

Теоретичні передумови виникнення ефекту самозагострювання робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь

К.В. Борак, асис.

(Житомирський національний агроекологічний університет)

Досліджено вплив фізико-механічних властивостей матеріалу робочого органу, абразивних властивостей ґрунтів і конструктивних параметрів робочого органу на виникнення ефекту самозагострення. Отримані уточненні умови самозагострювання для робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь.

Постановка проблеми. В структурі парку сільськогосподарських машин України дискові ґрунтообробні знаряддя (ДГЗ) займають близько 40% від загальної їх кількості [2]. Як відомо, в процесі роботи номінальні розміри диска та його форма, в результаті спрацювання, зазнають змін, що значно впливає на якість виконання технологічного процесу [4]. Тому постає проблема у необхідності збереження форми та реалізації ефекту самозагострення.

Аналіз останніх досліджень. В процесі різання дисковими робочими органами лезо входить в ґрунт при великому питомому навантаженні на ріжучу кромку. При таких умовах роботи відбувається швидке затуплення лез робочих органів, в результаті чого машина швидко втрачає працездатність.

Дослідженнями автором [7] встановлено 4 умови самозаточування робочих органів ґрунтообробних машин:

1. Радіус затуплення R_k ріжучої кромки в процесі роботи леза не повинен перевищувати допустимого R_d , обумовленого нормальним протіканням технологічного процесу різання робочої маси.

2. Товщина несучого шару δ_n повинна бути мінімально можливою для забезпечення необхідної міцності твердого шару:

$$\delta_n = \delta_m K_n \delta \quad (1)$$

де K_n – коефіцієнт міцності твердого шару, який може, в залежності від властивостей ґрунту і твердого сплаву, змінюватись в широкому діапазоні (для лез наплавлених сормайтотом $K_n=1,0\dots1,8$)

3. Твердість зносостійкого шару H_m повинна бути у відповідному співвідношенні з твердістю несучого шару:

$$H_m = KH_n \quad (2)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від абразивних властивостей ґрунту ($K=1,2\dots2,8$)

4. Зміцненню, як правило, повинна підлягати та грань леза, яка піддається найменшому зношенню. Якщо ця умова не буде виконуватись то інтенсивність зношування твердого і м'якого шару вирівнюється, що неминуче призведе до затуплення леза. В деяких випадках зміцнення проводять з іншої сторони леза для використання на супіщаних і піщаних ґрунтах.

В роботі [1] висловлюються сумніви, що до коректності формулювання 4-ої умови самозаточування. В США та Канаді в деяких ґрунтово-кліматичних зонах (супіщані та піщані ґрунти) застосовують наплавку на поверхню, яка інтенсивніше зношується [7].

Чотири умови самозаточування автором [7] були встановлені в результаті дослідження процесу зношування лемешів та лап культиваторів. Виходячи з цього, необхідно провести дослідження процесу зношування дискових робочих органів для уточнення умов самозаточування.

Результати досліджень. Дані 4 умови розглядають не всі фактори які впливають на виникнення ефекту самозагострювання і потребують уточнень і доповнень для робочих органів ДГЗ по наступним причинам:

- данні дослідження проводилися на робочих органах, де швидкість змінюється мало і дорівнює швидкості руху знаряддя, з якою вона співпадає за напрямком, (леміш, лапа культиватора) і протягом всього періоду зношування розподіл навантаження носить стаціонарний характер;

- не врахована можливість зміни виду зношування (з абразивного на ударно-абразивне);

- інтенсивність зношування робочих органів (РО) ДГЗ на порядок менша за інтенсивність зношування лемішно-лапових робочих органів;

- не враховують вплив сторони і кута загострення РО ДГЗ на інтенсивність зношування.

Як бачимо 4 умови самозагострювання запропоновані В.М. Ткачовим не повністю розкривають природу формоутворення лез робочих органів ДГЗ. Провівши аналіз умов самозагострення ми прийшли до висновку, що 2 і 3 умова не викликають сумнівів, а 1 і 4 потребують уточнень і доповнень.

Так 1 умова самозагострювання стверджує, що радіус заокруглення R ріжучої кромки в процесі роботи леза не повинен перевищувати допустимого R_0 , обумовленого нормальним протіканням технологічного процесу. Звідки видно, що гранична товщина затупленого леза $h \leq 2R_0$. Ткачов В.М. стверджує, що товщина твердого шару біметалевого робочого органу для задоволення 1 умови повинна відповідати $h_m \leq 2R_0$. Але дане твердження на нашу думку справедливе тільки при виконанні 4 умови самозагострювання (тобто коли зміцненню підлягає та грань леза яка піддається найменшому впливу). Для РО ДГЗ виконання 4 умови взагалі неможливо. Зміцнення грані леза яка піддається найменшому впливу призведе до виступу твердого шару на в'язким, а так як в РО ДГЗ доволі висока ймовірність виникнення динамічних навантажень, що неминуче призведе до обломлювання зміцненої поверхні.

