



# Механізація, електрифікація

УДК 631.316.022

© 2016

*М.О. Василенко,*  
кандидат  
технічних наук

*Д.О. Буслаєв*

Національний науковий  
центр «Інститут механізації  
та електрифікації  
сільського господарства»

## **ЗМЕНШЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ВІДНОВЛЕНИХ І ЗМІЦНЕНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**Мета.** Дослідити зміну тягового опору культиваторних лап з об'ємним і поверхневим зміцненням у процесі експлуатації.

**Методи.** Математико-статистичний, дедуктивний та індуктивний аналізи.

**Результати.** Установлено взаємозв'язок між радіусом кривизни різальної кромки та зношенням леза за шириною з кратністю зміни площі контакту, що гіпотетично впливає на зміну тягового опору культиваторних лап з об'ємним і поверхневим зміцненням під час експлуатації. **Висновки.** Отримано математичну модель оцінювання зміни площі контакту робочих органів у процесі експлуатації для прогнозування відносного тягового опору та вираз оцінювання граничного стану висоти зношення лапи культиватора.

**Ключові слова:** культиваторні лапи, самозагострення, зміцнення, різальна кромка, абразивне зношування, тяговий опір.

Процес обробітку ґрунту є енергоємним і потребує найбільших витрат під час виробництва сільськогосподарської продукції [1]. За даними джерела [2], витрати на обробіток ґрунту становлять 30% від усіх витрат у землеробстві. Абразивне зношування робочих органів ґрунтообробних машин залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного ґрунту і властивостей матеріалу, з якого виготовлено робочі органи. Інтенсивне абразивне зношування істотно знижує надійність ґрунтообробної техніки та призводить до значних енергетичних витрат у процесі обробітку ґрунту [3].

Від стану різальної кромки леза робочого

органу залежать якість підрізання бур'янів, глибина обробітку ґрунту, стійкість ходу лап за глибиною, опір ґрунтообробної машини та витрата пального [4].

Проблема підвищення стійкості робочих органів до зношування, забезпечення самозагострення та збільшення їх ресурсу є актуальною [5].

Тому важливим є дослідження раціональних параметрів різальної кромки леза робочих органів, що забезпечить якісні та економічні показники роботи ґрунтообробних машин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Підвищення ресурсу робочих органів

ґрунтообробних машин та зменшення енерговитрат досягають за рахунок самозагострення лез або різальної кромки через нанесення зносостійких матеріалів різними методами [6].

Затуплення лез робочих органів призводить до зниження якісних показників обробки ґрунту та витрат пально-мастильних матеріалів, унаслідок чого підвищується вартість сільськогосподарських робіт з обробки ґрунту [7].

За результатами досліджень [8] установлено, що зі збільшенням радіуса різальної кромки леза до 0,6–0,7 мм знижується підрізання бур'янів на 15–20%, а до 0,8 мм — відбувається зменшення глибини обробки ґрунту, що не відповідає встановленим агротехнічним вимогам.

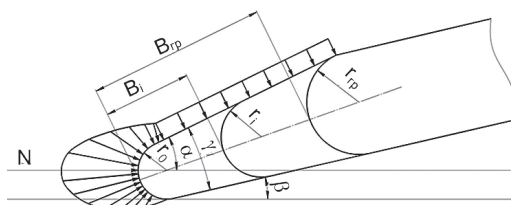
Дослідження авторів [9] також підтверджують, що за радіуса різальної кромки леза лапи до 0,4–0,5 мм на поверхні поля спостерігається до 20% непідрізаних бур'янів.

Поліпшення експлуатаційних характеристик робочих органів, зокрема лап культиваторів, є актуальним завданням у сільськогосподарському виробництві. Цього можна досягти створенням нових технологій виготовлення та зміцнення робочих органів та за використання нових матеріалів. Перспективним є розвиток технологій із застосуванням для зміцнення різальної кромки порошкових матеріалів з наночастинками, які мають складові частинки розміром близько 0,1 мкм, що дає змогу підвищити фізико-механічні властивості нанесених шарів, зокрема межу міцності в 1,5–2,5 раза зі збереженням достатньої пластичності [10, 11].

