

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ ТА  
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НАСОСНОЇ ЧАСТИНИ  
РОЗЧИНОНАСОСА НА ЗНОШУВАННЯ В АБРАЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

*Одержані функціональні залежності питомих показників зношування гільзи та манжетного ущільнення. Визначено найбільш вагомі фактори, що впливають на зношування в абразивному середовищі.*

***Ключові слова:** величина зношування, абразивне середовище, багатфакторний експеримент*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Не зважаючи на тривалий термін використання розчинонасосів на будівельних майданчиках, досі є актуальним питання збільшення ресурсу роботи насосної частини. Для вирішення цієї проблеми використовуються різні шляхи, наприклад змінюють конструкцію робочих органів або використовують нові матеріали.

Але який шлях не було б обрано, необхідно якимсь чином оцінювати результати проведених модернізацій. Тобто необхідно визначити як впливають різні фактори на тривалість роботи розчинонасоса.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Як було встановлено [1], процес взаємодії робочих поверхонь насосної частини розчинонасоса з абразивним середовищем, що обумовлює ресурс безвідмовної роботи, однозначно визначається величиною зношування  $J$ . У зв'язку з цим виникає необхідність визначення тих конструктивних параметрів розчинонасоса та властивостей матеріалів, з яких виготовлені деталі насосної частини, які найбільшим чином впливають на величину зношування, а відповідно й на величину ресурсу роботи обладнання. Так як величина зношування залежить від поверхні тертя зразків та часу випробувань зразка, то з метою одержання більш універсальних результатів доцільно дослідити питомий показник зносу  $j$  [2].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Серед основних складових, що визначають зношування деталей насосної частини розчинонасоса під впливом абразивних частинок піску, є довжина та частота ходу робочого органа [3, 4]. Позитивно впливає на зносостійкість також твердість (міцність) матеріалу, з якого виготовлено деталі, що взаємодіють з розчинною сумішшю [5]. Слід відзначити, що у процесі роботи розчинонасоса відбувається зміна тиску в камерах та бічних зусиль, що впливають на ресурс ущільнень [6].

**Постановка завдання.** Метою даного дослідження є оцінка факторів взаємодії потоку будівельного розчину з робочими поверхнями розчинонасоса в процесі перкачування

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Аналізуючи конструкцію насосної частини диференціального розчинонасоса з вертикальним проточним плунжером, можна сказати, що універсальної моделі зношування плунжера та ущільнення не існує, тому функціональні залежності зношування  $J$  плунжера та ущільнення розглядаються окремо.

Функціональну залежність зношування плунжера  $J_{II}$ , доцільно визначати на основі комплексного багатофакторного аналізу результатів експериментального дослідження взаємного впливу зазначених факторів на процес взаємодії зразка, що рухається, із абразивним середовищем [7].

$$J_{II} = f(n, L, HRC, F), \quad (1)$$

де  $n$  – частота подвійних ходів, дв.х./хв;

$L$  – величина ходу, мм;

$HRC$  – міцність (твердість);

$F$  – сила притискання зразка, Н.

Проведення багатофакторного експерименту потребує визначення найбільш вагомих факторів та інтервалів їх варіювання. Інтервал варіювання твердості матеріалу  $HRC$  призначався на основі аналізу попередніх досліджень. Інтервали варіювання частоти подвійних ходів робочого органа  $n$ , величина ходу  $L$ , сила притискання зразка  $F$  визначалися на основі аналізу технічних характеристик розчинонасосів та можливостей установки для випробувань абразивної зносостійкості пар тертя.

Таким чином, встановлені граничні значення незалежних факторів, які значною мірою впливають на зношування зразків в абразивному середовищі (таблиця 1).

**Таблиця 1 – Значення інтервалів варіювання параметрів при вимірюванні величини зношування  $J_{II}$**

Найменування	Позначення	Розмірність	Верхній рівень (+)	Нульовий рівень (0)	Нижній рівень (-)	Інтервал варіюв.
Частота подвійних ходів	$n$	дв.х./хв	160	120	80	40
Величина ходу	$L$	мм	160	120	80	40
Міцність (твердість)	$HRC$	-	55	50	45	5
Сила притискання зразка	$F$	°Н	600	500	400	100

За кількістю встановлених найбільш вагомих факторів згідно із рекомендаціями [7] був складений план чотирьохфакторного експерименту для визначення величини зношування  $J_{II}$ .

