

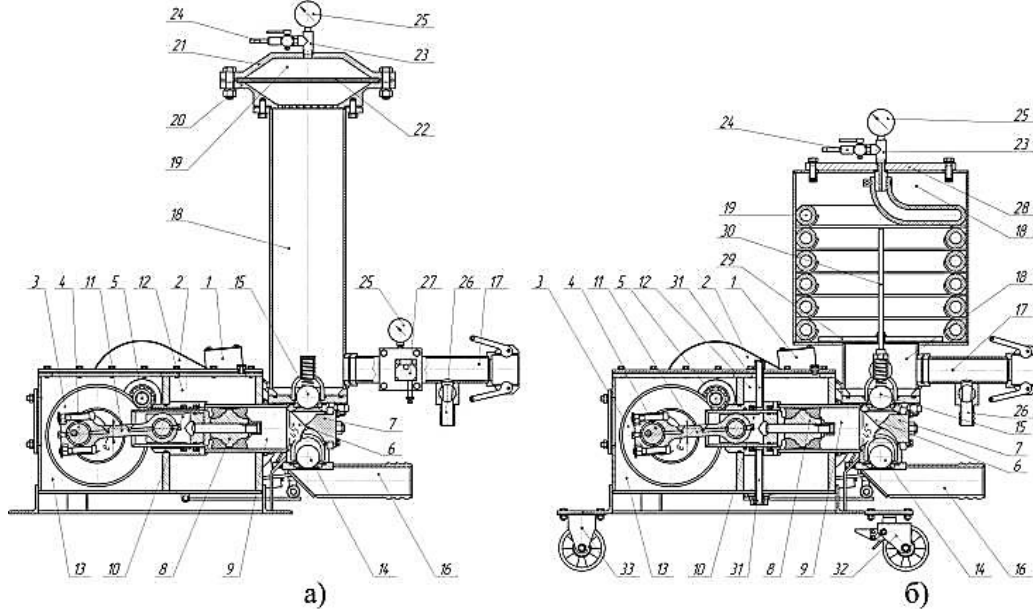
Микола Шаповал, доц., канд. техн. наук, **Віктор Вірченко**, доц., канд. техн. наук, **Анатолій Криворот**, доц., канд. техн. наук, **Максим Скорик**, ст. викладач
 Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна
 e-mail: nvshapoval75@ukr.net

Вплив конструктивних рішень компенсаторів на енергоефективність роботи розчинонасоса

Проблема енергозбереження актуальна в сучасних умовах експлуатації будівельної техніки, відповідно варто розглянути питання впливу ступеня пульсації розчинонасоса на енергоємність.

Відомі експериментальні дослідження [1] вказують на те, що при зростанні ступеня пульсації тиску зростає енергоємність E розчинонасоса при перекачуванні 1 м^3 будівельних розчинів. Також видно, що при досягненні рівня пульсації тиску $\delta = 0,15 \dots 0,2$ залежності зміни величини енергоємності транспортування розчинів із різною рухомістю мають пологі ділянки, тоді як після досягнення даної межі – зростання витрат електроенергії на перекачування розчину починає суттєво збільшуватися.

На (рис. 1, а) [2] зображено розчинонасос одинарної дії з комбінованими компенсаторами пульсації тиску та збільшеного об'єму (рис. 1, б) [3], що складається з привода кривошипно-шатунного механізму, всмоктувальної камери зі спеціальною вставкою, всмоктувального та нагнітального кульових клапанів, всмоктувального та нагнітального патрубків. Насос призначено для перекачування будівельних розчинів рухомістю ($\Pi = 8 \dots 12 \text{ см}$) з крупністю заповнювача до 5 мм і може бути використано для виконання штукатурних робіт.



