

УДК 631.33

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ**

**Макаренко Д.О., к.т.н., Олійник В.Б., магістр, Стрижка В.В., магістр**  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Abstract**

A regression model has been constructed; the dependence between influence on working condition of movable connections with applying polymeric-composite material and value of wear. It was found, that reasonable gap in tribocoupling “polymeric-composite material - steel” type is 300 microns. The lowest value of a weight wear received under the further working conditions:  $P = 250$  Н and  $v = 0,1$  м/с,  $S = 300$  microns.

**Keywords:** movable connections, polymeric-composite material, parallelogram copying mechanism, friction and wear.

**Вступ**

Однією з основних технологічних операцій при вирощуванні будь-якої сільськогосподарської культури є сівба або садіння. До посівних машин висуваються особливі вимоги: повне забезпечення якості посіву, висока надійність, ремонтпридатність у польових умовах, як можна більш тривала перерва між технічними обслуговуваннями техніки тощо. Значний сектор технічного забезпечення сільського господарства в Україні займають високопродуктивні широкозахватні машини. Саме посівні машини такого типу дозволять значною мірою вирішити проблеми своєчасного якісного посіву з поєднанням інших технологічних операцій – підготовки ґрунту, внесення добрив, загортання, прикочування тощо.

**Аналіз попередніх досліджень та постановка проблеми**

Основними сільськогосподарськими підприємствами за валовим виробництвом продукції рослинництва в Україні є господарства з площею більше 3000 га. Вони потребують забезпечення високопродуктивними і, бажано, універсальними сівалками.

Встановлено, що причиною порушення агровимог до сівби, зокрема глибини та рівномірності вкладання насіння, є низька довговічність механізмів копіювання поверхні ґрунту [1, 2]. Основною причиною низької надійності цих механізмів є використання у їх рухомих з'єднаннях трибоспряжень типу “сталь-сталь”, які забезпечують працездатність за умови частого (кожні 40...50 год. роботи) технічного обслуговування (мащення) [2, 3]. Відхилення від періодичності і переліку операцій технічного обслуговування призводить до потрапляння абразиву в шарнірні з'єднання механізмів копіювання та, як наслідок, до їх швидкого зносу.

Питання визначення навантажень, що виникають у рухомих з'єднаннях паралелограмних механізмів копіювання в достатній мірі висвітлено у наукових працях [4, 5]. Водночас оптимізація параметрів (режимів роботи) трибоспряжень, виготовлених з полімерно-композитних матеріалів, та їх вплив

на довговічність механізму в цілому, недостатньо досліджено. Раніше встановлено [2, 3], що вирішальний вплив на довговічність рухомих спряжень мають умови їх експлуатації.

### Мета та завдання

Метою роботи є обґрунтування раціональних режимів експлуатації деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу. Для досягнення мети виконувались такі завдання: обґрунтувати закономірність зношування деталей рухомих спряжень в залежності від умов експлуатації та визначити раціональні режими їх роботи.

### Результати вирішення основних завдань проблеми

Основними факторами умов експлуатації, які впливають на триботехнічні характеристики рухомих з'єднань є навантаження, лінійна швидкість ковзання та зазор в трибоспряженні.

Вплив цих факторів досліджували за загальною схемою при трьох рівнях кожного з них. Значення змінних встановлювали таким чином, щоб при переведенні в умовний масштаб вони відповідали:  $-1$ ;  $0$ ;  $+1$ . Різниця значень змінних між нульовим рівнем і  $\pm 1$  (крок варіювання) визначає границі області досліджень, в межах якої отримували необхідну інформацію про зношування деталі, виготовленої з матеріалу УПА-6-30.

При розробці математичної моделі впливу режимів експлуатації на величину зношування, на ПК, складала схему планування експерименту при трьох змінних: швидкість ковзання, навантаження та зазор у трибоспряженні зразків (деталей).

Результати розрахунку вихідних режимів досліджень наведені в табл. 1.

**Таблиця 1 Основні рівні навантаження, швидкості ковзання та величини зазору в спряженні**

Показник	Факт	Середній рівень	Крок варіювання	Значення рівнів змінних		
				-1	0	1
P, Н	x <sub>1</sub>	250	50	200	250	300
v, м/с	x <sub>2</sub>	0,15	0,05	0,1	0,15	0,2
S, мкм	x <sub>3</sub>	300	50	250	300	350

Коефіцієнти рівняння для трьох змінних розраховували за результатами п'ятнадцяти експериментів на основі плану Бокс-Бенкена.

Рівняння має наступний загальний вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (1)$$

де  $y$  – властивість, що досліджується (інтенсивність зношування);  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{12}, b_{13}, b_{23}$  – коефіцієнти рівняння;  $x_1, x_2, x_3$  – відповідно навантаження, швидкість ковзання та зазор в умовних одиницях.

