

УДК 621.865.8

Володимир Савків, к. т. н., доц., Роман Михайлишин, Олег Борух  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ СТРУМИННОГО ЗАХОПЛЮВАЧА ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Volodymyr Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., Roman Mykhailyshyn, Oleg Boruh  
ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION BERNOULLI GRIPPER DURING  
THE HANDLING OPERATION

Під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій за допомогою промислових роботів оснащених струминними захоплювачами, необхідно забезпечувати надійність утримування об'єктів маніпулювання та мінімальні енерговитрати. В захоплювальних пристроях струминного типу [1] піднімальна сила створюється за рахунок аеродинамічного ефекту притягання, що виникає завдяки використанню стисненого повітря. Надійність роботи таких пристроїв суттєво залежить від витрати стисненого повітря задля збереження рівноваги об'єкта маніпулювання відносно захоплювального пристрою при виконанні промисловим роботом транспортних функцій. Тому завдання дослідження енерговитрат процесу маніпулювання об'єктами з застосуванням оптимальної орієнтації захоплювального пристрою є достатньо актуальною. У роботах [2-3] запропонована модель оптимальної орієнтації струминного захоплювального пристрою (СЗП) під час транспортування об'єкта маніпулювання по прямолінійній траєкторії, також авторами було запропоновано модель для визначення оптимальної орієнтації захоплювального пристрою при маніпулюванні об'єктами з зміщеним центром мас.

У даній роботі досліджено енерговитрати струминного захоплювача під час транспортування об'єкта маніпулювання по прямолінійній траєкторії (Рис. 1). Прямолінійна траєкторія розбивається на 8 ділянок: 1-захоплення і відвід, 2-підйом та переорієнтація, 3-розгін, 4-переорієнтація, 5-переорієнтація, 6-уповільнення, 7-опускання і переорієнтація, 8-підвід і розвантаження. Відповідно до [3] знайдемо мінімальну необхідну силу притягання при таких параметрах об'єкта маніпулювання та системи :  $A=0.5$  m,  $B=0.5$  m,  $H=0.05$  m,  $E=0$  m,  $d=0.01$  m,  $c=0.005$  m,  $f=0.6$ ,  $m=1$  kg.

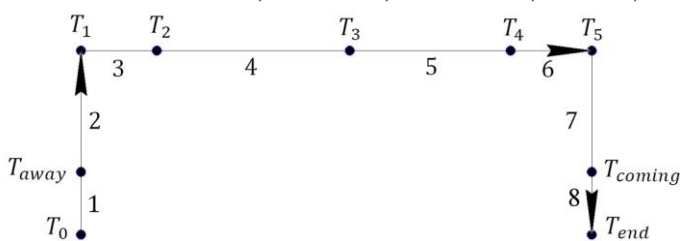


Рис. 1. Прямолінійна траєкторія руху СЗП

Відповідно до [3] знайдемо мінімальну необхідну силу притягання при таких параметрах об'єкта маніпулювання та системи :  $A=0.5$  m,  $B=0.5$  m,  $H=0.05$  m,  $E=0$  m,  $d=0.01$  m,  $c=0.005$  m,  $f=0.6$ ,  $m=1$  kg. Із технічних характеристик СЗП [1] знаючи необхідну силу притягання

можна знайти витрату стиснутого повітря на кожній ділянці траєкторії.

Таблиця 1.

Без оптимізації орієнтації СЗП				З оптимізацією орієнтації СЗП			
Ділянка	Параметри руху	Сила притягання	Витрата (приведена до норм. умов)	Ділянка	Параметри руху	Сила притягання	Витрата (приведена до норм. умов)
$T_0-T_1$	$a=11\text{ м/с}^2$ , $v=0,3\text{ м/с}$ , $\beta=\pi/2$ рад	21Н	135л/хв	$T_0-T_1$	$a=0,5\text{ м/с}^2$ , $v=0,3\text{ м/с}$ , $\beta=\pi/2$ рад	20Н	130л/хв
$T_1-T_5$	$a=18\text{ м/с}^2$ , $v=0,6\text{ м/с}$ , $\beta=0$ рад	40Н	210л/хв	$T_1-T_5$	$a=5\text{ м/с}^2$ , $v=0,6\text{ м/с}$ , $\beta=0$ рад	-1,3Н	0л/хв
$T_5-T_{\text{end}}$	$a=11\text{ м/с}^2$ , $v=0,3\text{ м/с}$ , $\beta=-\pi/2$ рад	21Н	135л/хв	$T_5-T_{\text{end}}$	$a=0,5\text{ м/с}^2$ , $v=0,3\text{ м/с}$ , $\beta=-\pi/2$ рад	20Н	130л/хв

Для заданих параметрів захватної системи отримано графік витрати стиснутого повітря за одну вантажно-розвантажувальну операцію (Рис. 2.).

