

## СИЛОВА ХАРАКТЕРИСТИКА ВЗАЄМОДІЇ ДИСКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З ҐРУНТОМ

С.М. Герук, проф., канд. техн. наук;

К.В. Борак, канд. техн. наук;

В.Г. Руденко, інж.

Житомирський агротехнічний коледж

Аналитичні залежності силової дії на внутрішню і зовнішню поверхні диску визначені С.О. Сидоровим [1]. Дані залежності визначалися для сферичних гладких дисків та, за даними П.С. Нартова [2], перехідні коефіцієнти для визначення навантажень на вирізні сферичні диски суттєво не відрізняються для внутрішньої й зовнішньої поверхні робочих органів (РО) і залежать від кута атаки. Тоді сумарне навантаження, що діє на внутрішню сторону диска, може бути визначене формулою:

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

де  $K_0$  – питомий опір;  $S_a$  – площа поперечного перерізу, зануреної в ґрунт частини диска, см<sup>2</sup>;  $P_F$ , – рівнодіюча та зрівноважена сила динамічного тиску та підпирання ґрунту;  $T_{cp}$ ,  $T$  – середня та абсолютна твердість ґрунту кг/см<sup>2</sup>;  $A_1$  – 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;  $\beta$  – кут кришіння, градус;  $f_a$  – величина вигину сфери диска на глибині “ $a$ ”, см;  $\gamma_{об}$  – об’ємна вага ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – об’єм зануреної в ґрунт частини диску, см<sup>3</sup>; 0,004 – коефіцієнт, см<sup>-2</sup>;  $f^1$  – емпіричний коефіцієнт, який враховує сумісний вплив дії “затилку”;  $K_{ср}$  – коефіцієнт, що враховує збільшення тиску за рахунок вивантаження ґрунту при збільшенні швидкості обробітку;  $m$  – 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:

$$\begin{aligned}
 H_{\Sigma} = H_{л} + H_{з} = k_{л} \times l_{эф} \times b_{эф} + \frac{1}{g} (b_{эф} \times l_{эф} \times v^2 \times \cos^2 \alpha \times \gamma_{об}) + \\
 + k_{л} \times l_{кр} \times b_{эф} + \frac{1}{g} (b_{эф} \times l_{кр} \times v^2 \cos^2 \alpha \times \gamma_{об}) \quad , \quad (2.2)
 \end{aligned}$$

де  $H_l$  – опір деформації занурення леза;  $H_z$  – опір від дії затилкової фаски диска;  $k_l$  – коефіцієнт питомого опору поверхні леза дискового РО;  $l_{ef}$  – ефективна довжина леза, см;  $b_{ef}$  – ефектична товщина леза, см;  $l_{кр}$  – довжина дуги леза, що відповідає початку (кінцю) дії затилку загострювання диска, см.

Аналіз формули (2) свідчить, що в ній не враховано ймовірної можливості виникнення додаткових навантажень ( $\Delta H$ ) на крайці леза від динамічної взаємодії (удару) з твердими включеннями в ґрунті. Отже, у процесі роботи РО дискових ґрунтообробних знарядь (ДГЗ) неминуче виникнення співудару з абразивними частинками, а відповідно, можливе виникнення ударно-абразивного зношування.

Для запобігання обломлювання крайки леза необхідно брати до уваги цю ймовірність:

$$P(\Delta H) = m/W, \quad (3)$$

де  $m$  – кількість взаємодій із камінням при певному напрацюванні  $W$ , шт./га;  $W$  – напрацювання, га.

В свою чергу величина  $\Delta H$  залежить від багатьох факторів:

$$\Delta H = \{m_1, m_2, v_a, k_e\}, \quad (4)$$

$k_B$  – коефіцієнт відновлення, для пружних тіл  $k_B = 1$ , для пластичних  $k_B = 0$ ;  $m_1$  – приведена маса РО;  $m_2$  – маса ґрунту, каміння та ін.;  $v_a$  – швидкість співудару (у нашому випадку швидкість переміщення РО у ґрунті).

Наведені аналітичні вирази (1-2) для визначення сумарної сили, що діють на зовнішню і внутрішню робочі поверхні РО, але як уже зазначалося, формула (2) не враховує ймовірної можливості виникнення додаткових навантажень ( $\Delta H$ ) на крайці леза від динамічної взаємодії (удару) з твердими включеннями в ґрунті.

В роботі [3] встановлено, що навіть при роботі на швидкостях 2...3 м/с взаємодію РО ґрунтообробних машин можна розглядати з позиції ударного процесу. Оскільки сучасні ДГЗ рухаються зі швидкістю до 5 м/с, то при роботі ДГЗ на такій робочій швидкості і динамічній дії на ґрунт процес зношування може змінюватися на ударно-абразивне та ударно-втомлювальне.

Силу удару від взаємодії РО з ґрунтом [172] можна визначити за формулою:

$$\Delta H t = (1 + k_B) \frac{m_1 \times m_2}{m_1 + m_2} \times v_a, \quad (5)$$

Якщо ймовірність виникнення ударного навантаження позначити  $P(\Delta H)$ , тоді на напівсегменті (0;1) спостерігається нормально розподілена випадкова величина  $\theta$  зі значеннями ймовірності  $\xi$ , а сумарну силову дію на зовнішню поверхню РО можна визначити залежністю:

$$H_{сум} = H + \Delta H \times \frac{1 - \text{sign}(\xi - P(\Delta H))}{2} \times \text{sign}|\xi - P(\Delta H)|. \quad (6)$$

Зазначимо, що виникнення ударного навантаження  $P(\Delta H)$  в основному залежить від кам'янистості ґрунтів та наявності інших твердих включень у ґрунті.

### Список літератури

- 1 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.
2. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П.С. Нартов. – Воронеж: ВГУ, 1972. – 184 с.
3. Тягово-приводные комбинированные почвообрабатывающие машины. Теория, расчет результаты испытаний / [ Ветохин В.И., Панов И.М., Шмонин В.А., Юзбашев В.А.]. – К.: Феникс, 2009. – 294 с.