Для проведення експерименту використовувався дослідний стенд (рисунок 1). Конструкція установки для випробувань абразивної зносостійкості пар тертя дозволяє змінювати частоту подвійних ходів, величину ходу, силу притискання зразка та випробувати зразки різної твердості.

При варіюванні параметрів згідно із розробленим планом експерименту було проведено виміри зношування зразків.

Загальна обробка одержаних значень зношування для всього комплексу вимірів проводилася за методикою. У результаті обробки даних була встановлена наступна функціональна залежність:

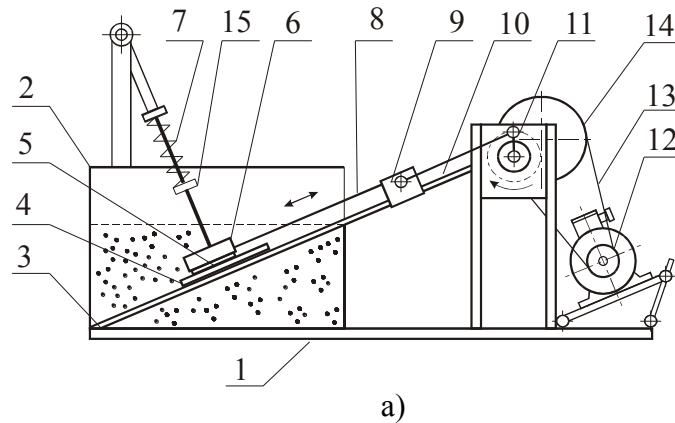
$$J_{II} = 19,4532 - 0,06853 n - 0,0357 L - 0,00471 F - 0,2589 HRC + 0,0001 n \cdot L + 6,87 \cdot 10^{-4} n \cdot HRC + 5,31 \cdot 10^{-5} n \cdot F + 2,375 \cdot 10^{-4} L \cdot HRC + 3,6875 \cdot 10^{-5} L \cdot F - 5,85 \cdot 10^{-5} HRC \cdot F. \quad (2)$$

Ураховуючи те, що залежність (2) одержана при дослідженні поверхні тертя зразків 0,05×0,08 м протягом 10 годин, для використання в інженерних розрахунках

стійкості гілз розчинонасосів доцільним буде перехід від величини зносу  $J_{П}$ , г, до питомого показника зносу  $j_n$ ,  $\frac{г}{м^2 \cdot год}$ .

Таким чином, маємо:

$$j_n = 486,3 - 1,713 n - 0,8925 L - 0,1178 F - 6,473 HRC + 2,5 \cdot 10^{-3} n \cdot L + 1,718 \cdot 10^{-2} n \cdot HRC + 1,328 \cdot 10^{-3} n \cdot F + 5,938 \cdot 10^{-3} L \cdot HRC + 9,219 \cdot 10^{-4} L \cdot F - 1,463 \cdot 10^{-3} HRC \cdot F. \quad (3)$$



б)

Рисунок 1 – Установа для випробувань абразивної зносостійкості пар тертя:

а – конструктивна схема; б – загальний вигляд:

1 – рама; 2 – бак з розчином; 3 – направляюча; 4 – досліджуваний зразок; 5 – другий досліджуваний зразок; 6 – притискач; 7 – пружина; 8 – тяга; 9 – повзун; 10 – шатун; 11 – кривошип; 12 – електродвигун; 13 – клинопасова передача; 14 – редуктор; 15 – гайка, що змінює навантаження

Визначена в результаті багатфакторного експерименту функціональна залежність (3) надає можливість розрахунковим шляхом оцінити величину впливу питомого показника зносу  $j_n$  на робочий орган розчинонасоса внаслідок дії зношування  $J_{П}$ , залежно від твердості (міцності) матеріалу плунжера, кількості подвійних ходів, величини ходу та сили притискання.

