

УДК 631.313

АНАЛІЗ СИЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ ДИСКА З ГРУНТОМ

Козаченко О.В., д.т.н., проф., Волковський О.М., аспірант

Державний біотехнологічний університет

Наведено результати математичного моделювання взаємодії дискового робочого органу ґрунтообробного знаряддя з ґрунтовим середовищем, визначено залежності проєкцій сили опору від кутів атаки α і нахилу γ робочого органу дискатора, швидкості його переміщення V та глибини обробітку ґрунту h .

Застосування у сучасних технологіях обробітку ґрунту знарядь з дисковими робочими органами зумовлює актуальність їх удосконалення шляхом вивчення процесів взаємодії з ґрунтовим середовищем та обґрунтування раціональних конструктивно-технологічних параметрів. Вирішенню означеної науково-технічної задачі присвячені відомі роботи О.С. Кушнарева, І.А. Шевченка, В.П. Ковбаси, О.П. Гуцола та інших науковців. Їх аналіз вказує на доцільність проведення подальших теоретичних досліджень з метою доповнення та узагальнення одержаних наукових результатів. Це дозволить створювати технічні засоби обробітку ґрунту з високими показниками якості та задовільняти вимоги щодо енергозбереження при виконанні роботи.

Метою роботи було: дослідити рух частинки ґрунту по увігнутій сферичній поверхні робочого органу дискового знаряддя, визначити лінію та площу контакту ґрунтового середовища із нею, враховуючи напруження в ґрунтовому середовищі при дії на нього дискового робочого органу визначити складові відповідної сили опору.

Розглядали процес переміщення частинка ґрунту P масою m_p по поверхні робочого органу дискового знаряддя. Для визначення положення рівноваги частинки ґрунту щодо абсолютного простору покладено значення сферичних координат i . Одержану систему рівнянь відносно ψ і χ вирішували в програмному пакеті Mathematica приймаючи: $g=9,8$ м/с², $q=1,3 \cdot 10^{-3}$ Н/м³; $\rho=1340$ кг/м³; $\alpha=15^\circ$; $\gamma=10^\circ$; $d=0,4$ м; $R=0,66$ м; $h=0,1$ м. Отримано графічну інтерпретацію дискового робочого органу і лінії контакту з ґрунтовим середовищем. При цьому рівняння лінії контакту представлено, як в параметричному так і в звичайному вигляді:

$$\begin{cases} x(t) = -0,320752 + 0,000978761 t + 8,63534 \cdot 10^{-6} t^2 - 2,2426 \cdot 10^{-8} t^3, \\ y(t) = 0,542725 + 0,000708602 t + 1,12761 \cdot 10^{-6} t^2 - 1,46553 \cdot 10^{-8} t^3, \\ z(t) = -0,179942 - 0,00023068 t + 2,1464 \cdot 10^{-6} t^2 - 1,19451 \cdot 10^{-8} t^3; \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} z(x,y) = & 0,719908 + 1,45223 x + 2,57464 x^2 - \\ & - 5,72681 y - 2,29588 x y + 6,77665 y^2. \end{aligned} \quad (2)$$

З використанням розробленої програми в програмному пакеті Mathematica було проведено варіювання глибини обробітку ґрунту h від 0,03 м до 0,12 м, кута атаки α і кута нахилу γ робочого органу дискатора в діапазоні від 0° (0 рад) до 30° ($\pi/6$ рад) і визначені значення площі контакту S , отримано рівняння регресії другого порядку для факторів:

$$S(h, \alpha, \gamma) = -0,00185791 + 0,224608h + 0,572986h^2 + 0,00433771\beta + \\ + 0,108132h\alpha + 0,0111632\alpha^2 + 0,00143915\gamma + 0,0182h\gamma + \\ + 0,00197823\alpha\gamma - 0,000297924\gamma^2. \quad (3)$$

Для визначення сили опору ґрунтового середовища при дії на нього дискового робочого органу використано результати досліджень Гуцола О.П. і Ковбаси В.П., а саме, аналітичні залежності компонентів нормальних напружень для пружно-в'язко-пластичного ґрунтового середовища [1], отримано рівняння регресії для трьох проєкцій сили опору у наступному вигляді:

$$F_x = 5627,99V(-0,00324251 + h^2 + 0,0194825\alpha^2 + \alpha(0,00757036 + \\ + 0,00345249\gamma) + h(0,391995 + 0,188717\alpha + 0,0317635\gamma) + \\ + 0,00251167\gamma - 0,00051995\gamma^2)(\cos\alpha + \\ + \sin\alpha(0,307692\cos\gamma + 0,307692\sin\gamma)), \quad (4)$$

$$F_y = 1731,69V(-0,00324251 + h^2 + 0,0194825\alpha^2 + \alpha(0,00757036 + \\ + 0,00345249\gamma) + h(0,391995 + 0,188717\alpha + 0,0317635\gamma) + \\ + 0,00251167\gamma - 0,00051995\gamma^2)(\cos\alpha + \\ + \sin\alpha(3,25\cos\gamma + \sin\gamma)), \quad (5)$$

$$F_z = 1731,69V(-0,00324251 + h^2 + 0,0194825\alpha^2 + \alpha(0,00757036 + \\ + 0,00345249\gamma) + h(0,391995 + 0,188717\alpha + 0,0317635\gamma) + \\ + 0,00251167\gamma - 0,00051995\gamma^2)(\cos\alpha + \\ + \sin\alpha(\cos\gamma + 3,25\sin\gamma)). \quad (6)$$

В результаті аналітичних досліджень руху частинки ґрунту по увігнутій сферичній поверхні робочого органу з урахуванням сил, що виникають в результаті його обертання, визначено площу та рівняння лінії контакту ґрунту із диском в залежності від конструктивних параметрів (радіус сферичної поверхні R , діаметр диска d), кутів атаки α і нахилу γ та глибини обробітку ґрунту h .

Враховуючи отримані залежності площі та рівняння лінії контакту ґрунтового середовища із поверхнею робочого органу дискатора та використовуючи аналітичні закономірності Гуцола О. П. і Ковбаси В. П. для компонентів нормальних напружень пружно-в'язко-пластичного ґрунтового середовища, розроблено програмний код в програмному пакеті Mathematica, який дозволяє визначати залежності проєкцій сили опору від кутів атаки α і нахилу γ робочого органу дискатора, швидкості його переміщення V та глибини обробітку ґрунту h .

Список літератури:

1. Гуцол О.П., Ковбаса В. П. Обґрунтування параметрів і режимів руху ґрунтообробних машин з дисковими робочими органами: Монографія. Київ, 2016. 145 с.

2. Козаченко О.В Теоретичний аналіз силової взаємодії дискового робочого органу з ґрунтовым середовищем / О.В. Козаченко, К.В. Сєдих, О.М. Волковський// Нуковий вісник ТДАТУ. Том 13 №1 (2023). 13 с.