

СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З КРИВОЛІНІЙНИМ ПРОФІЛЕМ ТА ЛОКАЛЬНИМ ЗМІЦНЕННЯМ ЛЕЗА

Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Каденко В.С., Блезнюк О.В., Сорокін С.П.
 Харківський національний технічний університет сільського господарства імені
 Петра Василенка,

В роботі наведено результати експериментальних досліджень, що присвячені проблемі підвищення довговічності ґрунтообробних робочих органів шляхом управління зносостійкістю за рахунок обґрунтування форми і параметрів локального зміцнення лека. Аналіз існуючих методів підвищення довговічності ґрунтообробних знарядь показав, що форма і параметри локального зміцнення впливають на швидкість зношування та енерговитрати при виконанні процесу.

Стендовими дослідженнями на зношування дослідних зразків різальних елементів культиваторних лап з криволінійним профілем та локальним зміцненням по довжині лека, що проведено для максимального значення шляху тертя, яке при випробуваннях складало $S = 40$ км, встановлено, що із збільшенням кута розхилу та швидкості руху збільшується і швидкість зношування поверхні локально зміцненого лека лапи культиватора.

Залежності впливу напруження на середні значення абсолютного зносу поверхні локально зміцненого лека лапи культиватора при швидкості руху $V = 0,5; 1,5; 2,5$ м/с мають лінійний характер, на що вказує високий коефіцієнт детермінації R^2 (0,9997; 0,9995 і 0,9996, відповідно). Статистична оцінка за критерієм Фішера $F = 1,65 < F_{табл}(0,05; 12; 14) = 2,53$ показує, що отримані залежності між собою корелюють і є адекватними.

Збільшення кута розхилу γ та швидкості руху V зумовлює і збільшення швидкості зношування поверхні локально зміцненого лека. Порівняння теоретичної і експериментальної залежності швидкості зношування поверхні локально зміцненого лека $dV/d\gamma$ від кута розхилу γ дозволяє зробити висновок про однаковий характер отриманих кривих. Статистична оцінка за критерієм Фішера $F = 2,42 < F_{табл}(0,05; 12; 14) = 2,53$ показав, що отримані залежності між собою корелюють і є адекватними. Найбільший вплив на величину тягового опору досліджуваних робочих органів має глибина обробки ґрунту. Встановлено, що середні значення тягового опору розробленої лапи при швидкості руху $V = 1,0$ м/с та зміні глибини обробки в межах $h = 0,06 \dots 0,12$ м порівняно із серійною лапою є меншим в 1,12 рази або на 16,1%. Середні витрати на тертя експериментального робочого органу при глибині обробки $h = 0,12$ м та зміні швидкості руху в $V = 0,50 \dots 1,0$ м/с зменшуються порівняно із серійним робочим органом в 1,1 рази або на 9,1%.

Проведені дослідження свідчать про те, що швидкістю зношування і тяговим опором можна управляти, змінюючи форму і параметри локального зміцнення лека культиваторних лап.

Ключові слова: ґрунтообробний робочий орган, зношування, знос, локальне зміцнення, тяговий опір, зносостійкість.

Постановка проблеми

Надійність та ефективність сільськогосподарської техніки залежить від працездатності окремих робочих органів. Тому однією з важливих проблем сучасного машинобудування є розробка заходів підвищення довговічності та зменшення