Аналізуючи діаграми залежності (3) при змінних величинах параметрів, які до них входять (рисунок 2), побудовані за допомогою комп'ютерної техніки, слід відзначити, що головним чином на величину зношування плунжера впливає його твердість та величина ходу. Кількості подвійних ходів та сила притискання є менш значущими.

Розроблена функціональна залежність (3) підтверджує та доповнює результати пошукових експериментів і узагальнює попередній аналіз результатів дослідження зношування. Використання даної залежності дає можливість кількісно оцінювати характер впливу зношування на зразок, що випробовується.

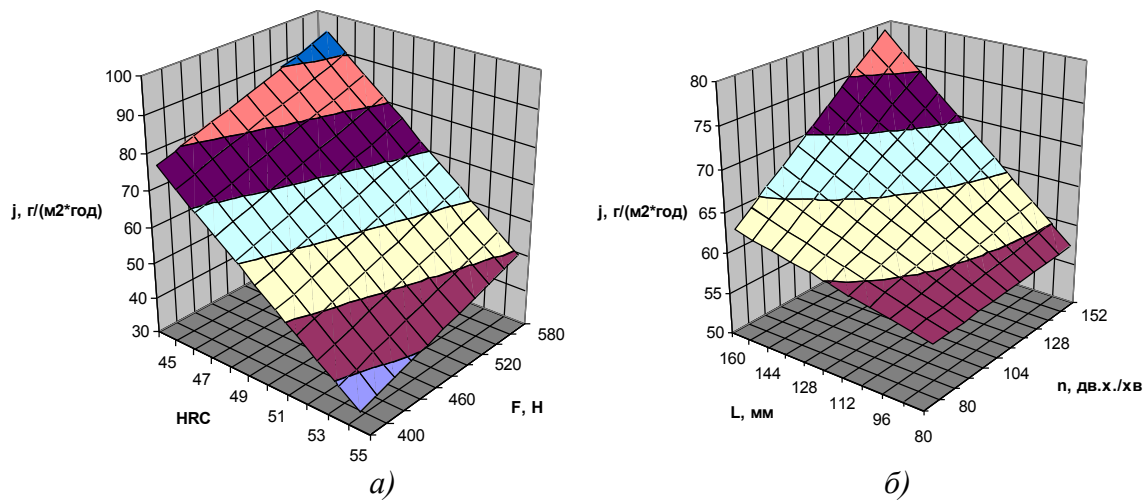


Рисунок 2 – Залежність питомого показника зносу  $j_{\text{п}}$  плунжера від:  
 а) твердості зразка HRC та сили притискання  $F$  (за умови  $n = 120$  дв.х./хв,  $L = 120$  мм); б) частоти подвійних ходів  $n$  та довжини ходу  $L$  (за умови  $HRC = 50$ ,  $F = 500$  мм)

Визначення функціональної залежності зношування  $J_M$  манжетного ущільнення проводиться за порядком, що описаний раніше. Отже, зношування  $J_M$  манжетного ущільнення функціонально має вигляд:

$$J_M = f(n, L, ShA, F), \quad (4)$$

- де  $n$  – частота подвійних ходів, дв.х./хв;
- $L$  – величина ходу, мм;
- $ShA$  – твердість зразка по Шору;
- $F$  – сила притискання зразка, Н.

Інтервал варіювання твердості матеріалу манжетного ущільнення призначався на основі рекомендацій та виробничого досвіду. Інтервали варіювання частоти подвійних ходів робочого органа  $n$ , величини ходу  $L$ , сила притискання зразка  $F$  визначалися на основі аналізу технічних характеристик розчинонасосів та можливостей установки для випробувань абразивної зносостійкості пар тертя.

Таким чином, встановлені граничні значення незалежних факторів, які значною мірою впливають на зношування зразків в абразивному середовищі (таблиця 2).

