

УДК 631.313.02

В.І. Дворук, проф., д-р техн. наук

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

В.А. Войтов, проф., д-р техн. наук

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м.Харків, Україна

К.В. Борак, канд. техн. наук

Житомирський агротехнічний коледж, м.Житомир, Україна, koss1983@meta.ua

Самозагострювання робочих органів ґрунтообробних знарядь

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.

самозагострювання, робочий орган, ґрунт, ефект

В.И. Дворук, проф., д-р техн. наук

Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина

В.А. Войтов, проф., д-р техн. наук

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка, г.Харьков, Украина

К.В. Борак, канд. техн. наук

Житомирский агротехнический колледж, г.Житомир, Украина

Самозатачивание рабочих органов почвообрабатывающих орудий

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.

самозатачивание, рабочий орган, почва, эффекта

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 сормайттом $K_n=1,0\dots1,8$)

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

$$H_m = K H_n, \quad (2)$$

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].

Постановка завдання. 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.

Виклад основного матеріалу. Дані чотири 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 чотири 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-га і 3-тя умова не викликають сумнівів, а 1-ша і 4-та потребують уточнень і доповнень.

Так 1-ша 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-ї умови повинна відповідати $h_m \leq 2R_0$.

Але дане твердження, на нашу думку, справедливе тільки при виконанні 4-ї умови самозагострювання (тобто коли зміцненню підлягає та грань леза, яка піддається найменшому впливу). Для РО ДГЗ виконання 4-ї умови взагалі неможливо. Зміцнення грані леза, яка піддається найменшому впливу, призведе до виступу твердого шару над 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.

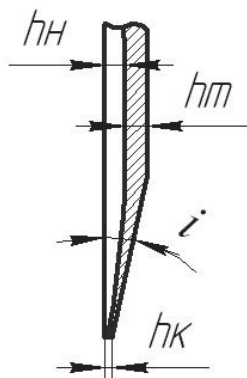


Рисунок 1 – Зміна товщини несучого і твердого шару

Товщина несучого шару повинна унеможливити виступання твердого і, відповідно, його обломлювання.

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).

$$H_m/H_M = I_{Vm}/I_{VM} = 1, \quad (3)$$

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

I_{Vm}, I_{VM} – 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. Хрущова та М.А. Бабічева [8] отримана прямо пропорційна залежність між об'ємним зносом і нормальним навантаженням:

$$I_V = cN, \quad (4)$$

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:

$$H_{\text{сум}}/P_{\Sigma} = I_{V_{\text{вн}}}/I_{V_{\text{зн}}}, \quad (5)$$

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 диска з зовнішнім загостренням представлені на рис. 2.

