

Аулін В.В.,*
Деркач О.Д.,**
Макаренко Д.О.,**
Гриньків А.В.*

* Центральноукраїнський національний
 технічний університет,

м. Кропивницький, Україна,

** Дніпровський державний аграрно-
 економічний університет,
 м. Дніпро, Україна

E-mail: aulinvv@gmail.com

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ

УДК 631.3

DOI:10.31891/2079-1372-2018-90-4-65-69

Встановлено, що однією з основних технологічних операцій при вирощуванні будь-якої сільськогосподарської культури є сівба або садіння. Зазначено, що до посівних машин висуваються особливі вимоги: повне забезпечення якості посіву, висока надійність, ремонтпридатність у польових умовах, тривала перерва між технічними обслуговуваннями техніки тощо. 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. Доведено, що основними факторами умов експлуатації, які впливають на триботехнічні характеристики рухомих з'єднань є навантаження, лінійна швидкість ковзання та зазор в спряженнях деталей. Виявлено, що суттєвий вплив на триботехнічні характеристики здійснює навантаження на трибоспряження деталей в той час, як відносна швидкість ковзання практично не впливає на них. Встановлено, що величина зазору в спряженні деталей при мінімальному значенні навантаження практично не змінюється величиною зносу деталей. Мінімальне значення зносу становить $(6,4 \cdot 10^{-3} \text{ г})$ при наступних режимах експлуатації: $P = 250 \text{ Н}$ та $v = 0,1 \text{ м/с}$, $S = 300 \text{ мкм}$. При розробці математичної моделі впливу режимів експлуатації на величину зношування, склали схему планування експерименту при трьох факторах: швидкість ковзання, навантаження та зазор у спряженнях зразків. Отримана регресійна модель дозволяє оптимізувати параметри рухомих спряжень деталей в залежності від умов їх експлуатації.

Ключові слова: посівні машини, полімерно-композитний матеріал, швидкість ковзання, зазор, трибо-технічні характеристики.

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 сільськогосподарства в Україні займають високопродуктивні широкозахватні машини. Саме посівні машини такого типу дозволяють значною мірою вирішити проблеми своєчасного якісного посіву з поєднанням інших технологічних операцій – підготовки ґрунту, внесення добрив, загортання, прикочування тощо.

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 спряжень матеріалів “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 спряженнях деталей.

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 ± 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, складали схему планування експерименту при трьох змінних: швидкість ковзання, навантаження та зазор у спряженнях 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	x1	250	50	200	250	300
v, м/с	x2	0,15	0,05	0,1	0,15	0,2
S, мкм	x3	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:

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

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:

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

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

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.

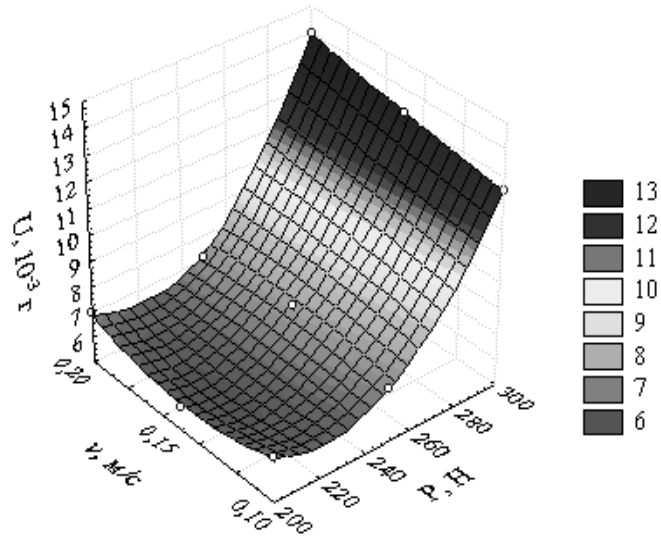


Рис. 1 – Залежність вагового зносу від навантаження та швидкості ковзання в рухомих з'єднаннях

Згідно поверхні відгуку, відображений на рис. 2, найбільший вплив на знос зразків також має навантаження.

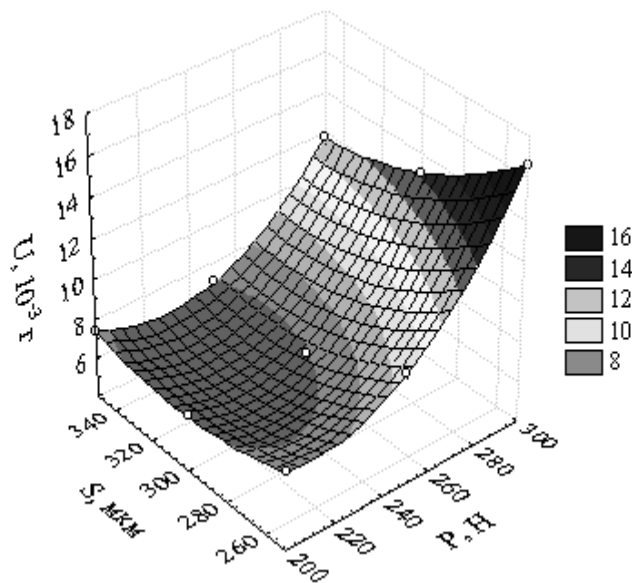


Рис. 2 – Залежність вагового зносу від навантаження та величини зазору деталей

Крім того, встановлено, 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).