енергоємності робочих органів машин. Особливістю роботи ґрунтообробних робочих органів є те, що в процесі експлуатації вони взаємодіють з ґрунтом - середовищем зі складними фізичними і біохімічними властивостями. Тому деталі і вузли цих машин (лемеші, ножі, диски, зубці, лапи та ін.) піддаються підвищеному зношуванню і руйнуванню внаслідок абразивного зношування, корозії, а також динамічних і змінних навантажень. Заданий рівень надійності машин і їх робочих органів формується на стадіях конструювання, виготовлення деталей, а також при експлуатації. На сьогодні перспективними напрямками підвищення надійності ґрунтообробних машин і знарядь та ефективності їх використання при виконанні технологічних процесів рослинництва слід вважати сучасні технології виготовлення, застосування нових матеріалів, зміцнення робочих поверхонь твердосплавними матеріалами та оптимізація форми робочих органів, що зумовлює її збереження в процесі зношування при використанні за призначенням. При цьому, не дивлячись на значну кількість проведених досліджень в напрямку підвищення довговічності робочих органів культиваторів [1-5], форма та параметри локального зміцнення леза ґрунтообробних робочих органів не отримали належного теоретичного і експериментального обґрунтування з точки зору зношування та енергетичних витрат при виконанні технологічного процесу. Це зумовлює необхідність проведення досліджень в напрямку вивчення, пошуку і реалізації ефективних методів підвищення ресурсу ґрунтообробних робочих органів при дотриманні вимог агротехніки при виробництві сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведеними теоретичними дослідженнями в напрямку обґрунтування раціональної форми ріжучої поверхні ґрунтообробного робочого органу на прикладі культиваторних лап встановлена можливість уповільнення процесу зношування леза та зменшення опору в ґрунті при виконанні технологічного процесу обробітку ґрунту [6]. Аналіз наукових досліджень в обраному напрямку досліджень показав, що сучасні напрямки підвищення довговічності робочих органів культиваторів направлені, в основному, на пошук нових матеріалів для їх виготовлення, використання методів термічної і хіміко-термічної обробки, застосування зміцнюючих покриттів, що сприяє уповільненню зношування поверхонь тертя [7-9]. При цьому, такі підходи не усувають проблему нерівномірності зношування по окремих ділянках поверхонь ґрунтообробних робочих органів і втрати їх початкової геометрії, що в першу чергу стосується різальних елементів робочих органів культиваторів. Встановлено, що уповільнення інтенсивності зношування робочих поверхонь може бути досягнуто обґрунтуванням раціональної форми леза та параметрів його локального зміцнення [10-13]. Авторами [14] встановлено, що формування зубчастого леза є можливим в процесі експлуатації робочих органів, що мають елементи локального зміцнення твердосплавними матеріалами. Зубчастий профіль леза, у даному випадку формується за рахунок різної швидкості зношування ділянок леза із різними значеннями твердості матеріалу основи та локального зміцнення. Це зумовлює необхідність проведення експериментальних досліджень по вивченню процесів зношування леза ґрунтообробних робочих органів та впливу на процес застосування локального зміцнення леза.

Мета дослідження

Експериментально дослідити вплив форми та параметрів локального зміцнення на швидкість зношування леза, тяговий опір робочого органу в ґрунтового середовищі.

Об'єкт і методика досліджень

Об'єктом експериментальних досліджень були зразки різальних елементів та експериментальні культиваторні лапи, що виготовлені за раціональним профілем леза та обладнані елементами локального зміцнення леза твердосплавним матеріалом.

Експериментальні дослідження по зношуванню різальних елементів проводили на розробленому стенді [15] з використання спеціально виготовлених зразків різальних елементів з криволінійною формою та раціональними параметрами локального зміцнення леза, що отримані при теоретичних дослідженнях [16]: діаметр зміцнення $D = 6,5$ мм; крок зміцнення $L = 11,7$ мм. Визначення тягового опору розроблених робочих органів проводили в ґрунтовому каналі, що дозволяв змінювати глибину обробітку та швидкість руху робочих органів в ґрунті (рис. 1).



Рис.1. Круговий стенд для випробування експериментальних зразків з криволінійною формою та локальним зміцненням леза

Дослідження дослідних зразків на зношування проводили при постійній глибині ходу робочого органу в абразивному середовищі, що дорівнювало $h = 0,09$ м та швидкості руху $V = 0,5; 1,5$ та $2,0$ м/с.

Критеріями оцінки досліджень було обрано абсолютний знос локально зміцнених зразків Δi та швидкість зношування $\partial I_v / \partial t$. Вимірювання контрольних значень абсолютного зносу леза виконували з інтервалом за шляхом тертя $S = 5$ км.

Абсолютний знос локального зміцнених зразків Δi визначався як середнє значення зносу основи зразка та елементів локального зміцнення по довжині леза: $\Delta i = i_0 - i_3$.

Швидкість зношування $\partial I_v / \partial t$ визначалася за формулою:

$$\frac{\partial I_v}{\partial t} = \frac{S \cdot \Delta i}{V} \quad (1)$$

де S – шлях тертя, м; V – лінійна швидкість переміщення локально зміцнених зразків, м/с.

Дослідження тягового опору експериментальних та серійних зразків робочих органів здійснювали в ґрунтовому каналі (рис. 2).

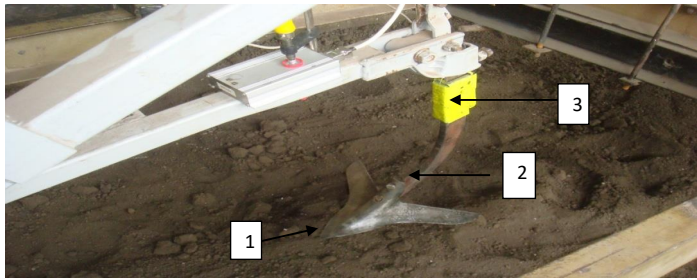


Рис.2. Тензометрична стойка лапи культиватора для вимірювання тягового опору: 1 – лапа; 2 – стойка; 3 – тензодатчик

Для реєстрації тягового опору робочих органів культиваторів, який прийнято вважати основною енергетичною характеристикою ґрунтообробних машин і знарядь, використовували вимірвальну систему динамічних та тягово-енергетичних показників [17].