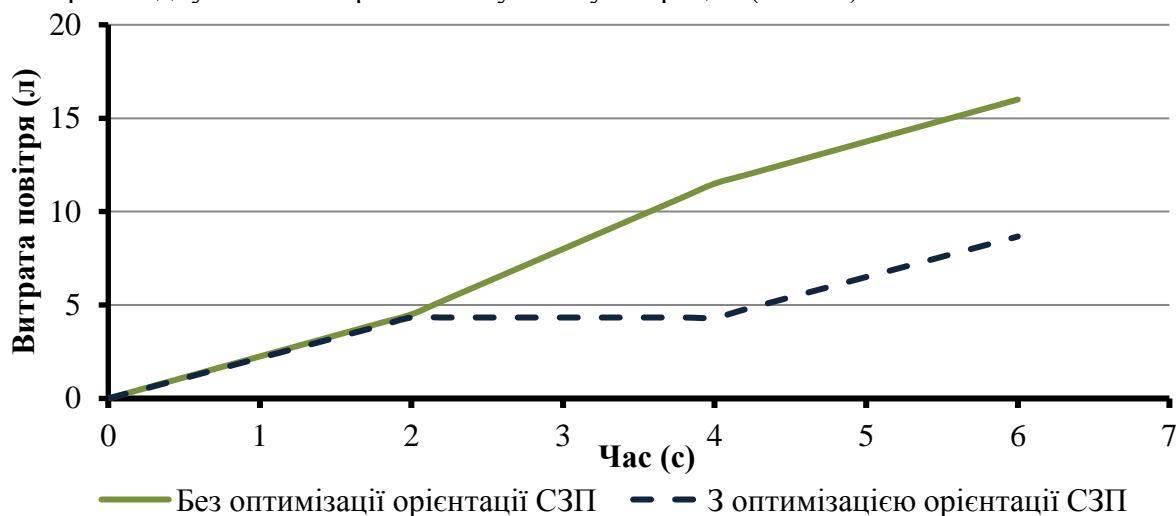


Рис. 2. Витрата повітря СЗП на виконання однієї вантажно-розвантажувальної операції

Витрата стиснутого повітря за одну операцію, при використанні методу оптимізації орієнтації СЗП, зменшилась на 44%. Питома витрата електроенергії при виробництві стисненого повітря визначається за формулою:

$$H = \frac{0.00272 \cdot L_{iz}}{\eta_{iz} \eta_e \eta_n} \left( \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{1000 \text{ м}^3} \right), \quad (1)$$

де  $L_{iz}$  - робота ізотермічного стиснення,  $\eta_{iz}$  - ізотермічний к.к.д. компресора,  $\eta_e$  - к.к.д. електродвигуна,  $\eta_n$  - к.к.д. передачі.

Для параметрів  $L_{iz} = 15700 \text{ (Кгм} / \text{м}^3)$ ,  $\eta_{iz} = 0,72$ ,  $\eta_e = 0,7$ ,  $\eta_n = 0,8$ ,  $Q = 7 \text{ л}$ , знищення енерговитрат на виконання однієї вантажно-розвантажувальної операції складає:

$$H_o = H \cdot Q = \frac{106 \cdot 7}{1000} = 0,742 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}. \quad (2)$$

Отже, застосування методу оптимізації орієнтації струминного захоплювального пристрою під час виконання однієї вантажно-розвантажувальної операції дозволяє скоротити енерговитрати до 44% (0,742 Квт·год).

#### Література

1. Офіційний сайт фірми Aventics [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.aventics.com/de/ru/pneumatics-shop/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F-nct-pgr.256330>
2. Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, O. Fendo, M. Mykhailyshyn // Procedia Engineering. – 2017. – № 187. – P. 264 – 271. – DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.374.
3. Михайлишин Р. І. Optimization of bernoulli gripping device's orientation under the process of manipulations along direct trajectory / Р.І. Михайлишин, Я. І. Проць, В.Б. Савків // Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2016. – Том 81. – №1. – С. 107 – 117.