

УДК 691.53: 621. 65. 004.68

*О.Г. Онищенко, д.т.н., проф.; О.С. Васильев, ст. викл., Бейгул С.Б., к.е.н.  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИТОКІВ ЧЕРЕЗ МАНЖЕТНІ УЩІЛЬНЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РОЗЧИНОНАСОСІВ**

*Установлений вплив витоків через манжетні ущільнення на ефективність роботи диференціальних розчинонасосів та значення об'ємного ККД.*

*Ключові слова: витокі, манжетні ущільнення, розчинонасос, об'ємний ККД.*

*Установлено влияние утечек через манжетные уплотнения на эффективность работы дифференциальных растворонасосов и значение объёмного КПД.*

*Ключевые слова: утечки, манжетные уплотнения, растворонасос, объёмный КПД.*

*The dependence of outflows through the cup packings on performance efficiency of differential mortar pumps and value of volumetric EFFICIENCY are established.*

*Key words: outflow, cup packing, mortar pump, volumetric performance factor.*

**Постановка проблеми.** Кожна будівельна машина характеризується певними технічними показниками, які залежать від виду обладнання та конструктивних особливостей. Так, ефективність роботи розчинонасоса описується низкою техніко-економічних показників, з яких можна виділити кілька основних: продуктивність (подача), створюваний тиск, дальність транспортування, споживана потужність, надійність у роботі, всмоктувальна здатність, пульсація подачі, об'ємний ККД [1].

Саме об'ємний ККД заслуговує більш докладного вивчення. Цей показник характеризує ефективність транспортування будівельних сумішей та визначається як відношення фактичної подачі до теоретичної. Фактична подача завжди менша від теоретичної, це зумовлено величиною об'ємних втрат розчину при транспортуванні за допомогою розчинонасосів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій та виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Складність гідравлічних процесів, що відбуваються у робочій камері розчинонасоса, примушує при визначенні об'ємного ККД в основному спиратися на експериментальні дані. Прогнозування об'ємного ККД потребує врахування як властивостей перекачуваного середовища, так і конструктивних особливостей обладнання. Досвід лабораторних випробувань і виробничої експлуатації розчинонасосів свідчить про те, що зі зменшенням рухомості перекачуваного розчину об'ємний ККД насоса знижується.

Об'ємні втрати в насосі  $\Delta Q$  можна розбити на кілька складових:

$$\Delta Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3 + \Delta Q_4 + \Delta Q_5, \quad (1)$$

де  $\Delta Q_1$  – втрати через наявність повітря у розчині, що всмоктується у робочу камеру насоса;

$\Delta Q_2$  – втрати внаслідок зворотних витоків розчину під час закриття клапанів;

$\Delta Q_3$  – втрати в результаті стисливості рідини в шкідливому просторі робочої камери;

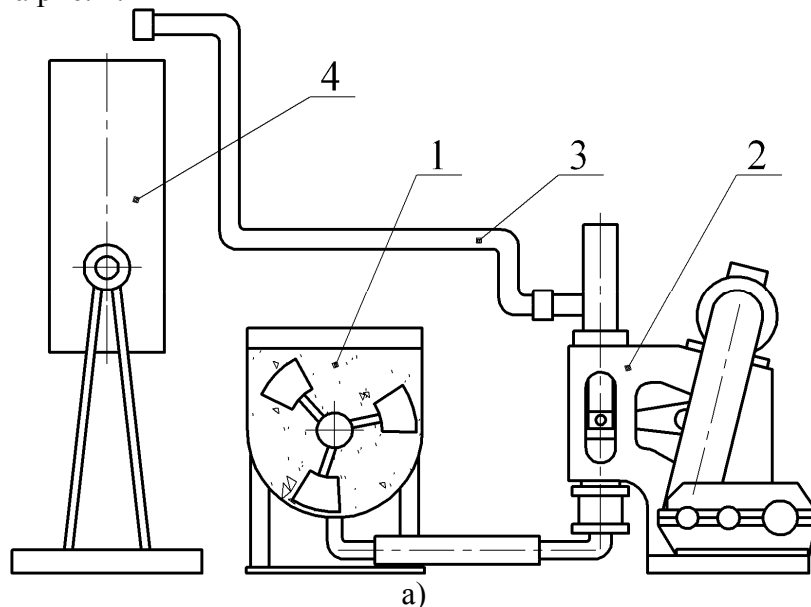
$\Delta Q_4$  – втрати внаслідок пружної деформації стінок робочої камери;

$\Delta Q_5$  – втрати в результаті витоків рідини через зазори в ущільненнях клапанного вузла і циліндро-поршневої групи.