Основним елементом вимірвальної системи є комп'ютер або обчислювальний модуль, в якому здійснюється обробка та збереження отриманих даних з датчиків та вимірвальних пристроїв. В якості накопичувача інформації використовується жорсткий диск або флеш пам'ять. У випадку обладнання пристрою автономним обчислювальним модулем до нього додається дисплей та пульт управління, за допомогою яких здійснюється керування системою.

Для визначення тягового зусилля використовується тензодатчик (рис. 3), що представляє собою металевий корпус 1 з місцями приєднання до машин 2, тензорезисторів розтягування 3 та тензорезисторів стиску 4 джерелом постійної напруги для яких є мікроконтролер 5, що перетворює електричну напругу з тензорезисторів на цифровий код і надсилає до обчислювального модулю по CAN-шині 6.

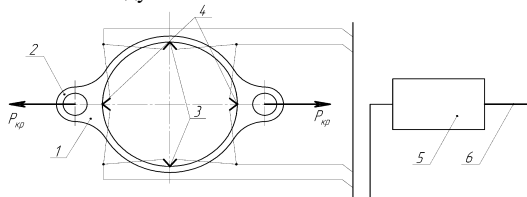


Рис.3. Тензодатчик для вимірювання тягового опору: 1 – металевий корпус датчика; 2 – вуха; 3 – тензорезистори розтягування; 4 – тензорезистори стиску; 5 – мікроконтролер; 6 – CAN-шина

Для проведення досліджень визначення тягового опору серійних та розроблених зразків робочих органів проводили тарування вимірвального комплексу з метою отримання достовірних даних випробувань. Вимірвальну систему обладнано двома датчиками тягового зусилля, що функціонують за принципом електричного динамометру. Використовуються датчики – CZLAS-4 з номінальним зусиллям $P_H = 50кН$ (рис. 4).

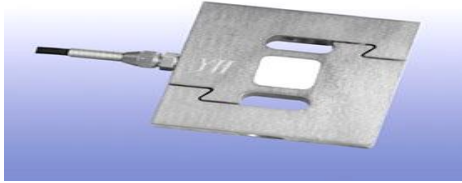


Рис.4. Загальний вид тензодатчика CZLAS-4

Для тарування даних датчиків використовувався спеціальний стенд, що дозволяє послідовно з'єднати повірений та дослідний динамометри й встановлювати необхідне навантаження і підтримувати його на протязі тривалого часу. В якості контрольного динамометру використано серійний динамометр типу ДПУ-50-2. Схема навантаження електронного динамометру під час тарування наведено на рисунку 5.

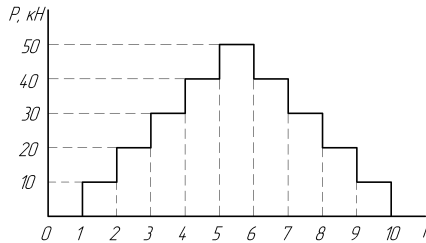


Рис.5. Схема навантаження динамометру CZLAS-4 при випробуваннях

Результати дослідження

Стенові дослідження на зношування дослідних зразків різальних елементів культиваторних лап з криволінійним профілем та локальним зміцненням по довжині лека проведено для максимального значення шляху тертя, що при випробуваннях складало $S = 40$ км. Вимірювання значення абсолютного зносу лека проводили через кожні 5 км напрацювання. Результати дослідження залежності середнього абсолютного зносу Δi поверхні локального зміцнення лека від шляху тертя S представлено на рисунку 6.