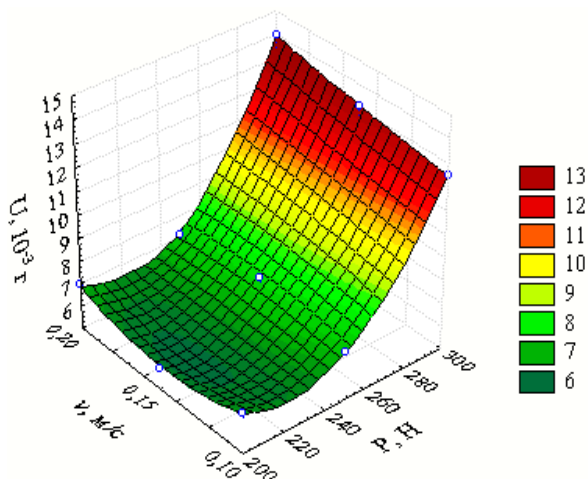
Використовуючи прикладний пакет програм «STATISTICA 6», визначено коефіцієнти рівняння:

$$b_0 = 84,7833; b_1 = -0,3470; b_2 = -130,750; b_3 = -0,1940; b_{11} = 0,0011; b_{22} = 106,6667; b_{33} = 0,0003; b_{12} = 0,0800; b_{13} = -0,0005; b_{23} = 0,2900.$$

Отримане рівняння для розрахунку має вигляд:

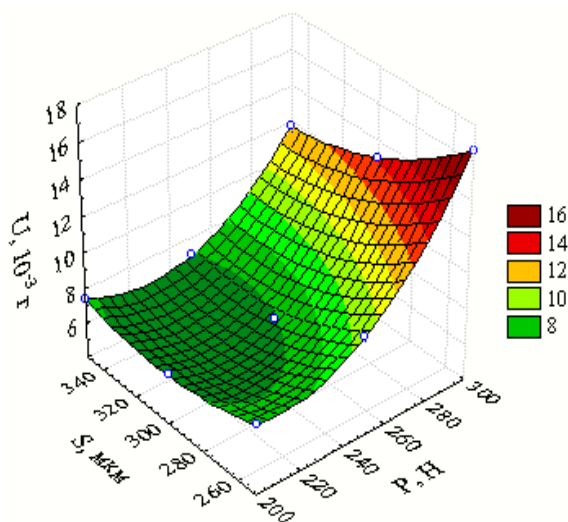
$$y = 84,7833 - 0,3470x_1 - 130,7500x_2 - 0,1940x_3 + 0,0011x_1^2 + 106,6667x_2^2 + (1) \\ + 0,0003x_3^2 + 0,0800x_1x_2 - 0,0005x_1x_3 + 0,2900x_2x_3$$

Визначено значення критерію Фішера для надійності  $P = 0,95 - 1,56$ . Так як  $F = 1,56 < F_{\text{табл}} = 3,59$ ; отримане рівняння регресії другого порядку адекватно відтворює результати експерименту.



**Рисунок 1 Залежність вагового зносу від навантаження та швидкості ковзання в рухомих з'єднаннях**

що величина зазору в спряженні при мінімальному значенні навантаження суттєво не впливає на величину зносу, в той час як при  $P = 300$  Н, спостерігається зростання зносу при мінімальному зазорі ( $S = 250$  мкм) в 2,1 рази (з  $7,9 \cdot 10^{-3}$  г до  $16,7 \cdot 10^{-3}$  г). Невідповідність зазору у поєднанні із навантаженням в рухомому з'єднанні деталей неодмінно призводить до зменшення його ресурсу, а отже і паралелограмного механізму копіювання посівного комплексу. З наведеної поверхні відгуку (рис. 3) очевидно, що зменшення величини зазору до мінімального значення  $S = 250$  мкм, незалежно від лінійної швидкості ковзання, призводить до підвищеного зносу рухомого з'єднання ( $9,2 \dots 10,1 \cdot 10^{-3}$  г. Слід зазначити, що за максимальної величини зазору  $S = 350$  мкм, збільшення лінійної швидкості, з 0,1 м/с до 0,2 м/с, призводить до збільшення зносу на 31 % (з  $6,4 \cdot 10^{-3}$  г до  $8,4 \cdot 10^{-3}$  г).



**Рисунок 2 Залежність вагового зносу від навантаження та величини зазору деталей**

швидкості, з 0,1 м/с до 0,2 м/с, призводить до збільшення зносу на 31 % (з  $6,4 \cdot 10^{-3}$  г до  $8,4 \cdot 10^{-3}$  г).