**Мета досліджень** — вивчити зміну тягового опору культиваторних лап з об'ємним та поверхневим зміцненням в процесі експлуатації.

**Результати досліджень.** У період експлуатації внаслідок абразивної дії та тиску ґрунту передусім зношується різальна кромка робочих органів ґрунтообробних машин. Спостерігається її затуплення та збільшення радіуса заокруглення. Особливо це характерно для робочих органів з об'ємним загартуванням їх окремих ділянок, зокрема крил стрілочастих лап культиваторів [12].

Схему розподілу навантаження на робочу поверхню лапи та вигляд різальної кромки на  $i$ -тих стадіях зношення показано на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема розподілу навантаження  $N$  на різальну кромку культиваторної лапи та зміна радіуса кромки в процесі експлуатації  $r$ :  $B_i$  —  $i$ -те значення величини зношення;  $B_{гр}$  — граничне значення величини зношення;  $r_0$  — початкове значення радіуса кромки;  $r_{гр}$  — граничне зношення радіуса кромки;  $r_0 < r_i < r_{гр}$ ;  $\alpha$  — кут атаки, різання, підйому;  $\beta$  — задній кут;  $\gamma$  — кут загострення;  $2B_i$  — зменшення ширини захвату лапи культиватора на  $i$ -тій стадії зношення

Гостра кромка нової лапи характеризується первинним радіусом  $r_0$  та кутом загострення  $\gamma$ . Залежно від призначення лапи (попольна чи розпушувальна) змінюється кут атаки (підйому)  $\alpha$  та задній кут  $\beta$ . При цьому взаємозв'язок між кутом загострення, підйому та заднім кутом такий:

$$\gamma = \alpha - \beta. \quad (1)$$

Зношення деталі супроводжується зміною радіуса  $r_i$  різальної кромки від  $r_0$  до  $r_{гр}$ , де  $r_i$  — будь-яке проміжне значення радіуса заокруглення кромки;  $r_{гр}$  — граничне значення радіуса, після досягнення якого він не змінюється і дорівнює половині товщини листа, з якого виготовлена лапа. Зі збільшенням величини зношення  $B_i$  збільшується  $r_i$ .

Усі центри радіусів  $r_i$  розміщені на бісектрисі кута загострення. Взаємозв'язок між цими величинами такий:

$$r_i - r_0 = B_i \cdot \sin \frac{\gamma}{2}, \quad (2)$$

звідси:

$$r_i = B_i \cdot \sin \frac{\gamma}{2} + r_0. \quad (3)$$

Цей вираз придатний для прогнозування радіуса кривизни різальної кромки та аналізу відносного порівняльного опору робочого органа залежно від величини зношення лапи за шириною.

Площа контакту різальної кромки з ґрунтом, від якої залежить сила опору робочого органа, визначається за формулою:

$$S = \frac{2\pi r}{2} \cdot L = \pi rL, \quad (4)$$

де  $\pi r$  — довжина дуги різальної кромки, яка характеризується півколом, мм;  $L$  — довжина різальної кромки робочого органу, мм.

Для  $i$ -того значення  $r$  вираз (4) матиме вигляд:

$$S_i = \pi r \cdot L_i. \quad (5)$$

При цьому співвідношення  $S_0$  і  $S_i$  буде таким:

$$\frac{S_0}{S_i} = \frac{\pi r_0 \cdot L}{\pi r_i \cdot L_i} = \frac{r_0 \cdot L}{r_i \cdot L_i}. \quad (6)$$