- 1 – електродвигун; 2 – клинопасова передача; 3 – зубчасте колесо; 4 – кривошипний вал; 5 – вал-шестерня; 6 – всмоктувальна камера; 7 – спеціальна вставка; 8 – поршень; 9 – робочий циліндр; 10 – повзун; 11 – шатун; 12 – камера; 13 – корпус редуктора; 14, 15 – всмоктувальний та нагнітальний підпружинений кульові клапани; 16 – всмоктувальний патрубок; 17 – нагнітальний патрубок; 18 – циліндрична камера; 19 – замкнена камера; 20 – основа; 21 – верхня кришка; 22 – гумотканинна діафрагма; 23 – патрубок редукційний; 24 – ніпель; 25 – манометр; 26 – кран зниження тиску; 27 – реле тиску; 28 – кришка; 29 – поплавок; 30 – направляючий стрижень; 31 – каналний патрубок; 32, 33 – пара коліс

Рисунок 1 – Конструктивна схема однопоршневого розчинонасоса з комбінованими компенсаторами: а) – пульсації тиску; б) – збільшеного об'єму.

Потужність розчинонасоса визначається як

$$N_{рн} = \frac{p(\varphi) \cdot Q_m}{3,6 \cdot \eta_{рн}} \quad (1)$$

де Q_m – теоретична продуктивність розчинонасоса; $p(\varphi)$ – тиск під яким розчин подається у нагнітальний трубопровід; $\eta_{рн}$ – загальний ККД розчинонасоса.

Енергетичні витрати можна розділити на витрату під час нагнітання $N_{нз(\varphi)}$ та під час всмоктування $N_{вс(\varphi)}$

$$N_{рн(\varphi)} = N_{нз(\varphi)} + N_{вс(\varphi)}. \quad (2)$$

Загальний ККД розчинонасоса

$$\eta_{рн} = \eta_{ел} \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{об} \cdot \eta_{гидр} \quad (3)$$

де $\eta_{ел}$, $\eta_{мех}$, $\eta_{об}$, $\eta_{гидр}$ – відповідно електродвигуна, механічний, об'ємний, гідравлічний ККД; $p(\varphi)$ – тиск подачі розчину протягом циклу роботи розчинонасоса; Q_m – теоретична подача розчинонасоса.

З урахуванням стиснення розчину в робочій камері та зворотних витоків через клапани об'ємний коефіцієнт корисної дії розчинонасоса має вигляд

$$\eta_{об} = \frac{V_{н.ф.}}{V_p} = \frac{[V_{повн} \cdot (1 \pm \varepsilon) - \Delta V_{вс.кл}] \cdot (1 - \varepsilon_{см2}) - \Delta V_{н.кл} \cdot (1 + \varepsilon_{см2}) - V_{шк} - \left(F_n \cdot \left[\left(x_n - \frac{h_n}{2} \right) - \frac{h_n}{2\pi} \cdot (\varphi_{нз} - \pi) \right] \cdot (1 - \delta) \right)}{V_p \cdot (1 - \varepsilon_{см2})} \quad (4)$$

де V_p – розрахунковий об'єм; $V_{н.ф.}$ – фактичний об'єм розчину, поданий у нагнітальний трубопровід; $\Delta V_{вс.кл}$, $\Delta V_{н.кл}$ – відповідно об'єми витоків розчину при закритті всмоктувального і нагнітального клапанів; $\varepsilon_{см}$ – коефіцієнт об'ємного стиснення при тиску $p_{н.ном}$; $\varepsilon_{см2}$ – відносне стиснення розчинів, величина якого залежить від рухомості розчину.