Указані складові різною мірою впливають на загальну величину  $\Delta Q$ . Визначенню механізму впливу складових  $\Delta Q_1$ ,  $\Delta Q_2$ ,  $\Delta Q_3$  присвячені роботи [2, 3, 4]. У процесі оцінювання втрат розчину при роботі розчинонасоса під номінальним тиском до 5 МПа, що класифікується як низький [5], втратами  $\Delta Q_4$  можна знехтувати. Витоки через ущільнення  $\Delta Q_5$  для справного розчинонасоса при вказаному робочому тиску перекачування також вважаються несуттєвими порівняно з іншими втратами, але після певного періоду роботи розчинонасоса саме зношування манжетних ущільнень обумовлює збільшення витоків  $\Delta Q_5$  до величин, що суттєво впливають на ефективність роботи обладнання.

**Формулювання цілей статті.** Метою даного дослідження є встановлення характеру впливу зношування манжетних ущільнень на продуктивність розчинонасоса та розроблення заходів щодо підвищення об'ємного ККД обладнання для транспортування розчинних будівельних сумішей.

**Виклад основного матеріалу.** Для проведення досліджень стосовно визначення дійсного об'ємного ККД залежно від часу роботи при різних рухомостях розчину було використано диференціальний розчинонасос із вертикальним проточним плунжером РНП 2-4, що входив до складу експериментальної установки, схема та зовнішній вигляд якої наведені на рис. 1.





б)

Рисунок 1 – Схема експериментальної установки:

а – конструктивна схема; б – загальний вигляд;

1 – механічна змішувальна установка шнекового типу;

2 – розчинонасос РНП 2-4, об'ємний ККД якого визначається;

3 – розчинопровід для транспортування розчину; 4 – мірна ємність

До складу експериментальної установки входить розчинонасос, який необхідно дослідити, та випробувальний стенд. Останній складається зі змішувача шнекового типу з ємністю бункера  $250 \text{ дм}^3$ . Більш активне перемішування розчину відбувається завдяки тому, що стрічкові витки шнекового змішувача мають різний напрям навівання від середини. Привод змішувача здійснюється від асинхронного електродвигуна через клинопасову передачу на черв'ячний редуктор та через муфту на шнековий вал. Готова розчинна суміш потрапляє до розчинонасоса через гнучкий патрубок, що з'єднує бункер змішувача з усмоктувальною камерою розчинонасоса. Нагнітальний патрубок через швидкознімне з'єднання сполучається з гумотканинним розчинопроводом. За необхідності створення додаткового навантаження є можливість збільшення довжини магістралі за рахунок установлення додаткових секцій. Розчинопровід закінчується патрубком, що подає розчин у мірний циліндр, який має місткість до контрольної мітки  $60 \text{ дм}^3$ . Для збільшення точності проведення експериментів мірна ємність виконана у вигляді високого циліндра, а її місткість до мітки встановлена шляхом заповнення ємності водою об'ємом  $60 \text{ л}$  та додатково перевірена ваговим методом шляхом заливання  $60 \text{ кг}$  води.

Визначення рухомості розчину необхідної консистенції відбувалося за допомогою приладу для визначення рухливості будівельних розчинів за ГОСТ 5802-84, шкала приладу має межі  $1 \dots 14 \text{ см}$ . Очищення мірної ємності здійснювалось за допомогою спеціального скребка, який має діаметр заокругленої частини такий самий, як і внутрішній діаметр мірного циліндра. Час заповнення контролювався за допомогою секундоміра СД-800, ціна поділки  $0,1 \text{ с}$ .

Для проведення експерименту використовували вапняно-піщані будівельні розчини різної рухомості, які зазвичай застосовуються для здійснення опоряджувальних робіт. Розчини виготовлялися з піску й вапняного тіста у

співвідношенні 1:3. Для недопущення ускладнень у роботі розчинонасоса пісок та вапняна суміш проціджувалася крізь сито з розміром прохідного отвору 5 мм. Вихідні компоненти після зважування завантажувалися у бункер змішувача і після додавання води ретельно перемішувалися до утворення однорідної суміші. Необхідну рухомість розчину забезпечували шляхом додавання води з наступним перемішуванням. Оскільки в роботі були використані розчини різної рухомості, на першому етапі виготовлявся більш жорсткий розчин із рухомістю 8 см, а потім проводили необхідний експеримент із цим розчином, додаючи потрібну кількість води та підвищуючи його рухомість до 10 см і вище.