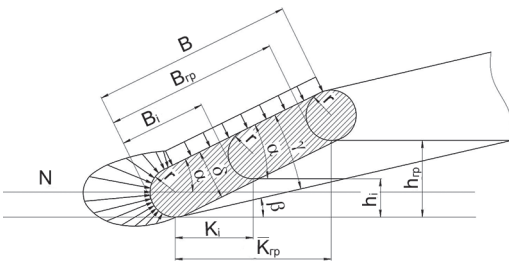
Тоді для лапи з однакою довжиною різальної кромки співвідношення площ різальної кромки за умови об'ємного зміцнення, скажімо загартування, визначатиметься як співвідношення радіусів за певних фіксованих їх значень:

$$\frac{S_0}{S_i} = \frac{r_0}{r_i}. \quad (7)$$

Це означає, що, отримавши за виразом (3) величину  $r_i$ , по ній можна оцінити кратність збільшення площі контакту, що дасть змогу прогнозувати порівняльний тяговий опір під час обробітку ґрунту та впливати на ефективність цього процесу через зменшення  $r_i$ .

Зменшення  $r_i$ , а в ідеальному випадку доведення його до початкового значення  $r_0$  і забезпечення його постійної величини в процесі експлуатації можливе за умови зміцнення поверхні робочого органу сільськогосподарських машин методом нанесення зміцнювальних покриттів із наноскладовими.

Схему розподілу сил на робочій поверхні та вигляд зміцненої різальної кромки на  $i$ -тих стадіях зношення з поверхневим



**Рис. 2. Схеми розподілу сил на робочій поверхні та вигляд різальної кромки на  $i$ -тих стадіях зношення:  $\alpha$  — кут атаки, різання, підйому;  $\beta$  — задній кут;  $\gamma$  — кут загострення;  $\delta$  — товщина зміцненого шару,  $\delta=2r$ ;  $V$  — розмір зміцненої поверхні за шириною;  $h$  — висота підйому нижньої площини лапи (підшви) унаслідок зношування**

зміцненням наведено на рис. 2.

Під час зміцнення робочого органу електроерозійною обробкою чи матеріалами з наноскладовими на початку експлуатації кут  $\alpha$ , який є кутом різання (атаки, підйому), дорівнює сумі кутів  $\beta$  (задній кут) та  $\gamma$  (кут загострення). Зі зношенням різальної кромки утворюється підшва — нижня площина лапи, паралельна напрямку руху робочого органу довжиною  $V$  і на висоті  $h_i$  від початкового значення рівня утворюваної підшви. При цьому має місце постійний кут  $\alpha = \text{Const}$ . Товщина зміцненого шару  $\delta$  дорівнюватиме  $2r$ , де  $r$  — радіус заокруглення різальної кромки.

Умова самозагострення відбувається за  $r = \text{Const}$ .

З урахуванням того, що зміцнений шар зношується менш інтенсивно, ніж основний метал, прогнозується, що в процесі експлуатації утворюватиметься площина на робочому органі, розміщена паралельно руху робочого органу з розміром за шириною  $K_i$ :

$$K_i = V_i \cdot \cos \alpha, \quad (8)$$

де  $V_i$  — значення величини зношення зміцненої поверхні за шириною.

При цьому нижня площина робочого органу відрегульована на певну глибину обробітку ґрунту, піднімається на висоту  $h_i$ , яка дорівнює:

$$h_i = V_i \cdot \sin \alpha. \quad (9)$$

Це означає, що під час експлуатації оператор вимірюванням зношення лапи за шириною може регулювати глибину обробітку ґрунту відповідно до попередніх регулювань.

Крім того, оперуючи довжиною зміцненого шару  $L$ , визначається граничне значення величини зношення  $V_{gp}$ , яке дорівнює:

$$V_{gp} = V - r. \quad (10)$$

При цьому  $h_{gp}$  дорівнюватиме:

$$h_{gp} = V_{gp} \cdot \sin \alpha. \quad (11)$$

Підставивши у вираз (11) значення з виразу (10), отримуємо:

$$h_{gp} = (V - r) \cdot \sin \alpha. \quad (12)$$

Цей вираз характеризує граничне значення висоти зношення лапи культиватора, за якої забезпечується її самозагострення і стабілізація тягового опору під час експлуатації, що є підставою для призупинення експлуатації робочого органу та відновлення у разі відсутності вибракувальних ознак.