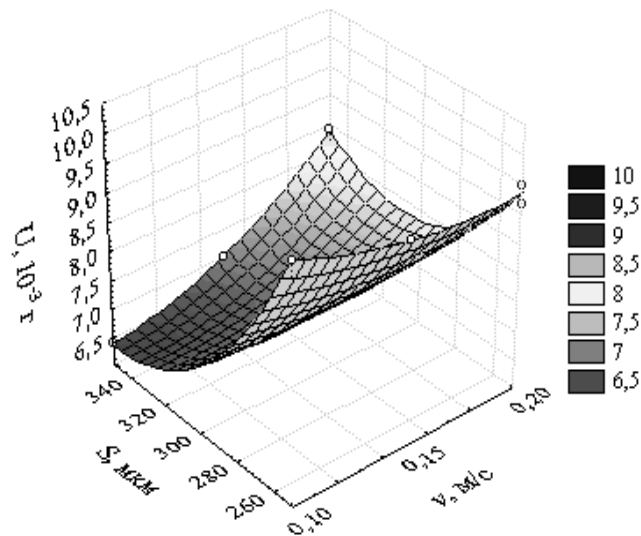


Рис. 1 – Залежність вагового зносу від швидкості ковзання та величини зазору деталей

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 триботехнічні характеристики здійснює навантаження на трибоспряження деталей в той час, як відносна швидкість ковзання практично не впливає на них.

Встановлено, що величина зазору в спряженні деталей при мінімальному значенні навантаження практично не змінюється величина зносу деталей. Мінімальне значення зносу становить " $6,4 \cdot 10^{-3}$ г" при наступних режимах експлуатації: $P = 250$ Н та $v = 0,1$ м/с, $S = 300$ мкм. Отримана регресійна модель дозволяє оптимізувати параметри рухомих спряжень деталей в залежності від умов їх експлуатації.

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 – технологии 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.

Надійшла в редакцію 04.01.2019

Aulin V.V., Derkach O.D., Makarenko D.O., Grynkyv A.V Influence of operating modes on wear of parts made of polymer-composite material.

It was established that one of the main technological operations in growing any agricultural crop is sowing or planting. It is noted that special requirements apply to sowing machines: full quality assurance of sowing, high reliability, repair in field conditions, a long gap between maintenance of machinery and the like. The purpose of the work is to justify the rational modes of operation of parts made of polymer-composite material. To achieve the goal, the following tasks were performed: to substantiate the regularity of the wear of parts of moving conjugates depending on the conditions of operation and to determine the rational modes of their work. It is proved that the main factors of the operating conditions that affect the tribotechnical characteristics of the mobile connections are the load, the linear speed of sliding and the gap in the joints of the parts. It was revealed that significant influence on the tribotechnical characteristics carries the load on the detachment of three parts while the relative slip speed practically does not affect them. It is established that the size of the gap in the conjugation of parts with a minimum load value does not change the value of wear of parts. The minimum wear value is ($6.4 \cdot 10^{-3}$ g) with the following operating modes: $P = 250$ N and $v = 0.1$ m / s, $S = 300$ microns. In developing the mathematical model of the influence of operating modes on the amount of wear, they compiled the scheme of planning the experiment in three factors: slip speed, load and gap in conjugation of samples. The obtained regression model allows to optimize the parameters of moving parts of the joints depending on the conditions of their operation.

Key words: sowing machines, polymer-composite material, slip speed, clearance, tribo technical characteristics.

References

1. Kobec A.S. Decreasing the environment influence on composite materials / A.S. Kobec, A.D. Derkach, D.A. Makarenko, A. SHapoval, O.S. Kabat. Nauchni Izvestiya. ISSUE 16 (202). June 2016. IV International Scientific Journal and technical Congress "Agricultural Machinery", 22-25.06.2016, Varna, Bulgaria. P. 13-15.
2. Derkach A.D. Primenenie ugleplastikov v shirokzohvatnyh posevnyh mashinah. A.D. Derkach, N.N. Naumenko, D.A. Makarenko. 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. Zavarzin V.A. Obosnovanie parametrov i rezhimov roboty kopiruyushchego mekhanizma rabochih organov pochvoobrabatyvayushchego posevnogo kompleksa: Dis. kand. tekhn. nauk: 05.20.01 – tekhnologi i sredstva mekhanizatsii sel'skogo hozyajstva. Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. Barnaul, 2003. 166 p.
5. Naumenko M.M. Pobudova matematichnoi modeli procesu vzaemodii diskovo-ankernogo soshnika z gruntom pri dinamichnih navantazhenyiah. M.M. Naumenko, O.D. Derkach, D.O. Makarenko. Visnik HNTUSG imeni Petra Vasilenka. Tekhnichnij servis mashin dlya roslinnictva. Harkiv, 2017. Vip. 181. P. 267-274