Встановлено, що отримані криві мають лінійний характер (на що вказує високий коефіцієнт детермінації R^2), рівняння яких можна записати у вигляді:

$$\Delta i_{V=0,5} = 0,0382 S + 0,0012, \quad R^2 = 0,9997,$$

$$\Delta i_{V=1,5} = 0,0546 S + 0,0009, \quad R^2 = 0,9995, \quad (2)$$

$$\Delta i_{V=2,5} = 0,0819 S + 0,0015, \quad R^2 = 0,9996.$$

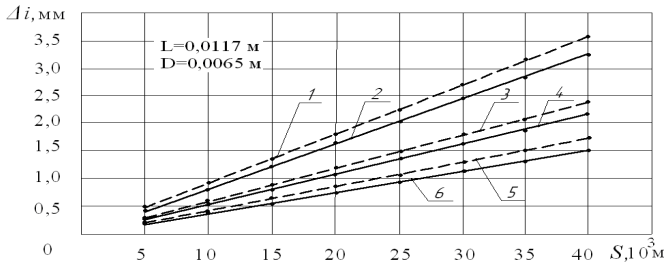


Рис.6. Залежність середнього значення абсолютного зносу поверхні локально зміцненого леза лапи культиватора Δi від шляху тертя S : 1 – $V = 2,5$ м/с (теор.); 2 – $V = 2,5$ м/с (експ.); 3 – $V = 1,5$ м/с (теор.); 4 – $V = 1,5$ м/с (експ.); 5 – $V = 0,5$ м/с (теор.); 6 – $V = 0,5$ м/с (експ.)

Як видно з отриманих залежностей, із збільшенням шляху тертя і швидкості зношування збільшується і абсолютний знос поверхні локально зміцненого леза робочого органу, що є цілком передбачуваним явищем.

Провівши порівняння теоретичної [16] і експериментальної залежностей абсолютного зносу поверхні локально зміцненого леза лапи культиватора Δi від шляху тертя S можна зробити висновок про однаковий характер отриманих кривих. Статистична оцінка за критерієм Фішера $F = 1,65 < F_{\text{табл}}(0,05; 12; 14) = 2,53$ показує, що отримані залежності між собою корелюють і є адекватними.

Результати впливу кута розхилу на середнє значення швидкості зношування поверхні локально зміцненого леза лапи культиватора представлено на рисунку 7. Апроксимацією експериментальних даних отримано експоненціальні залежності:

$$\begin{aligned} \frac{\partial I_V}{\partial t} \Big|_{V=0,5} &= 4,657 e^{0,0273 \gamma}, & R^2 &= 0,9876, \\ \frac{\partial I_V}{\partial t} \Big|_{V=1,5} &= 20,012 e^{0,0272 \gamma}, & R^2 &= 0,9864, \\ \frac{\partial I_V}{\partial t} \Big|_{V=2,5} &= 49,639 e^{0,0274 \gamma}, & R^2 &= 0,9855. \end{aligned} \quad (3)$$

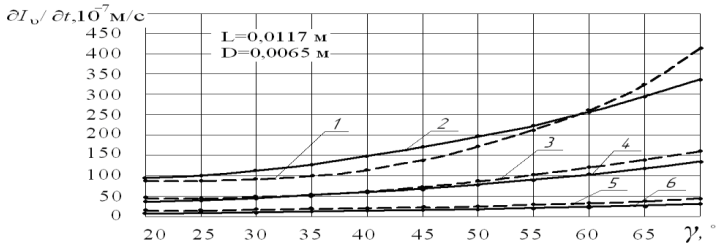


Рис.7. Залежність середнього значення швидкості зношування поверхні локально зміцненого леза лапи культиватора $\partial I_V / \partial t$ від кута розхилу γ : 1 – $V = 2,5$ м/с (теор.); 2 – $V = 2,5$ м/с (експ.); 3 – $V = 1,5$ м/с (теор.); 4 – $V = 1,5$ м/с (експ.); 5 – $V = 0,5$ м/с (теор.); 6 – $V = 0,5$ м/с (експ.)

Аналіз отриманих експериментальних залежностей вказує на те, що із збільшенням кута розхилу та швидкості руху збільшується і швидкість зношування поверхні локально зміцненого леза лапи культиватора.

Провівши порівняння теоретичної [16] і експериментальної залежностей швидкості зношування поверхні локально зміцненого леза лапи культиватора $\partial I_V / \partial t$ від кута розхилу γ можна зробити висновок про однаковий характер отриманих кривих.

Статистична оцінка за критерієм Фішера $F = 2,42 < F_{\text{табл}}(0,05;12;14) = 2,53$ показує, що отримані залежності між собою корелюють і є адекватними.

Згідно з програмою експериментальних випробувань, були проведені експериментальні дослідження визначення енергетичних показників експериментальної та серійної культиваторної лапи в залежності від швидкості руху та глибини обробітку ґрунту.

Серія експериментів передбачала визначення залежності тягового опору експериментальних та серійних культиваторних лап від швидкості руху та глибини обробітку. При цьому, швидкість руху каретки лабораторної установки змінювалась в інтервалі швидкостей: $V = 0,50; 0,75; 1,0$; м/с. Глибина обробітку прийнята $h = 0,06; 0,09$ та $0,12$ м.

