

## **ПЕРЕВІРКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПОЛІМЕРАМИ В УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ПОЛІ**

**професор Василенко Ф.І., Лук'яненко Л.П., Свяцький В.В.**

*(Кіровоградський державний технічний університет)*

*Представлено результати експериментального підтвердження математичної моделі прогнозування властивостей деталей сільськогосподарських машин, відновлених полімерами в ультразвуковому полі.*

Підвищення надійності роботи сільськогосподарських машин є однією з найважливіших передумов для успішного зростання ефективності сільськогосподарського виробництва.

За даними статистичних досліджень від 65% до 75% деталей сільськогосподарської техніки підлягають відновленню [1]. Ефективність їхньої повторної експлуатації досить висока.

Встановлено, що найбільш інтенсивно зношуються робочі поверхні деталей типу тіл обертання (до 52% від загальної кількості деталей різної форми) [2]. Деталі циліндричної групи – вали, а також підшипники ковзання, – є одними з найбільш поширених деталей сільськогосподарських машин, від технічного стану яких залежить працездатність тракторів, комбайнів і іншої техніки.

Одним з методів відновлення зношених поверхонь підшипників ковзання є нанесення тонкошарових полімерних покриттів з термопластичних матеріалів з використанням різних наповнювачів. Використання ультразвукового впливу в процесі відновлення дозволяє поліпшувати експлуатаційні характеристики готового виробу.

Об'єктом даного дослідження є технологічний процес відновлення деталей типу втулок полімерними покриттями, що наносяться литтям під тиском в ультразвуковому полі [3].

Поставлена задача – підвищення якості відновлення деталей типу тіл обертання полімерними покриттями в ультразвуковому полі. Вирішення її зводилося до побудови і використання математичної моделі процесу відновлення з залученням математичного апарату [4].

Для побудови математичних моделей процесу відновлення деталей сільськогосподарської техніки полімерами, відповідно до результатів роботи [5], використаний поліном третього ступеня.

Складено план проведення експерименту для відновлення деталей полімерними покриттями зі склонаповнених поліамідів КПС-30, ПА12 ВС, П68 ВС. Аргументами при побудові математичної моделі є технологічні параметри ультразвукового впливу, а коефіцієнти регресії представлені через функціональні залежності від фізико-механічних характеристик полімерної сировини. Вхідні параметри:  $A$  – амплітуда коливань ультразвукового випромінювача (мкм),  $t$  – час озвучування (с),  $Hb$  – твердість полімерної сировини ( $\times 10^7$ , Н/м<sup>2</sup>),  $G$  – межа міцності при вигині полімерної сировини ( $\times 10^5$ , Н/м<sup>2</sup>),  $Z$  – ударна в'язкість полімерної сировини ( $\times 10^3$ , Нм/м<sup>2</sup>),  $T_{ct}$  – теплостійкість по Мартенсу полімерної сировини (°C). Вихідні характеристики:  $HV$  – твердість полімерного покриття відновленого виробу ( $\times 10^7$ , Н/м<sup>2</sup>),  $\sigma_{ct}$  – межа міцності при стиску ( $\times 10^5$ , Н/м<sup>2</sup>),  $\alpha$  – ударна в'язкість ( $\times 10^3$ , Нм/м<sup>2</sup>),  $I$  – спрацювання (мкм),  $k$  – коефіцієнт тертя,  $T$  – температура в зоні тертя (°C).

Застосування методики математичної обробки даних експериментальних досліджень [6] дозволяє одержувати рівняння регресії для розглянутих функцій відгуку. Ці рівняння установлюють функціональний зв'язок між значеннями трьох груп показників: фізико-механічними характеристиками полімерної сировини, технологічними параметрами ультразвукового впливу і показниками якості покриття, і дозволяють керувати якістю деталей, відновлених полімерами в ультразвуковому полі.

Так, наприклад, була отримана формула, що дозволяє зв'язати спрацювання як функцію подвійної амплітуди ультразвукових коливань з фізико-механічними властивостями вихідного матеріалу:

$$I(A, Hb, Tct, G) = A_{Hb} - B_{Hb} \cdot Hb + C_{Hb} \cdot Hb^2 - (A_{Tct} - B_{Tct} \cdot Tct + C_{Tct} \cdot Tct^2) \cdot A + (A_G - B_G \cdot G + C_G \cdot G^2) \cdot A^2, \quad (1)$$

де  $I(A, Hb, Tct, G)$  – спрацювання, як функція подвійної амплітуди ультразвукових коливань і властивостей полімерної сировини.

Результати теоретичних досліджень відображені на рисунку 1.