Таблиця 2 – Значення інтервалів варіювання параметрів при вимірюванні величини зношування манжетного ущільнення  $J_M$

Найменування	Позначення	Розмірність	Верхній рівень (+)	Нульовий рівень (0)	Нижній рівень (-)	Інтервал варіювання
Частота подвійних ходів	$n$	дв.х./хв	160	120	80	40
Величина ходу	$L$	мм	160	120	80	40
Твердість по Шору	$ShA$	-	85	70	55	15
Сила притискання зразка	$F$	°Н	600	500	400	100

За даною кількістю факторів, згідно з рекомендаціями щодо проведення багатofакторного аналізу [7], був складений план 4-факторного експерименту при вимірюванні величини зношування манжетного ущільнення  $J_M$  масовим методом, що визначає величину ресурсу проточного плунжера під час роботи розчинонасоса.

Загальна обробка одержаних значень зношування для всього комплексу вимірів проводилася за методикою. У результаті обробки даних була встановлена наступна функціональна залежність:

Кінцевий вигляд функціональної залежності після спрощення складових таких:

$$J_M = 5,2642 - 0,02833 L - 0,01692 n - 0,03492 ShA - 0,00149 F + 3,203 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot L + 1,292 \cdot 10^{-4} \cdot n \cdot ShA + 1,281 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot F + 1,958 \cdot 10^{-4} \cdot L \cdot ShA + 2,594 \cdot 10^{-5} \cdot L \cdot F - 3,333 \cdot 10^{-5} \cdot ShA \cdot F. \quad (5)$$

Ураховуючи, що залежність (5) одержана при дослідженні поверхні тертя зразків  $0,05 \times 0,08$  м протягом 10 годин, для використання в інженерних розрахунках стійкості манжетних ущільнень розчинонасосів доцільним буде перехід від величини зносу  $J_M$ , г, до питомого показника зносу  $j_M$ ,  $\frac{g}{m^2 \cdot год}$ . Таким чином, маємо:

$$j_M = 131,6 - 0,7083 L - 0,423 n - 0,873 ShA - 0,03725 F + 8,0075 \cdot 10^{-4} \cdot n \cdot L + 3,23 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot ShA + 3,2025 \cdot 10^{-4} \cdot n \cdot F + 4,895 \cdot 10^{-3} \cdot L \cdot ShA + 6,485 \cdot 10^{-4} \cdot L \cdot F - 8,3325 \cdot 10^{-4} \cdot ShA \cdot F. \quad (6)$$

Аналізуючи діаграми залежності (6) при змінних величинах параметрів, які до них входять (рисунок 3), побудовані за допомогою комп'ютера, слід відзначити, що визначальним фактором зношування манжети є її твердість по Шору.

