

УДК 631.316.022.4

Кобець А.С.

Пугач А.М.

(Дніпропетровський державний аграрний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ ЛЕЗА КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ ПРИ НАЯВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЛОКАЛЬНОГО ЗМІЦНЕННЯ

В роботі аналітично досліджено закономірності параметрів зноса лезвня стрілкової лапи в залежності від конфігурації елементів локального укріплення.

The parameters regularities of duckfoot tooth blade wear depending on configuration of local strengthening elements are analytically examined in the work

Вступ

Одним з ефективних методів покращення підрізаючої спроможності стрілочатих лап є формування зубчастого профілю ріжучої кромки за рахунок направлено зносу матеріалу лапи. Технічно направлений знос можна забезпечити шляхом створення локальних зміцнених зон на поверхні. Проте, при цьому необхідно знайти алгоритм розташування таких зон, їх геометричні параметри та профіль самої ріжучої кромки. Вирішення цієї проблеми дозволить створити стрілочату лапу з конструктивними параметрами, максимально адаптованими до виконання задач міжрядного та суцільного обробітку ґрунту.

Мета досліджень

Дослідження спрацювання леза при наявності елементів локального зміцнення робочої поверхні.

Аналіз досліджень

Аналіз теоретичних та практичних напрацювань в галузі удосконалення стрілочатих лап вказує на те, що підвищення їх підрізаючої спроможності та зносостійкості вирішується в основному за рахунок оптимізації профілю ріжучої кромки пристосовно до конкретних ґрунтових умов [1 – 3]. При цьому, основний напрямок удосконалень спрямований на оптимізацію траєкторії руху, створення режиму різання з прискоренням та ковзанням [4].

Підтримання ріжучої кромки в загостреному стані на серійних стрілочатих лапах підвищується нанесенням шару зносостійкого матеріалу на тильну поверхню леза. За рахунок різниці у інтенсивності зносу матеріалів деякий час відслідковується явище самозагострення леза. Проте процес зносу не є керованим і тому він не формує ріжучу кромку потрібного профілю [5].

Таким чином, проблема створення оптимального режиму різання стрілочатою лапою ще не вирішена і є актуальною на даному етапі.

Матеріал досліджень

Встановлення елементів локального зміцнення, виконане у вигляді смуг, на культиваторну лапу змінює параметри потоку ґрунту, що призводить до його локалізації на лезі.

При дослідженні спрацювання було встановлено, що спрацювання матеріалу на нескінченно малій ділянці леза пропорційний миттєвому значенню сили тертя на цій ділянці. Напрямок спрацювання збігається з напрямком потоку.

Візьмемо в довільно взятій точці на лезі нескінченно малу ділянку Δs (рис. 1). У відповідності з теорією подрібнення ґрунту А.М. Панченко [6] при переході до нескінченно малих ділянок, на лезо буде діяти сила різання

$$dP = C_{num.} \cdot dF = C_{num.} \cdot L \cdot ds, \quad (1)$$

де $C_{num.}$ - питома зчеплення часток ґрунту, кН/м²;

F - площа поверхні, що сколюється, м²;

L - довжина лінії сколювання в поздовжньому напрямку, м;

ds - ділянка довжини леза, м.