Обробку даних виконували на ПК з використанням математичних пакетів “Statistica-6.0” та “Mathcad 11.0”, “Microsoft Office Excel 2007” за умов апроксимації відповідних критеріїв в залежності від двох зазначених факторів.

За результатами розрахунків отримали рівняння регресії для серійної та експериментальної культиваторних лап, що описують вплив досліджуваних факторів (глибини обробітку ґрунту та швидкості руху агрегату) на тяговий опір у такому вигляді:

$$y_C = 0,2429 + 0,0174x_1 + 0,0835x_2; \quad (4)$$

$$y_E = 0,221 + 0,0188x_1 + 0,0758x_2, \quad (5)$$

де y_C, y_E – тяговий опір, відповідно, серійної та розробленої експериментальної культиваторних лап.

Коефіцієнт множинної кореляції для першого та другого рівняння регресії дорівнює $R_K = 0,99$. При цьому коефіцієнт детермінації для рівнянь склав $-R_K^2 = 99,9\%$.

Необхідною передумовою статистичного аналізу рівнянь регресії є наявність відповідної вихідної величини нормальному закону розподілу та однорідність дисперсій дослідів.

Відповідність гіпотези про нормальність закону розподілення критеріїв ефективності, вихідної величини тягового опору P , який є випадковою величиною, перевіряли методом порівняння критеріїв асиметрії та ексцесу (оскільки в даному випадку вибірка $N < 50$) за відповідними їх похибками.

За розрахунками, виконаними за допомогою математичного пакету “Statistica-6.0”, модуль асиметрії розподілу та ексцесу кожної випадкової величини P менші за відповідні стандартні похибки (граничні значення середнього квадратичного відхилення S_{As} і S_{Ec}) асиметрії As та ексцесу Ec , тобто:

– для експериментальної лапи:

$$\begin{aligned} |As| &= 0,177154 < |S_{As}| = 1,014185 ; \\ |Ec| &= -4,22450 < |S_{Ec}| = 2,618615 , \end{aligned} \quad (6)$$

– для стандартної лапи:

$$\begin{aligned} |As| &= 0,204813 < |S_{As}| = 1,014185 ; \\ |Ec| &= -4,52252 < |S_{Ec}| = 2,618615 . \end{aligned} \quad (7)$$

Тому розподіл випадкових величин, вважається таким, що відповідає нормальному закону розподілення.

Виконавши обчислення отримали: розрахункове значення критерію Кохрена для тягового опору серійної лапи становить $G_{\text{розра}} = 0,680604168$; для тягового опору експериментальної лапи – $G_{\text{розра}} = 0,622326203$. З огляду на те, що для достовірної імовірності $p = 0,95$ (5% рівня значущості), кількості незалежних значень дисперсії $N = 4$ та степені вільності вибірки експериментальних даних $f_N = 2$, табличне значення критерію

Кохрена становить $G_{\text{табл}} = 0,76$. Оскільки, $G_{\text{розр}} = 0,6806 < G_{\text{табл}} = 0,76$ та $G_{\text{розр}} = 0,6232 < G_{\text{табл}} = 0,76$, то можна стверджувати, що досліди рівноточними, тобто різниця між значеннями спостережень перебуває в межах необхідної точності досліді і не перевищує 5%.

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння регресії виконувалась з використанням критерію Стюдента.

Результати перевірки показали, що при довірчій імовірності $p = 0,95$, значення коефіцієнтів регресії в рівняннях (4) та (5) x_0, x_1, x_2 не виходять за межі відповідних допустимих довірчих інтервалів та граничних значень рівнів значущості, а тому всі вони є значущими.

Перевірка по критерію Фішера показала, що отримані лінійні математичні моделі є адекватними і з довірчою імовірністю 0,95 придатні для опису досліджуваного процесу: $F_{\text{розр}} = 0,868878 < F_{\text{табл}} = 7,7086$, а для рівняння (5) – $F_{\text{розр}} = 1,12232 < F_{\text{табл}} = 7,7086$.

Враховуючи співвідношення між дійсними та кодованими значеннями факторів:

$$x_{1,к} = \frac{V - 0,75}{0,25}; x_{2,к} = \frac{h - 0,09}{0,03}, \quad (6)$$

та результати попередньої перевірки на значущість коефіцієнтів, рівняння регресії (4) та (5), тобто характер зміни тягового опору від швидкості руху агрегату та глибини обробітку апроксимується наступними залежностями у декодованому вигляді:

$$P_C = -0,0998 + 0,58V + 0,334h; \quad (7)$$

$$P_E = -0,0628 + 0,6267V + 0,03032h, \quad (8)$$

де V – швидкість руху, м/с; h – глибина обробітку, м.

