті розкриття, тому конструктивно його треба забезпечити якомога більшим. При кількості секцій $n = 10$ та більше, навіть при оптимальному розташуванні гідроциліндрів, напруження в системі на початковій стадії розкриття підйомника набувають колосально високих значень, при яких практична реалізація запропонованої конструкції стає неможливою. Оптимізацію конструкції з точки зору міцності варто виконувати за допомогою комп'ютерних програм, із врахуванням кількості секцій, розмірів перерізу балок та точок прикладення зусиль.

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.
3. Писаренко Г. С. Опір матеріалів: [підручник] / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; за ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища школа, 2004. – 655 с. – ISBN 966-575-184-0.
4. Підгорна О. В. Розрахунок зусиль в елементах конструкції ножичного симетричного підйомника [Електронний ресурс] / О. В. Підгорна, О. В. Грушко // НТКП ВНТУ. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4821>.

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, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: grushko1alex@gmail.com

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

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