В попередніми дослідженнях використовувався зміцнений шар однорідний по товщині на всій поверхні, а загострення проводили зі сторони більш м'якого і менш зносостійкого матеріалу. Для досягання ефекту самозагострювання у РО ДГЗ необхідно зміцнювати і одночасно загострювати кромку леза зі сторони більш інтенсивного зношування, тобто з зовнішньої сторони (рис. 1). Товщина зміцненого шару повинна змінюватись від кромки леза в сторону його збільшення.

Товщина несучого шару повинна унеможливлувати виступання твердого і відповідно його обломлювання.

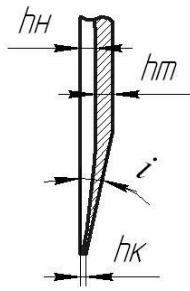


Рис. 1 Зміна товщини несучого і твердого шару

Співвідношення товщини твердого і несучого шару необхідно визначати з наступних умов:

- співвідношення твердості твердого і несучого шару;
- співвідношення інтенсивності зношування сторін РО ДГЗ.

При умові рівності 3 співвідношення товщини несучого і твердого шару повинно дорівнювати 1.

$$\frac{H_m}{H_n} = \frac{U_m}{U_n} \quad (3)$$

де H_m та H_n – відповідно твердість зміцненого та несучого шару;

U_m, U_n – відповідно інтенсивність зношування твердого та несучого шару.

В реальних умовах досягти даного співвідношення доволі складно тому для визначення співвідношення товщини зміцненого і несучого шарів розглянемо інтенсивність зношування внутрішньої і зовнішньої поверхні.

В роботах М.М. Хруцова та М.А. Бабічева [8] отримана прямо пропорційна залежність між об'ємним зносом і нормальним навантаженням:

$$U = cN \quad (4)$$

де c – коефіцієнт пропорційності, який залежить від властивостей матеріалу і стихаючої властивості абразивної поверхні.

Тому для виявлення співвідношення об'ємного зносу внутрішньої і зовнішньої сторони РО ДГЗ розглянемо силову взаємодію робочого органу ДГЗ в процесі експлуатації з ґрунтом прийнявши при цьому, що:

$$\frac{H}{P} = \frac{U_m}{U_n} \quad (5)$$

де P – сумарне навантаження на внутрішню сторону диска;

H – сумарне навантаження на зовнішню сторону диска яку необхідно зміцнювати.

Сили що діють на внутрішню і зовнішню поверхню сферичного диску з зовнішнім загостренням представлені на рис. 2.

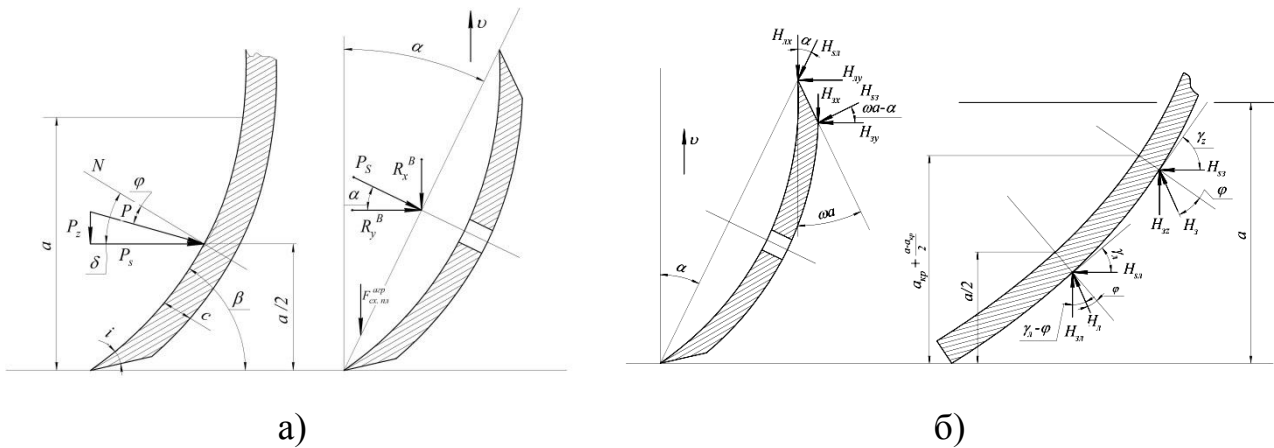


Рис. 2. Сили що діють на внутрішню (а) і зовнішню (б) поверхню РО ДГЗ з зовнішнім загостренням.