Потужність, яка необхідна для роботи розчинонасоса протягом циклу роботи

$$\begin{aligned} 0 \leq \varphi_1 \leq \pi, \quad N_{нз(\varphi)} &= \frac{P_{атм} \cdot V_{комп} \cdot Q_m}{(3,6 \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{Г} \cdot [V_{повн} \cdot (1 \pm \varepsilon)] \cdot (1 - \varepsilon_{см2}) - \Delta V_{н.кл} \cdot (1 + \varepsilon_{см2}) - V_{шк})} \times \\ &\times \frac{V_p \cdot (1 - \varepsilon_{см2})}{\left(V_0 - F_n \cdot \left\{ R \cdot (1 - \cos \varphi) - \left[l - \sqrt{l^2 - (R \cdot \sin \varphi - e)^2} \right] - \frac{h_n}{2\pi} \cdot \varphi \right\} \cdot \delta \right)} \\ \pi \leq \varphi_2 \leq 2\pi, \quad N_{вс(\varphi)} &= \frac{P_{атм} \cdot V_{комп} \cdot Q_m}{(3,6 \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{Г} \cdot [V_{повн} \cdot (1 \pm \varepsilon) - \Delta V_{вс.кл}] \cdot (1 - \varepsilon_{см2}) - V_{шк})} \times \\ &\times \frac{V_p \cdot (1 - \varepsilon_{см2})}{\left(V_0 - F_n \cdot \left[\left(x_\pi - \frac{h_n}{2} \right) - \frac{h_n}{2\pi} \cdot (\varphi - \pi) \right] \cdot \varepsilon \right)} \cdot \delta \end{aligned} \quad (5)$$

Для визначення основних показників розчинонасоса: продуктивності, об'ємного ККД та енерговитрат з кожним із компенсаторів, що досліджуються, було застосовано плановий чотирьохфакторний експеримент.

Одержані рівняння регресії, які відображають залежності: Y_1 – фактична продуктивність $П_\varphi$, м³/год, Y_2 – об'ємний ККД $\eta_{об}$, %; Y_3 – потужність $N_{об}$, кВт/год. від чотирьох факторів, а саме: X_1 – рухомість розчину $П$, см; X_2 – тиск подачі розчину p , МПа; X_3 – приведений об'єм компенсатора $V_{комп}$, дм³; X_4 – кут нахилу спеціальної вставки у всмоктувальній камері β° , град.

Для визначення енерговитрат розчинонасосом одержані рівняння регресії в кодовому вигляді:

– з комбінованим компенсатором пульсації тиску

$$Y_3 = 3,321 + 0,102 \cdot X_1 - 0,021 \cdot X_3 + 0,023 \cdot X_4 - 0,026 \cdot X_2^2 + 0,311 \cdot X_3^2 + 0,338 \cdot X_4^2 + 0,046 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,054 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,07 \cdot X_3 \cdot X_4 \quad (6)$$

– з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму

$$Y_4 = 3,572 + 0,091 \cdot X_1 + 0,188 \cdot X_1^2 + 0,327 \cdot X_2^2 + 0,322 \cdot X_3^2 + 0,261 \cdot X_4^2 + 0,013 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,038 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,039 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,054 \cdot X_3 \cdot X_4 \quad (7)$$