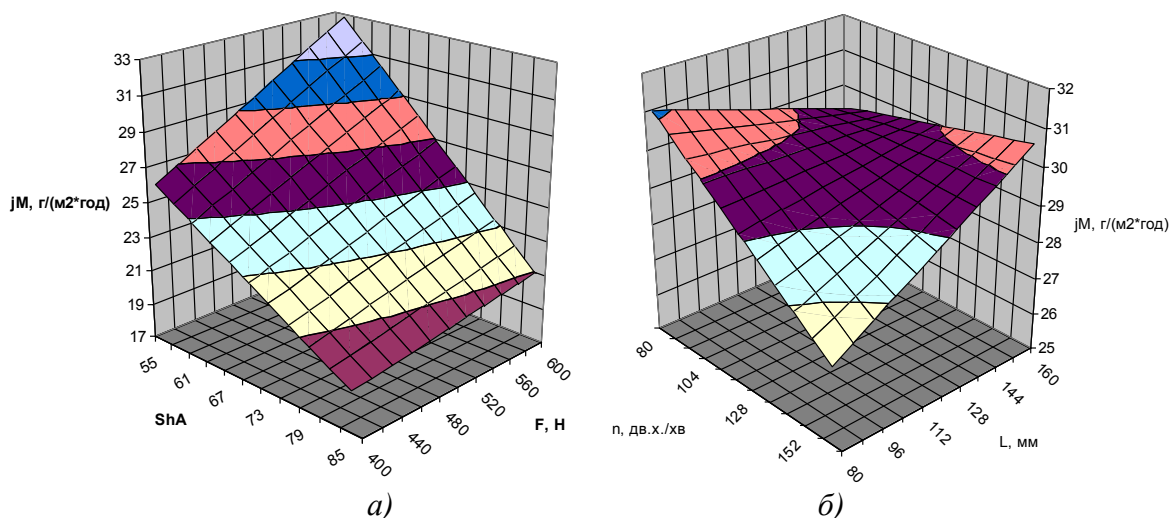


Рисунок 3 – Залежність питомого показника зносу манжетного ущільнення  $j_M$  від: а) твердості зразка по Шору  $ShA$  та сили притискування  $F$  (за умови  $n = 120$  дв.х./хв,  $L = 120$  мм); б) частоти подвійних ходів  $n$  та довжини ходу  $L$  (за умови  $ShA = 55$ ,  $F = 500$  мм)

## Висновки

1. За результатами планування та проведення чотирифакторних експериментів одержані функціональні залежності питомих показників зношування сталевий гільзи та гумового (або поліуретанового) манжетного ущільнення.

2. Встановлено, що визначальними факторами зношування гільзи є її твердість та величина ходу, А визначальним фактором зношування манжети є її твердість по Шору.

## Література

- 1 Цыбульский, В.А. К выбору критерия износостойкости при испытаниях материалов на трение и изнашивание / Цыбульский В.А., Савченков Б.В., Дудукалов Ю.В. // Вестник ХГАДТУ. – Харьков: Изд-во ХГАДТУ, 2000. – № 12-13. – С.79-81.
- 2 Браун, Э.Д. Моделирование трения и изнашивания в машинах / Э.Д. Браун, Ю.А. Евдокимов, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 191 с.
- 3 Парфёнов, Е.П. Новые унифицированные поршневые растворонасосы / Е.П. Парфёнов, В.В. Глебов, С.С. Добронравов // Строит. и дор. машины. – 1986. – № 3. – С. 9
- 4 Онищенко, А.Г. Конструктивные особенности гидравлической части растворонасоса РН-6 / А.Г. Онищенко. // Труды Всесоюз. научн.-техн. конф. "Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении". – Часть 6. Техника и технология измельчения, смешения и классификации материалов. – Белгород. – 1989. – С. 7-10.
- 5 Хрущев, М. М. Абразивное изнашивание / М. М. Хрущев, М. И. Бабичев. – М., 1970 – 252 с.
- 6 Потураев, В.Н. Прикладная механика резины / В.Н. Потураев, В.И. Дырда, И.И. Круш. – [2-е изд., перераб. и доп.] – К.: Наук. думка, 1980. – 260 с.
- 7 Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента / Джонсон Н., Лион Ф.: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981.- 520 с.

Надійшла до редакції 27.10.2011  
© Б.О. Коробко, О.С. Васильев

**Б.О. Коробко, к.т.н., доц., А.С. Васильев, к.т.н.**

**Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСОСНОЙ ЧАСТИ РАСТВОРОНАСОСА НА ИЗНАШИВАНИЕ В АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ**

*Получены функциональные зависимости удельных показателей изнашивания гильзы и манжетного уплотнения. Определено наиболее важные факторы, которые влияют на изнашивание в абразивной среде.*

**Ключевые слова:** *величина изнашивания, абразивная среда, многофакторный эксперимент*

**B.O. Korobko, Ph.D., A.S. Vasiliev, Ph.D.**

*Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk*

**THE RESEARCH OF INFLUENCE OF MATERIAL PROPERTIES AND DESIGN DATA OF PUMP BLOCK OF THE MORTAR PUMP ON WEAR PROCESS IN THE ABRASIVE ENVIRONMENT**

*Functional dependences of outwearing specific parameters of the sleeve and the cup packing are received. It is certain the most important factors which influence on outwearing in the abrasive environment.*

**Key words:** *the outwearing quantity, the abrasive environment, the multifactorial experiment.*