Аналітичні залежності силової дії на внутрішню поверхню диску визначені С.А. Сідоровим [5]. Дані залежності визначалися для сферичних гладких дисків та за даними П.С. Нартова [3] перехідні коефіцієнти для визначення навантажень на вирізні сферичні диски суттєво не відрізняються для внутрішньої і зовнішньої сторони РО і залежать від кута атаки атаки. Тоді сумарне навантаження, що діє на внутрішню сторону диска може бути визначена наступною формулою:

$$\begin{aligned}
 P = K_0 \cdot S_a \cdot \sin \alpha + P_F = (T_{cp} \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3) \cdot \left(\arctg \left[\frac{\sqrt{a \cdot (D-a)}}{(D/2-a)} \right] \cdot \frac{D^2}{4} - [a(D-a)] \cdot (D/2-a) \right) \cdot \sin \alpha + (2S_a \gamma_{os} / g) \sin \alpha \cdot V^2 \sin(\beta/2) \cdot (1 + 0,25 \sin \beta \cdot V) = (T_{cp} \cdot (0,04 + f(V/D)) \cdot 0,9^{m_p - m} \cdot [1,2 + 0,08 \cdot (m_p - m) + 0,02(m_p - m)^2] \cdot (1,15 - 3,0 \cdot 10^{-2} T + 3,0 \cdot 10^{-4} T^2) \cdot \left(\arctg \left[\frac{\sqrt{a \cdot (D-a)}}{(D/2-a)} \right] \cdot \frac{D^2}{4} - [a(D-a)] \cdot (D/2-a) \right) \cdot \sin \alpha + (2S_a \gamma_{os} / g) \sin \alpha \cdot V^2 \sin(\beta/2) \cdot (1 + 0,25 \sin \beta \cdot V)
 \end{aligned} \quad (6)$$

де K_0 – питомий опір; S_a – площа поперечного перерізу зануреної в ґрунт частини диска; P_F , – рівнодіюча та зрівноважена сила динамічного тиску та підпирання ґрунту; T_{cp} – середня твердість ґрунту на глибині обробітку; A_1 –

коефіцієнт пропорційності, що враховує відношення граничних нормальних напружень при стисненні з обмеженим боковим розширенням; A_2 – коефіцієнт пропорційності, що враховує вплив перекриття дисків; A_3 – коефіцієнт пропорційності, що враховує безпосередній вплив величини твердості ґрунту на питомий опір; D – зовнішній діаметр; a – глибина обробітку; V – швидкість робочого органу, β – кут кришіння; f_a – величина вигину сфери диска на глибині « a »; T – твердіть ґрунту, кг/см², $\gamma_{об}$ – об’ємна вага ґрунту; в залежності від твердості та глибини обробітку; V – швидкість робочого органу; f^1 – емпіричний коефіцієнт, що враховує сумісний вплив дії «потилиці»; $K_{сзр}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення тиску за рахунок вивантаження ґрунту при збільшенні швидкості обробітку;

Навантаження що діє на зовнішню сторону диску складається з двох складових і може бути визначено з залежності:

$$H = H_n + H_3 = \left[\begin{array}{l} k_x \cdot l_{ef} \cdot b_{efл} + (b_{efл} \cdot l_{ef} \cdot \\ \cdot V^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \gamma) \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} g \\ \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} k_x \cdot l_{кр} \cdot (c - b_0) \cdot f + (c - b) \cdot \\ \cdot f \cdot l_{кр} V^2 \cos^2 \alpha \cdot \gamma \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} g \\ \end{array} \right] \quad (7)$$

де H_n – опір деформації занурення леза; H_3 – опір від дії «потилиці» загострювання диска; γ – питома вага ґрунту; $l_{кр}$ – довжина дуги леза, що відповідає початку (кінцю) дії «потилиці» загострювання диска.

Формула (7) не враховує ймовірної можливості виникнення додаткових навантажень (ΔH) на кромці леза від динамічної взаємодії (удару) з твердими включеннями в ґрунті. Адже при роботі неминуче виникнення співудару з абразивними частинками, а відповідно, можливе виникнення ударно-абразивного зношування.