Для створення умов роботи насоса, наближених до виробничих, до нагнітального патрубку розчинонасоса приєднували комплект гумотканинних рукавів необхідних довжин і діаметра, які дозволяють отримати потрібний тиск на виході з насоса. Застосовувалися рукави діаметром 50 та 32 мм. Довжина рукавів вибиралася з таким розрахунком, щоб тиск розчину був не нижчим ніж 0,8 МПа. При цьому для розчинів із рухомістю 8 см довжина рукава становила 10 м, а для розчинів із рухомістю 10 та 12 см – відповідно 16 і 80 м.

Наповнення мірної ємності відбувається до моменту досягнення рівня розчину до позначки, що відповідає об'єму 60 дм<sup>3</sup>. Як тільки рівень розчину досягне зазначеної позначки, секундомір вимикається, а патрубок рукава переводиться в бункер змішувача. Після зливу розчину в бункер змішувача мірна ємність ретельно очищується від залишків розчину за допомогою спеціального скребка і далі відбувається наступний замір часу заповнення мірної ємності. Похибку результатів і необхідну кількість вимірювань визначали за рекомендаціями [6].

При випробуваннях розчинонасоса на всіх трьох рухомостях розчину використовувались ущільнення, виготовлені з твердої гуми марки 3825 ТУ 38-1051082-86. Манжетне ущільнення замінювалось на нове після того, як було проведено серію дослідів та ККД почав суттєво зменшуватись.

Величину об'ємного ККД розчинонасоса визначали із залежності дійсної подачі до теоретичної

$$\eta_{об} = \frac{Q_o}{Q_m} \cdot 100, \quad (2)$$

де  $Q_o$  – дійсна подача насоса, яку встановлюють за часом  $t$  заповнення розчином мірної ємності, м<sup>3</sup>/год,

$$Q_o = \frac{V_u}{t} \cdot \frac{3600}{1000}, \quad (3)$$

де  $Q_m$  – теоретична подача насоса,

$$Q_m = \frac{\pi}{4} \cdot D_n^2 \cdot H \cdot \frac{n}{60}, \quad (4)$$

де  $D_n$  – діаметр поршня розчинонасоса,  $D_n = 1$  дм;

$H$  – величина ходу поршня, дм;

$n$  – число подвійних ходів поршня за хвилину.

Для спрощення розрахунків підставимо значення параметрів розчинонасоса та стенда, за допомогою якого проводились дослідження; отже, при  $D_n = 1$  дм,  $H = 0,6$  дм,  $n = 152$  хв<sup>-1</sup>,  $V_u = 60$  дм<sup>3</sup>

$$Q_o = \frac{60 \cdot 3600}{t \cdot 1000} = \frac{216}{t}, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_m = \frac{3,14}{4} \cdot I^2 \cdot 0,6 \cdot \frac{152 \cdot 60}{1000} = 4,2955, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$\eta_{об} = \frac{216}{t} \cdot \frac{100}{4,2955} = \frac{50,285}{t} \cdot 100 \%$$

Результати випробувань розчинонасоса РНП 2-4 на визначення величини об'ємного ККД при різних рухомостях розчину залежно від часу роботи наведені у таблиці 1 та узагальнені у вигляді графіка (рис. 2).

Таблиця 1 – Результати визначення об'ємного ККД

Рухомість розчину, см		8	10	12	
Ресурс роботи, год	0	Час заповнення ємності, с	92,6; 91,6; 91,8; 90,6; 91,8	60,0; 61,6; 61,8; 61,6; 60,8	54,6; 53,5; 56,0; 54,7; 53,0
		ККД, %	55	83	92
	60	Час заповнення ємності, с	88,2; 87,5; 86,3; 88,1	61,6; 60,9; 62,1; 59,2; 59,8	55,6; 55,8; 56,4; 56,2; 55,4
		ККД, %	57	82,5	90
	120	Час заповнення ємності, с	89,4; 89,8; 87,9; 88,8; 90,5	62,5; 63,5; 61,2; 61,1; 62,9	56,0; 57,2; 54,8; 55,0; 54,4
		ККД, %	56	79	91,5
	180	Час заповнення ємності, с	94,5; 93,1; 92,7; 92,5; 93,9	63,6; 62,7; 63,9; 64,5; 64,2	54,5; 55,7; 56,2; 55,8; 55,1
		ККД, %	54	80,5	90
	240	Час заповнення ємності, с	92,7; 93,6; 94,2; 94,9; 92,2	66,0; 65,4; 65,8; 66,6; 67,0	61,3; 60,2; 59,8; 60,0; 62,8
		ККД, %	54	75	82
	300	Час заповнення ємності, с	100,7; 101,0; 99,8; 98,6; 99,5	72,2; 71,8; 72,6; 73,0; 74,4	66,7; 65,1; 65,2; 66,7; 67,1
		ККД, %	50	68	75