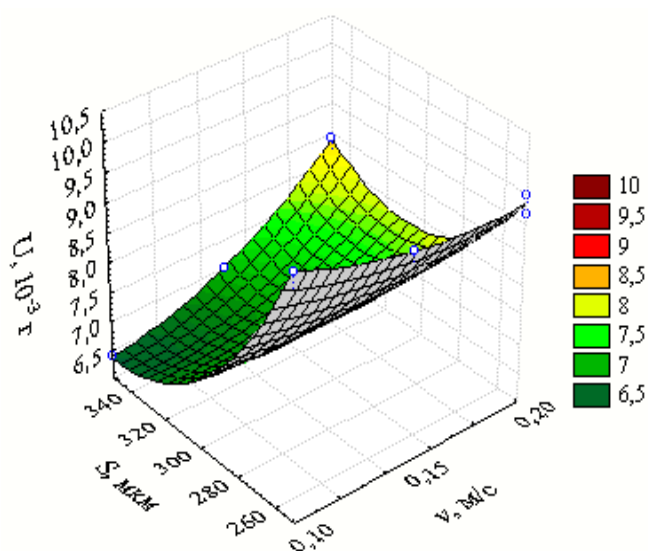
На основі отриманих результатів побудовано поверхні відгуку рис. 1-3.

Поверхня відгуку (рис. 1) свідчить, що суттєвий вплив на знос має величина навантаження. Неістотний вплив швидкості ковзання на величину зносу пов'язаний з обмеженим діапазоном від 0,1 до 0,2 м/с, який обґрунтовано реальними умовами роботи рухомих з'єднань паралелограмного механізму копіювання.

Згідно поверхні відгуку, відображеній на рис. 2, найбільший вплив на знос зразків також має навантаження. Крім того, встановлено, що зменшення величини зазору до мінімального значення  $S = 250$  мкм, незалежно від лінійної швидкості ковзання, призводить до підвищеного зносу рухомого з'єднання ( $9,2 \dots 10,1 \cdot 10^{-3}$  г. Слід зазначити, що за максимальної величини зазору  $S = 350$  мкм, збільшення лінійної швидкості, з 0,1 м/с до 0,2 м/с, призводить до збільшення зносу на 31 % (з  $6,4 \cdot 10^{-3}$  г до  $8,4 \cdot 10^{-3}$  г).

**Висновки.** Виявлено, що суттєвий вплив на величину зносу має величина навантаження, в той час, як швидкість ковзання впливає незначно.

Встановлено, що величина зазору в спряженні при мінімальному значенні навантаження суттєво не впливає на величину зносу. Найменше значення вагового зносу ( $6,4 \cdot 10^{-3}$  г) отримано при наступних раціональних умовах роботи:  $P = 250$  Н та  $v = 0,1$  м/с,  $S = 300$  мкм. Отримана регресійна модель дозволяє оптимізувати параметри рухомих спряжень в залежності від умов їх експлуатації.



**Рисунок 3** Залежність вагового зносу від швидкості ковзання та величини зазору деталей

### Література

1. Кобец А.С. Decreasing the environment influence on composite materials / А.С. Кобец, А.Д. Деркач, Д.А. Макаренко, А. Шаповал, О.С. Кабат // Научни Известия. ISSUE 16 (202). – June 2016. – IV International Scientific Journal and technical Congress “Agricultural Machinery”, 22-25.06.2016, Varna, Bulgaria. – P. 13-15.
2. Деркач А.Д. Применение углепластиков в широкозахватных посевных машинах / А.Д. Деркач, Н.Н. Науменко, Д.А. Макаренко // Mechanization in agriculture. International scientific, scientific applied and informational journal. Year LXI, 2/2015, – Sofia. – 2015. – P. 3-6.
3. Derkach O. Development of high accuracy of the copy soil system / O. Derkach, D. Makarenko, M. Velyka, O. Shapoval. // International Scientific Journal. – Mechanization in agriculture & Conserving of the resources. – Year LXIII, Issue 5/2017. – Sofia. – 2017. – P. 185-187.
4. Заварзин В.А. Обоснование параметров и режимов работы копирующего механизма рабочих органов почвообрабатывающего посевного комплекса: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01 – технологи и средства механизации сельского хозяйства / Алтайский государственный аграрный университет – Барнаул, 2003. – 166 с.
5. Науменко М.М. Побудова математичної моделі процесу взаємодії дисково-анкерного сошника з ґрунтом при динамічних навантаженнях / М.М. Науменко, О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Технічний сервіс машин для рослинництва. – Харків, 2017. – Вип. 181. – С. 267-274.
6. Hrynkiv A. Operational evaluation of motor oils of trucks by their thermal oxidative stability. Технологический аудит и резервы производства. - Харків : Технологічний центр. 2019. - № 3 (1). - С. 25-30.