Графічна інтерпретація відображення отриманих рівнянь (7) та (8) представлено на рисунку 8, а і б.

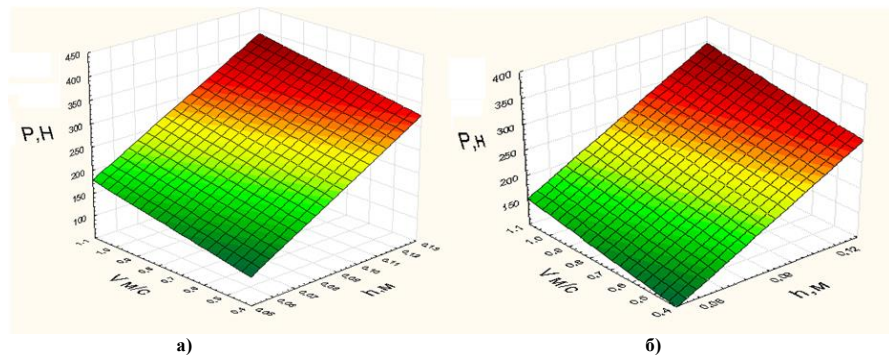


Рис.8. Графічна інтерпретація залежності тягового опору культиваторних лап від глибини обробітку ґрунту h та швидкості руху V : а) – серійна стрілочаста лапа з прямолінійною формою леза; б) – експериментальної з криволінійною формою та локальним зміцненням леза

Отримані поверхні відгуку дозволяють визначити тяговий опір в будь-якій заданій точці, тобто при будь-якій швидкості руху агрегату та глибині обробітку в межах допустимих показників агротехнічних вимог до поверхневого обробітку ґрунту, тим самим даючи можливість підібрати найбільш оптимальні параметри. Так, з графіків видно, що для середніх значень швидкості руху агрегату $V = 0,75$ м/с та глибині обробітку $h = 0,09$ м тяговий опір експериментальної лапи склав $P_e = 250$ Н, а для стандартної лапи культиватора – $P_c = 287$ Н.

Аналіз наведених графіків поверхонь відгуку залежності тягового опору від глибини обробітку ґрунту та швидкості руху та лінії рівнів їх перерізів (рис. 8) показує, що найбільш суттєвий вплив на тяговий опір всіх досліджуваних робочих органів має глибина обробітку ґрунту.

Висновки

1. Теоретичні і експериментальні залежності впливу напрацювання на середні значення абсолютного зносу поверхні локально зміцненого леза лапи культиватора при швидкості руху $V = 0,5; 1,5; 2,5$ м/с мають лінійний характер, на що вказує високий коефіцієнт детермінації R^2 (0,9997; 0,9995 і 0,9996, відповідно). Статистична оцінка за критерієм Фішера $F = 1,65 < F_{\text{табл}}(0,05;12;14) = 2,53$ показує, що отримані залежності між собою корелюють і є адекватними.

2. Збільшення кута розхилу γ та швидкості руху V зумовлює і збільшення швидкості зношування поверхні локально зміцненого леза (рис. 7). Порівняння теоретичної і експериментальної залежностей швидкості зношування поверхні локально зміцненого леза $\partial I_{\text{в}}/\partial t$ від кута розхилу γ дозволяє зробити висновок про однаковий характер отриманих кривих. Статистична оцінка за критерієм Фішера $F = 2,42 < F_{\text{табл}}(0,05;12;14) = 2,53$ показує, що отримані залежності між собою корелюють і є адекватними.

3. Найбільший вплив на величину тягового опору досліджуваних робочих органів має глибина обробітку ґрунту. Встановлено, що середні значення тягового опору розробленої лапи при швидкості руху $V = 1,0$ м/с та зміні глибини обробітку в межах $h = 0,06 \dots 0,12$ м порівняно із серійною лапою є меншим в 1,12 рази або на 16,1%. Середні витрати на тертя експериментального робочого органу при глибині обробітку $h = 0,12$ м та зміні швидкості руху в межах $V = 0,50 \dots 1,0$ м/с зменшуються порівняно із серійним робочим органом в 1,1 рази або на 9,1%.