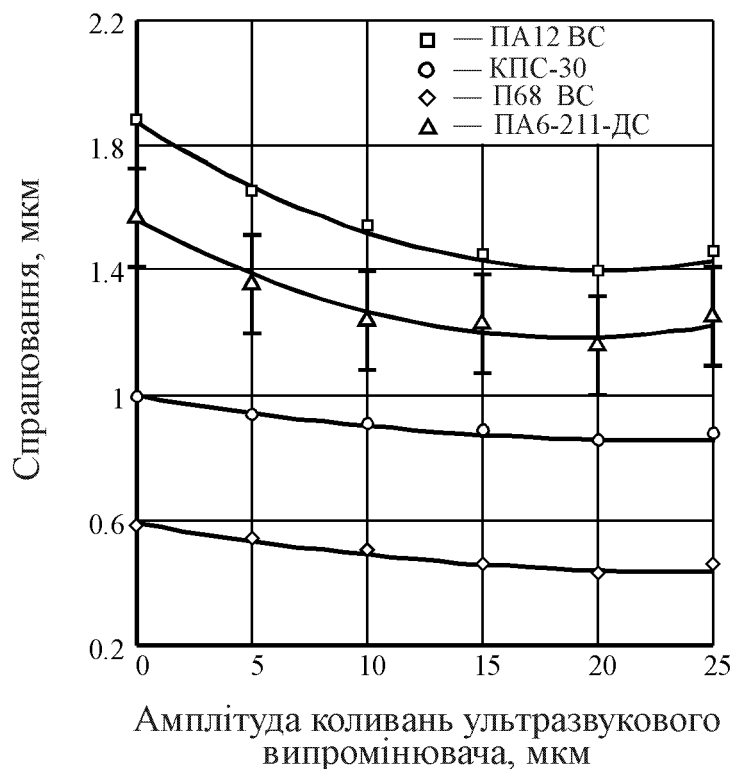


Рис. 1. Залежність “спрацювання – амплітуда коливань ультразвукового випромінювача”

Перевірку математичної моделі, представлені рівнянням (1), проводили на поліаміді марки ПА6-211-ДС ОСТ 6-11-498-79. При цьому були здійснені випробування на спрацювання полімерного покриття по сталевому шліфованому валу або ролику, які найбільш повно імітують умови експлуатації більшості з'єднань у машинах і механізмах сільськогосподарської техніки [7].

Відомо, що більшість вузлів тертя сільськогосподарських машин працюють в умовах невеликих швидкостей ковзання, тому в процесі випробувань швидкість ковзання була прийнята постійною і складала 1 м/с.

Дослідження на зносостійкість композиційних покриттів проводилося на машині тертя МИ-1М за схемою вал-частковий вкладиш відповідно до вимог ГОСТ 11629-75. Оцінку величини спрацювання виконували на спеціально сконструйованому приладі [3].

Композиція з поліаміду марки ПА6-211-ДС ОСТ 6-11-498-79 наносилася на підкладку в спеціальній прес-формі, конструкція якої забезпечувала одержання рівномірної товщини покриття з поверхнею тертя  $2 \times 10^{-4}$  м<sup>2</sup>. Ширина сталевого сегмента з нанесеним шаром композиції складала  $1.2 \times 10^{-2}$  м. За контртіло, що стирає, застосовували ролик діаметром  $4 \times 10^{-2}$  м і шириною  $10^{-2}$  м зі сталі 45 ГОСТ 1050-90 із твердістю робочої поверхні 45...48 HRC<sub>э</sub>. Спрацювання покриттів відбувалося зі змащенням мастилом індустріальним И-10, щоб уникнути захоплення поверхонь тертя.

На рисунку 1 представлені результати перевірки математичної моделі спрацювання  $I$  як функції подвійної амплітуди ультразвукових коливань  $A$  та фізико-механічних властивостей вихідного матеріалу ( $Hb = 22 \times 10^7$  Н/м<sup>2</sup>;;  $G = 2100 \times 10^5$  Н/м<sup>2</sup>;  $Z = 45 \times 10^3$  Нм/м<sup>2</sup>;  $T_{ct} = 190$  °C). Аналіз теоретичної кривої спрацювання, побудованої для поліаміду марки ПА6-211-ДС ОСТ 6-11-498-79 відповідно до математичної моделі (1), та результатів експериментальних даних впливу ультразвукового випромінювання на величину спрацювання композицій з поліаміду ПА6-211-ДС свідчить про достатній збіг теоретичних і практичних результатів.

## Список літератури

1. М.И. Черновол, С.Е. Поединок, Н.Е. Степанов. Повышение качества в остановления деталей машин. – К.: Техніка, 1989. – 168 с.
2. М.И. Черновол. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники. – К.: УМК ВО, 1989. – 256 с.
3. Василенко Ф.И. Восстановление изношенных деталей сельскохозяйственных машин полиамидными композициями в ультразвуковом поле. Автореферат дис. канд. наук 05.20.03. – Минск, 1985. – 24 с.
4. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – К.: Техніка, 1975 – 168 с.
5. Лукьяненко Л., Василенко Ф., Федунец А. Моделирование процесса восстановления деталей сельскохозяйственной техники полимерами в ультразвуковом поле // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КДТУ, 2000. – Вип. 29. – С. 288 – 293.
6. Ф.И. Василенко, Л.П. Лукьяненко. Прогнозирование износа деталей, восстановленных полимерными покрытиями, полученными с использованием ультразвуковой обработки // Збірник наукових праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування. – Кіровоград: КІСМ, 1998. – Вип. 2. – С. 166 – 170.
7. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.

## **Аннотация**

### **Проверка математической модели процесса восстановления деталей сельскохозяйственной техники полимерами в ультразвуковом поле**

Василенко Ф.И., Лукьяненко Л.П., Свяцкий В.В.

*Представлены результаты экспериментального подтверждения математической модели прогнозирования свойств деталей сельскохозяйственных машин, восстановленных из полимеров в ультразвуковом поле.*

## **Abstract**

### **Verification of a mathematical model of a parts restoration of agricultural machinery by polymers in an ultrasonic field**

Vasylenko F. I., Lukyanenko L.P., Svyatsky V.V.

*There presented the results of experimental confirmation of parts properties forecasting mathematical model of agricultural machinery repaired by polymers in an ultrasonic field.*