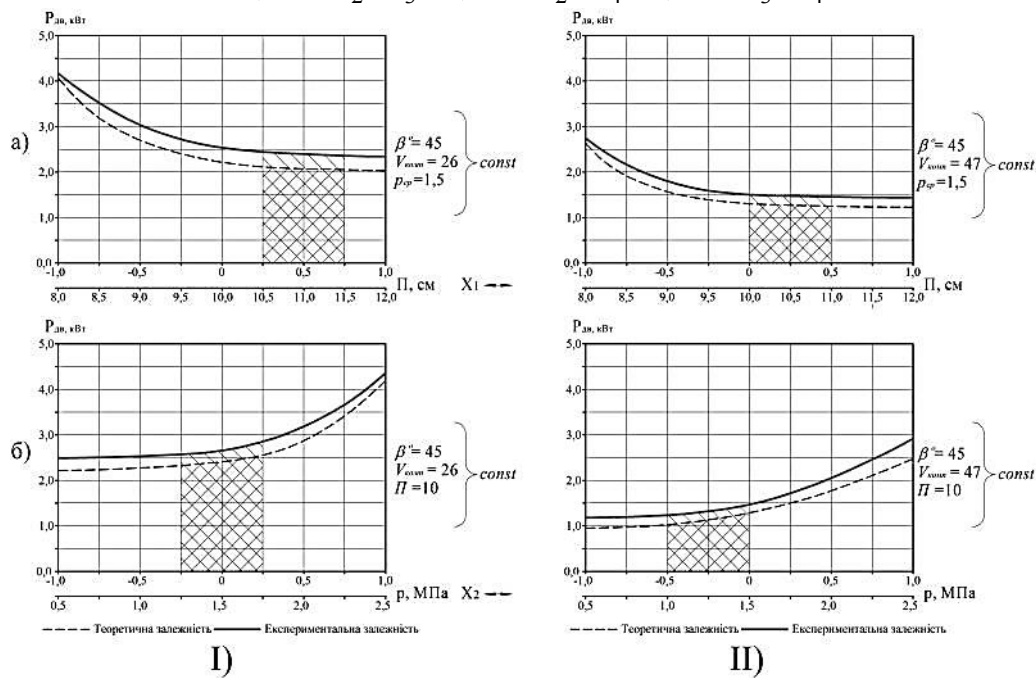


Рисунок 2 – Графічні залежності енерговитрат розчинонасоса від прийнятих параметрів робочого процесу Π (см), p (МПа) при встановленні:

I) комбінованого компенсатора пульсації тиску; II) комбінованого компенсатора збільшеного об'єму.

Дані рис. 2 свідчать про те, що у розчинонасоса з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму енерговитрати менші близько 1,2 кВт/год в порівнянні з розчинонасосом, у складі якого комбінований компенсатор пульсації тиску.

Аналіз експериментальних та розрахункових результатів досліджень свідчить про те, що вплив прийнятих факторів підвищує рівень продуктивності насоса та об'ємного ККД, а також зменшує витрати потужності у розчинонасоса з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму, для якого встановлено такі діапазони раціональних технологічних параметрів: рухомість розчину $\Pi = 9,5 \dots 10,5$ см; тиск подачі $p = 1,0 \dots 1,5$ МПа; приведений об'єм компенсатора $V_{\text{комп}} = 43 \dots 56$ дм³; кут нахилу спеціальної вставки $\beta = 37,5 \dots 52,5^\circ$.

Таким чином, можливо констатувати, що розчинонасос з комбінованим компенсатором збільшеного об'єму при аналогічних умовах роботи розчинонасосів має наступні переваги перед розчинонасосом, який оснащено комбінованим компенсатором пульсації тиску: ступінь пульсації тиску розчину зменшився на 18%; збільшилася продуктивність на 23%; знизилася енерговитрати на 21%.

Список літератури

1. Онищенко О.Г. Пристрої для зниження пульсації тиску розчину на виході з форсунки / О.Г. Онищенко, В.У. Устьянцев, А.М. Матвієнко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Вип. 7. – Полтава: ПДТУ, 2001. – С. 9-13.
2. Пат. 52851 Україна, МПК 6 F04B 9/08 Малоімпульсний насос / О.Г. Онищенко, В. У. Уст'янцев, М. В. Шаповал (Україна); заявник і патентовласник Полт. нац. техн. ун-т. ім. Ю. Кондратюка, № и 99020552; заявл. 02.02.1999; опубл. 15.01.2003, Бюл. №.1. (Особистий внесок здобувача: проведено аналіз існуючих конструкцій компенсаторів, обґрунтовано геометричні параметри компенсатора розчинонасоса.)
3. Пат. 112734 Україна, МПК F04B 11/00 Малоімпульсний насос / І.А. Ємельянова, Б. О. Коробко, М. В. Шаповал (Україна); заявник і патентовласник Полт. нац. техн. ун-т. ім. Ю. Кондратюка, № а 2015 11219; заявл. 16.11.2015; опубл. 10.10.2016, Бюл. №.19. (Особистий внесок здобувача: проведено аналіз існуючих конструкцій компенсаторів, обґрунтовано геометричні параметри компенсатора розчинонасоса.)