Список використаних джерел

1. Бойко А.И. Упрочнение лезвий как метод управления их геометрической формой при изнашивании / А.И. Бойко, А.В. Балабуха // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Вип. 4. – Харків: ХДТУСГ. 2000. – С. 49 - 56.
2. Саїнсус О.Д. Підвищення довговічності лап культиваторів композиційними покриттями перемінного складу: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / О.Д. Саїнсус. – Кіровоград, 2008. – 18 с.
3. Кушнарєв А.С. Методологические основы разработки рабочих органов почвообрабатывающих машин для зональных систем земледелия / Шевченко И.А., Рогач Ю. П. // В кн. Окультуривание почв: научные основы, опыт и направления. – М., 1991. – С. 77 - 83.
4. Демидко М.О. Вплив ступеня спрацювання лез культиваторних лап на якісні показники їх роботи / М.О. Демидко, С.І. Бондарєв // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2004. – Вип. 73.4.2. – С. 60 - 64.
5. Козаченко О.В. Дослідження впливу параметрів леза на енергетичні характеристики робочих органів культиваторів / О.В. Козаченко, О.М. Шкрєгаль, В.С.Каденко, О.В. Блезнюк, С.О. Дьяконов // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип.159. – С. 236 - 242.
6. Козаченко О.В. Математичне моделювання взаємодії леза з ґрунтовим середовищем / О.В. Козаченко, О.М. Шкрєгаль, В.С. Каденко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – № 2. – С. 86 - 90.

7. Денисенко М. Зношування та підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин/ Денисенко М., Опальчук А.// Вісник ТНТУ. – 2011. – Спецвипуск – 4.2. – С. 201 - 210.

8. Ерохин М.Н. Новые технологии упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин/ М.Н. Ерохин, В. С. Новиков, М.Н. Лобанов// - Мелитополь, 2001. – С. 98 - 103.

9. Солових Є.К. Аналіз характеру зношування лез ґрунтообробних деталей та підвищення їх ресурсу лазерними технологіями / Є.К. Солових, В.В. Аулін, В.М. Бобрицький// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2005. – Вип. 35. – С. 153 - 157.

10. Гаврильченко А.С. Особенности износа культиваторных лап с криволинейным лезвием/ А.С. Гаврильченко// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2006. – Вип. 44, том 2. – С. 34 - 38.

11. Балан В.П. Точечное упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин/ В.П. Балан, Ключенко В.Н., Олисеенко В.И. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1991. – № 2. – С. 44 - 45.

12. Василенко М. Перспективи застосування локального зміцнення при виготовленні і відновленні робочих органів / М. Василенко // Техніка АПК – К.: 2008. – №1. – С.29 - 31.

13. Пугач А.М. Обґрунтування параметрів культиваторних лап, оснащених елементами локального зміцнення: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / А.М. Пугач. – Вінниця, 2010. – 20 с.

14. Козаченко О.В. Формування зубчастого леза при зношуванні лап культиватора / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, О.В. Блезнюк, В.С. Каденко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – №1. – С.78 - 85.

15. Патент ua 201603654. Лабораторний стенд для випробування робочих органів ґрунтообробних машин Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Каденко В.С., Блезнюк О.В., Алфьоров О.І., Макаров В.С. Заявл. 06.04.2016. опубл. 10.11.2016. Бюл. №21.

16. Козаченко О.В. Оптимізація параметрів локального зміцнення леза лапи культиватора / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко, В.В. Гончаров // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – №7. – С.149 - 155.

17. Антощенко Р.В. Спосіб та вимірвальна система для визначення енергетичних витрат мобільної машини // Р.В. Антощенко, В.М. Антощенко // Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2014. – Вип. 145. – С. 211 - 216.

Аннотация

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ С КРИВОЛИНЕЙНЫМ ПРОФИЛЕМ И ЛОКАЛЬНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Козаченко А.В., Шкрегаль А.Н., Каденко В.С., Блезнюк О.В., Сорокин С.П.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований направленные на изучение проблемы долговечности почвообрабатывающих рабочих органов путём управления износостойкостью за счёт обоснования формы и параметров локального упрочнения лезвия. Анализ существующих методов повышения долговечности почвообрабатывающих органов показал, что форма и параметры локального упрочнения влияют на скорость изнашивания и энергозатраты при выполнении технологического процесса.

Стеновыми исследованиями на изнашивание исследуемых образцов режущих элементов культиваторных лап с криволинейным профилем и локальным упрочнением по длине лезвия, были проведены для максимального значения пути трения, при испытаниях составило $S = 40$ км, установлено, что с увеличением угла расширения и скорости движения увеличивается скорость изнашивания поверхности локально упрочненного лезвия лапы культиватора.