## Висновки

Отримано математичну модель оцінювання зміни площі контакту робочих органів під час експлуатації  $r_i = B_i \cdot \sin \frac{\gamma}{2} + r_0$ , за якою, визначивши величину  $r_i$ , можна оцінити кратність збільшення площі контакту, що дасть змогу прогнозувати відносний опір під час обробітку ґрунту та впливати на ефективність цього процесу через

зменшення  $r_i$ .

Отримано вираз  $h_{zp} = (B-r) \cdot \sin \alpha$ , що характеризує граничне значення висоти зношення лапи культиватора, за якої забезпечується її самозагострення під час експлуатації. Це є підставою для ухвалення рішення щодо призупинення експлуатації робочого органа та його відновлення в разі відсутності вибракувальних ознак.

## Бібліографія

1. Блохин В.Н. Абразивный износ упрочненной поверхности лемеха/В.Н. Блохин, Л.А. Паршикова// Техника в сельском хозяйстве. — 2014. — № 6. — С. 28–29.
2. Кормаков Л.Ф. Рынок сельскохозяйственной техники: проблемы и решения/Л.Ф. Кормаков, Л.С. Орси, Ю.Д. Бахтеев. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. — 192 с.
3. Аулін В.В. Аналіз характеру зношування лез ґрунторіжучих деталей та підвищення їх ресурсу лазерними технологіями/В.В. Аулін, В.М. Бобрицький, Є.К. Солових//Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. — Кіровоград: КНТУ, 2005. — Вип. 35. — С. 135–157.
4. Фаюршин А.Ф. Эксплуатационные испытания лоп культиваторов, восстановленных износостойким покрытием/А.Ф. Фаюршин//Аграрная наука на современном этапе: сб. матер. Всерос. науч. конф. — СПб: СПГАУ, 2002. — С. 347–348.
5. Aulin V. Increased Wear Resistance of the Cultivator Plowshares by Laser Technology of Consolidation/V. Aulin, W. Arifa, S. Lysenko//International Journal of Agriculture and Forestry. — 2015. — № 5(6). — С. 318–322.
6. Денисенко М. Зношування та підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин/М. Денисенко, А. Опальчук//Вісн. ТНТУ. — Спецвипуск. — 2011. — Ч. 2. — С. 201–210.
7. Бондарев С.І. Обґрунтування граничного спрацювання лез ґрунтообробних робочих органів/С.І. Бондарев//Технологический аудит и резервы производства. — 2013. — № 5(2). — С. 8–10.
8. Бахтин П.У. Физико-механические и технологические свойства почв/П.У. Бахтин//Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. — М.: Машиностроение, 1967. — Т. 1. — С. 693–710.
9. Ачкасов К.А. Повышение долговечности лоп сеялок-культиваторов СЗС2.1 в условиях МНР/К.А. Ачкасов, Ч. Нанжаа//Сб. науч. тр. МИИСП. — М., 1987. — С. 61–65.
10. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники/А.Ю. Измайлов, С.А. Сидоров, Я.П. Лобачевский и др.//Сб. науч. доклад. ВИМ. — 2011. — Т. 1. — С. 89–95.
11. Повышение абразивной стойкости стрелчатых культиваторных лоп дифференцированной индукционной наплавкой/А.Д. Саинсус, М.И. Черновол, В.Н. Кропивный, Б.Е. Надворный//Техніка в сільському господарстві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоград. держ. тех. ун-ту. — Кіровоград: КНТУ, 2004. — Вип. 15. — С. 306–313.
12. Балабуха А.В. Исследование изнашивания лемехов, упрочненных дуговой точечной наплавкой//Зб. наук. пр. Луцького держ. тех. ун-ту. — Луцьк: ЛДТУ, 2000. — Вип. 7. — С. 9–11.

Надійшла 26.05.2016.