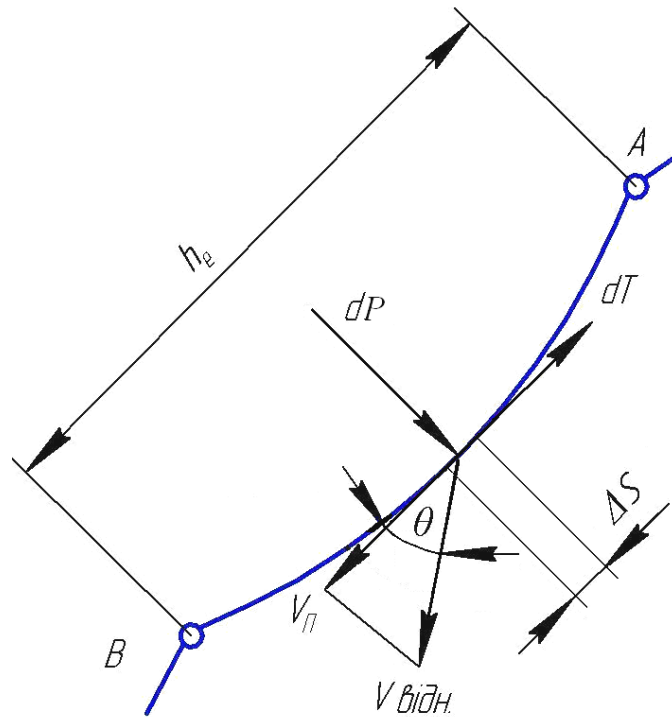


Рис. 1. - Розрахункова схема до визначення кривої спрацювання

Так як при оснащенні лапи елементами локального зміцнення нормальний тиск на поверхню лапи знижується, будемо розглядати спрацювання самого леза.

З розрахункової схеми (рис. 2), для кутів $\alpha \leq 30^\circ$ справедливе співвідношення

$$L = \frac{a}{\cos(\alpha + \varphi_2)}, \quad (2)$$

де a - глибина обробітку ґрунту, м;

α - проекція кута нахилу крила лапи на напрямок руху, град.;

φ_2 - кут внутрішнього тертя ґрунту, град.

Тоді, величина сили тертя визначається за залежністю

$$dT = \frac{a \cdot C_{num.} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\cos(\alpha + \varphi_2)} \cdot ds, \quad (3)$$

де φ_1 - кут тертя ґрунту по металу лапи, град.

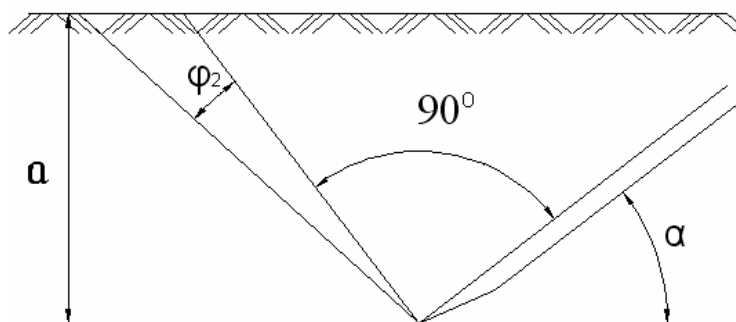


Рис. 2. - Розрахункова схема до визначення довжини лінії сколу

Отриманий вираз запишемо наступним чином, виділивши коефіцієнт K_n , який залежить від властивостей ґрунту

$$dT = K_n \cdot ds, \quad (4)$$

$$\text{де } K_n = \frac{a \cdot C_{num.} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\cos(\alpha + \varphi_2)}.$$

При роботі культиваторної лапи довжина дуги, внаслідок спрацювання, буде збільшуватись, що призведе до зниження сили різання і відповідно сили тертя. Тому можна записати наступне диференціальне рівняння, що зв'язує швидкість зміни довжини дуги від сили тертя

$$-\frac{dT}{ds} = K_L \cdot K_n \cdot T, \quad (5)$$

де K_L - емпіричний коефіцієнт, що враховує зниження сили тертя внаслідок збільшення довжини дуги.