Зависимость влияния наработки на средние значения абсолютного износа поверхности локально упрочненного лезвия лапы культиватора при скорости движения $V = 0,5; 1,5; 2,5$ м/с, имеют линейный характер, который подтверждён коэффициентом детерминации $R^2 (0,9997; 0,9995 \text{ и } 0,9996)$. Статистическая оценка по критерию Фишера $F = 1,65 < F_{табл}(0,05; 12; 14) = 2,53$ показывает что полученные значения между собой коррелируются и соответственно адекватны.

Увеличение угла расширения γ и скорости движения V обусловлено увеличением скорости изнашивания локального упрочнения лезвия. Сравнение теоретических и экспериментальных зависимостей скорости изнашивания локально упрочнённого лезвия dI_v/dt от угла расширения γ позволяет сделать выводы про тождественный характер полученных кривых. Статистическая оценка по критерию Фишера $F = 2,42 < F_{табл}(0,05; 12; 14) = 2,53$ показала, что полученные закономерности между собой коррелируются и соответственно адекватны. Наибольшее влияние на величину тягового сопротивления исследуемых рабочих органов имеет глубина обработки почвы. Установлено, что средние значения тягового сопротивления разработанной культиваторной лапы при скорости движения $V = 1,0$ м/с и варьировании глубины обработки в границах $h = 0,06...0,12$ м в сравнении с серийной лапой культиватора имеют меньшее значение в 1,12 раза или на 16,1%. Средние затраты на трение разработанной культиваторной лапы при глубине обработки $h = 0,12$ м и изменении скорости движения в границах $V = 0,50...1,0$ м/с уменьшаются относительно серийной лапой культиватора в 1,1 раза или на 9,1%.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод про возможность управления скоростью изнашивания и тяговым сопротивлением, изменяя износостойкость, форму и параметры локального упрочнения лезвия культиваторной лапы.

Ключевые слова: почвообрабатывающий рабочий орган, изнашивание, износ, локальное упрочнение, тяговое сопротивление, износостойкость.

Abstract

BENCH TESTS OF CUTTING ELEMENTS WITH A CURVED PROFILE AND LOCAL HARDENING

A. Kozachenko, A. Shkregal, V. Kadenko, O. Bleznyuk, S. Sorokin

The paper presents the results of experimental studies aimed at studying the problem of durability of tillage working bodies by controlling wear resistance by substantiating the shape and parameters of local hardening of the blade. An analysis of existing methods to increase the durability of tillage organs showed that the shape and parameters of local hardening affect the wear rate and energy consumption during the process.

Bench studies on the wear of the studied samples of cutting elements of cultivator paws with a curved profile and local hardening along the length of the blade were carried out for the maximum value of the friction path, during the tests it was $S = 40$ km, it was found that with an increase in the expansion angle and speed of movement, the wear rate of the surface of the locally hardened blade increases cultivator paws.

The dependence of the operating time on the average values of the absolute wear of the surface of the locally hardened blade of the cultivator paw at a speed of movement $V = 0,5; 1,5; 2,5$ m/s, have a linear character, which is confirmed by the coefficient of determination R^2 (0,9997; 0,9995 and 0,9996). Statistical evaluation by the Fisher criterion $F = 1,65 < F_{tab}(0,05; 12; 14) = 2,53$) shows that the obtained values are correlated with each other and are accordingly adequate.

The increase in the expansion angle γ and the speed of movement V is due to the increase in the wear rate of the local hardening of the blade. A comparison of the theoretical and experimental dependences of the wear rate of a locally hardened blade $\partial t_v / \partial t$ on the expansion angle γ allows us to draw conclusions about the identical nature of the obtained curves. Statistical evaluation by the Fisher criterion $F = 2,42 < F_{tab}(0,05; 12; 14) = 2,53$) showed that the obtained patterns are correlated with each other and are accordingly adequate. The greatest influence on the magnitude of traction resistance of the investigated working bodies has the depth of tillage. It was found that the average values of the traction resistance of the developed cultivator paws at a speed of movement $V = 1,0$ m/s and varying the working depth within the boundaries $h = 0,06 \dots 0,12$ m in comparison with the serial paw of the cultivator have a lower value of 1,12 times or by 16,1%. The average friction costs of the developed cultivator paws with a processing depth $h = 0,12$ m and a change in the speed of movement within the boundaries $V = 0,50 \dots 1,0$ m/s decrease relative to the serial cultivator paw 1,1 times or 9,1%.

The conducted studies allow us to conclude that it is possible to control the wear rate and traction resistance by changing the wear resistance, shape and parameters of local hardening of the blade of the cultivator leg.

Keywords: tillage working body, wear, wear, local hardening, traction resistance, wear resistance.