Для унеможливлення обломлювання кромки леза необхідно врахувати дану ймовірність:

$$P(\Delta H) = m/N \quad (8)$$

де m – кількість взаємодій з камінням при певному напрацюванні N , шт./га.

N – напрацювання, га

В свою чергу величина ΔH залежить від багатьох факторів:

$$\Delta H = \{m_1, m_2, v_a, k_g\} \quad (9)$$

де k_g – коефіцієнт відновлення;

m_1 – приведена маса робочого органу;

m_2 – маса ґрунту, каміння та ін.;

v_a – швидкість співудару (в нашому випадку швидкість переміщення РО в ґрунті).

Як показують експериментальні дослідження співвідношення H/P не носить чітко характеру і змінюється в широкому діапазоні 1,3...1,9 в залежності від умов експлуатації (твердості ґрунту, швидкості руху, радіусу кривини, діаметру диску та ін.). Тому при проектуванні самозагострюючих робочих органів ДГЗ необхідно визначити початкові параметри робочого органу і умови роботи в яких буде відбуватися їх експлуатації.

Як уже зазначалося важливим для визначення співвідношення товщини зміцненого і несучого шару є співвідношення їх твердості. Враховуючи різноманіття способів зміцнення і різне співвідношення твердості несучого і зміцненого шару необхідно намагатися до зменшення товщини несучого шару.

Для досягнення ефекту самозагострення необхідно врахувати кут загострення. Автором відзначалося, що для двошарового леза при куті загострення 17° (кут загострення однорідних серійних робочих органів) спостерігалось обломлювання кромки леза із-за виступу твердого шару над несучим. Для збереження початкового кута загострення необхідно загострювати зміцнену сторону під кутом 30° [6].

Таким чином уточнені умови самозагострення для РО ДГЗ зводяться до наступного:

1. Співвідношення товщини і твердості зміцненого і несучого шару повинно протягом всього терміну експлуатації забезпечувати умову $R < R_0$.

2. Товщина несучого шару повинна бути мінімально можливою, забезпечуючи при цьому необхідне підвищення міцності твердого шару.

3. Твердість зміцненого шару повинна бути у визначеному співвідношенні з твердістю несучого шару в залежності від абразивних властивостей ґрунту.

4. Зміцненню і загостренню повинна підлягати та грань яка більш інтенсивно зношується.

6. Кут загострення повинен складати $28^{\circ} \dots 30^{\circ}$.

Висновки. Для досягнення ефекту самозагострення РО ДГЗ необхідно виконання 5 умов причому друга і третя умова запропонована В.М. Ткачовим для лемешів повністю справедлива і для РО ДГЗ, перша умова дещо уточнена, а 4 умова обернено протилежна.

Список літератури:

1. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин: дис. канд. тех. наук: 05.02.04 / Бобрицький Віталій Миколайович. – Кіровоград, 2007. – 182 с.

2. Дудак С.М. Дискові ґрунтообробні знаряддя: основні параметри та особливості/ С.М. Дудак // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2007. – Вип. 91. – С. 368-371.

3. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П.С. Нартов – Воронеж: ВГУ, 1972. – 184 с.

4. Синеоков Г.П. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин / Г.П. Синеоков., И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328с.

5. Сидоров С.А. Обоснование эффективных способов повышения работоспособности и износостойкости сферических дисков почвообрабатывающих машин: дис. канд. техн. наук. 05.20.04 / Сидоров Сергей Алексеевич. – М., 1996. - 320 с. – 386.

6. Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины / В.Ф. Стрельбицкий. – М.: Машиностроение, 1978. – 135 с.

7. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей в условиях абразивного изнашивания / В.Н. Ткачев – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.

8. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 252 с.

Аннотация

Теоретические предпосылки к возникновению эффекта самозатачивания рабочих деталей дисковых почвообрабатывающих орудий

Борак К.В.

Исследовано влияние физико-механических свойств материала рабочей детали, абразивных свойств почв и конструктивных параметров рабочей детали на возникновение эффекта самозатачивания. Полученные уточненные условия самозатачивания для рабочих деталей дисковых почвообрабатывающих орудий.

Abstract

Theoretical pre-conditions origin effect of independent intensifying working organs of disk soil-cultivating instruments

K. Borak

Influence of mechanical properties of material working organ, abrasive properties soils, structural parameters of working organ is investigational on the origin effect of independent intensifying. Got clarification of condition of independent intensifying for the workings organs of disk soil-cultivating instruments