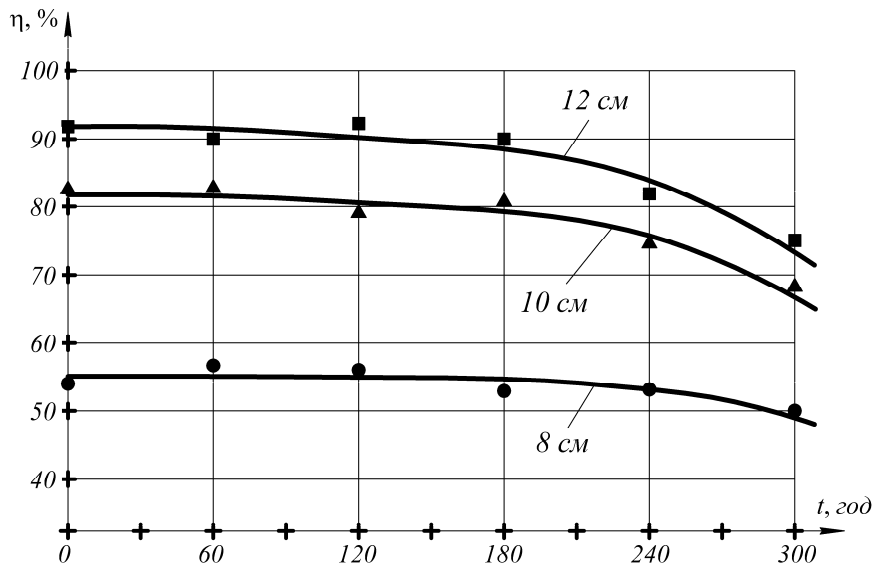


Рисунок 2 – Діаграма зміни ККД при різних рухомостях розчинної суміші (8, 10, 12 см)

Таким чином, очевидним стає те, що ККД практично не зменшується в межах, коли манжетне ущільнення не зношене, а коли через певний час відбувається спрацювання вузла, то спостерігається падіння ефективності роботи розчинонасоса. Причому рухомість розчинної суміші теж має вплив: чим менша рухомість, тим менші витрати. Тобто стійкість ущільнення до зношування дозволить подовжити ефективну роботу розчинонасоса.

Проведені раніше дослідження показали, що збільшення ресурсу роботи манжетних ущільнень можливе за рахунок зміни конструкції та матеріалу, з якого виготовлено манжету [7].

Отже, аналізуючи отримані результати, можна зробити такі **висновки**:

1. Установлений характер залежності ККД розчинонасоса від ресурсу роботи на різних рухомостях розчинної суміші.
2. Запропоновані шляхи зниження витрат через манжетні ущільнення за рахунок зміни матеріалу та конструкції, що веде до збільшення ресурсу роботи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. 1. Онищенко А.Г. *Отделочные работы в строительстве: учеб. пособие для вузов* / А.Г. Онищенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 272 с.
2. 2. Онищенко О. Г. Влияние объема расширения раствора на эффективность работы расчинонасоса / О.Г. Онищенко, А.В. Васильев, Б.О. Коробко // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. – Полтава: ПДТУ, 1999. – Вип.4. – С. 3 – 9.
3. 3. Онищенко О.Г. *Методика розрахунку зворотних витрат розчину через усмоктовуючий клапан вертикального диференціального розчинонасоса* / О.Г. Онищенко, А.Т. Кукоба, В.У. Уст'янець // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. – Полтава: ПДТУ, 1998. – Вип. 3. – С. 3 – 6.
4. 4. Онищенко А.Г. *Строительные машины и оборудование: учеб. пособие* / А.Г. Онищенко, М.Н. Рябов, В.Л. Гиверц. – К.: УМК ВО, 1989. – 332 с.
5. 5. Николич А.С. *Поршневые буровые насосы* / А.С. Николич. – М.: Недра, 1973. – 225 с.

6. 6. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул / Е.Н. Львовский, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.

7. 7. Онищенко О.Г. Дослідження роботи ущільнення насосної колонки диференціальних розчинонасосів / О.Г. Онищенко, О.С. Васильєв // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – Вип. 20. – С. 15 – 19.

Надійшла до редакції 19.02.2010 р.

© О.Г. Онищенко, О.С. Васильєв, С.Б. Бейгул