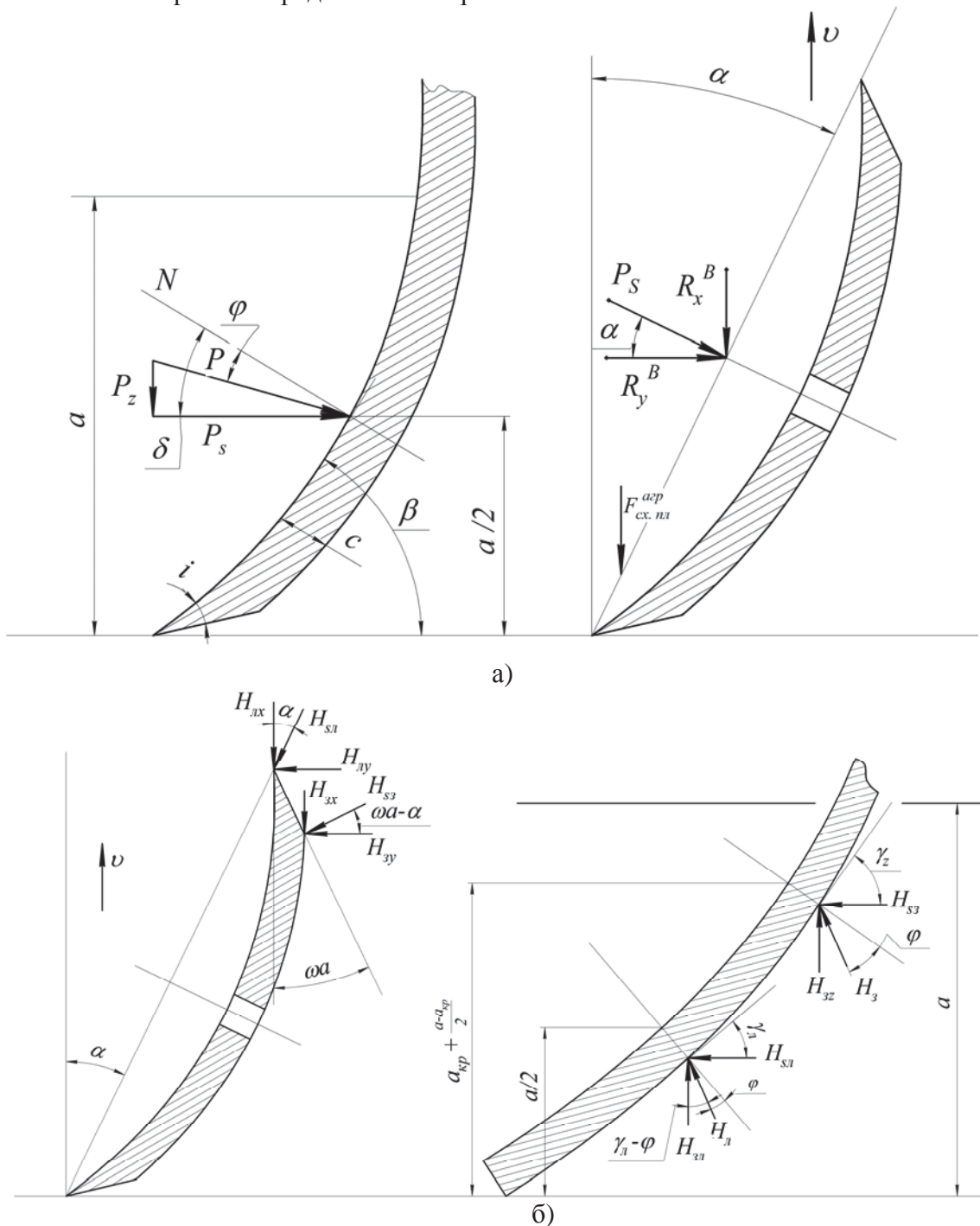


Рисунок 2 – Сили що діють на внутрішню (а) і зовнішню (б) поверхню РО ДГЗ з зовнішнім загостренням
Джерело: [5]

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 визначено наступною формулою:

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

де K_0 – питомий опір;

S_a – площа поперечного перерізу, зануреної в ґрунт частини диска, см²;

P_F – рівнодіюча та зрівноважена сила динамічного тиску та підпирання ґрунту;

T_{cp} , T – середня та абсолютна твердість ґрунту на глибині обробітку кг/см²;

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, см;

a – глибина обробітку, см;

β – кут кришіння, градус;

f_a – величина вигину сфери диска на глибині “ a ”, см;

$\gamma_{об}$ – об’ємна вага ґрунту, кг/м³;

V – об’єм зануреної в ґрунт частини диска, см³;

0,004 – коефіцієнт, см⁻²;

f^1 – емпіричний коефіцієнт, який враховує сумісний вплив дії “затилку”;

$K_{ср}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення тиску за рахунок вивантаження ґрунту при збільшенні швидкості обробітку;

α – кут різання;

m – відстань між дисками, см.

$m_{кр}$ – критична відстань між дисками при якій не виконуються вимоги агротехнічних вимог до обробітку ґрунту, см.

Навантаження, що діє на зовнішній сторону диска, складається з двох складових і може бути визначено із залежності:

$$H_{\Sigma} = H_{\lambda} + H_{\gamma} = k_{\lambda} \times l_{ef} \times b_{ef} + \frac{1}{g} (b_{ef} \times l_{ef} \times v^2 \times \cos^2 \alpha \times \gamma_{ob}) +$$

$$+ k_{\lambda} \times l_{kr} \times b_{ef} + \frac{1}{g} (b_{ef} \times l_{kr} \times v^2 \times \cos^2 \alpha \times \gamma_{ob}) \quad (7)$$

де H_{λ} – опір деформації занурення леза;

H_{γ} – опір від дії затилкової фаски диска;

k_{λ} – коефіцієнт питомого опору поверхні леза дискового РО;

l_{ef} – ефективна довжина леза, см;

b_{ef} – ефектична товщина леза, см;

l_{kr} – довжина дуги леза, що відповідає початку (кінцю) дії затилку загострювання диска, см.

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:

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

де k_e – 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 чіткого характеру і змінюється в широкому діапазоні 1,3...1,9 в залежності від умов експлуатації (твердості ґрунту, швидкості руху, радіусу кривизни, 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 експлуатація.

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. Авторами 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 $R < R_d$.

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 п'яти умов, причому друга і третя умова, запропонована В.М. Ткачевим для лемешів, повністю справедлива і для РО ДГЗ, перша умова дещо уточнена, а 4-та 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 [Текст] / 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 [Текст] / 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. – С. 320-386.
6. Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины [Текст] / В.Ф. Стрельбицкий. – М.: Машиностроение, 1978. – 135 с.
7. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей в условиях абразивного изнашивания [Текст] / В.Н. Ткачев – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.
8. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание [Текст] / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 252 с.

Volodymyr Dvoryk, Prof., DrS.

National Aviation University, Kiev, Ukraine

Viktor Voytov, Prof., DrS.

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

Konstantin Borak, PhD tech. sci.

Zhytomyr Agrarian and Technical College, Zhytomyr, Ukraine

Effect of independent intensifying working organ soil-cultivating instruments

Set conditions of independent intensifying working organ soil-cultivating instruments.

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:

1. Value thickness and hardness of the strengthening and base layer should be a lifetime condition to ensure $R < R_d$.

2. The thickness of the base layer should be as short as possible, while providing the necessary increase in strength solid layer.

3. The hardness of hardened layer should be determined in relation to the base layer hardness depending on the abrasive properties of soil.

4. Strengthening and exacerbate the line and must be subject to more intense wear that.

6. Sharpening angle must be at $28^{\circ} \dots 30^{\circ}$.

To achieve the effect independent intensifying working organ soil-cultivating instruments must fulfill five conditions and the second and the third condition suggested by V.M. Tkachev for plowshares completely fair and intensifying working organ soil-cultivating instruments, the first condition is clarified, and 4 opposite condition is reversed.

self-sharpening, working organ, soils, effect

Одержано 06.11.12