Розв'язком рівняння (5) буде залежність сили тертя від довжини дуги

$$T = C \cdot e^{-K_L \cdot K_n \cdot S}. \quad (6)$$

Довжину дуги можна представити у наступному виді

$$S = V_n \cdot t, \quad (7)$$

де V_n - проекція відносної швидкості вступу потоку ґрунту на поверхню лапи, м/с.

$$V_n = V_{відн.} \cdot \cos \theta. \quad (8)$$

Підставляючи (7) і (8) в (6) отримаємо

$$T = C \cdot e^{-K_L \cdot K_n \cdot V_n \cdot \cos \theta \cdot t}. \quad (9)$$

Постійну інтегрування C знайдемо в момент часу t_o , коли напрацювання лапи рівне нулю $S_n = 0$. Тоді постійна інтегрування рівна силі тертя на прямолінійній ділянці лапи

$$C = T_o,$$

а рівняння (9) прийме вид

$$T = T_o \cdot e^{-K_L \cdot K_n \cdot V_n \cdot \cos \theta \cdot t}. \quad (10)$$

Величина початкової сили тертя дорівнює

$$T_o = \frac{a \cdot C_{num.} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\cos(\alpha + \varphi_2)} \cdot h_e, \quad (11)$$

де h_e - відстань між елементами зміцнення, м.

Час напрацювання лапи t можна визначити через площу, що обробляється і робочу швидкість руху

$$t = \frac{Sa}{n_1 \cdot b \cdot V}, \quad (12)$$

де Sa - напрацювання на агрегат, га;

n_1 - кількість лап на культиваторі, шт.;

b - ширина захвату однієї лапи, м.

Величина спрацювання профілю зуба визначиться

$$Q = K_u \cdot T, \quad (13)$$

де K_u - емпіричний коефіцієнт, що визначає абразивну стійкість матеріалу.

Слід відмітити, що коефіцієнт K_u у виразі (13) враховує тільки лінійне спрацювання профілю зуба і відноситься до сили тертя. В цьому випадку спрацювання Q буде відносною величиною, а розмірність K_u буде H^{-1} .

Остаточне спрацювання профілю зуба, виражене через площу, що обробляється S_u буде визначатись виразом:

$$Q = K_u \cdot T = K_u \frac{a \cdot C_{num} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\cos(\alpha + \varphi_2)} \cdot h_e \cdot e^{-K_L \frac{a \cdot C_{num} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\cos(\alpha + \varphi_2)} \cdot V_n \cdot \cos \theta} \cdot \frac{Sa}{n_1 \cdot b \cdot V}. \quad (14)$$

Висновки

1. Нанесення елементів локального зміцнення призводить до формування зубчастого профілю, що покращує процес підрізання кореневої системи рослин.
2. Профіль зубця, що утворюється і підтримується в процесі роботи сприяє переміщенню рослинних решток вздовж лева з прискоренням, що забезпечує зубцям ударне різання.
3. В подальшому є необхідність в проведенні аналітичного обґрунтування геометрії нанесення зносостійких елементів: кута постановки до напрямку руху, відстані між смугами, співвідношенням зносостійкості матеріалу лапи і елементів локального зміцнення.

Література

1. Подкатилов К.Е. Динамические исследования рабочих органов культиваторов повышенной прочности и износостойкости с нижним и верхним упрочнением твердыми сплавами : автореф. дис....на соиск. учен. степени канд. техн. наук / К.Е. Подкатилов. – Ростов-на-Дону, 1969. – 28 с.
2. Сизов О.А. Исследование процессов взаимодействия лезвия сельскохозяйственных ножей с разрезаемым материалом : дис.... канд. техн. наук / О.А. Сизов. – М. : МИИСП, 1971. – 121 с.
3. Ермолов Л.С. Исследования изнашивания режущих органов почвообрабатывающих машин на различных почвах : авт. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук / Л.С. Ермолов. – Харьков, 1960. – 20 с.
4. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. – М. : Машиностроение, 1990. – 224 с.
5. Износ деталей сельскохозяйственных машин / Севернев М.М., Каплун Г.П., Короткевич В.А. [и др.]. – М. : Колос, 1972. – 288 с.
6. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / Панченко А.Н. – Днепропетровск: РИО Днепропетр. гос. аграр. ун-та, 1999. – 140 с.