

УДК 631.313

ДО ПИТАННЯ ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ ВІДСТАНІ МІЖ СФЕРИЧНИМИ ДИСКАМИ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ*

С.М. Дудак, наук. співр.
ННЦ "ІМЕСГ"

Наведені перспективні напрямки дослідження по підвищенню ефективності роботи батарей сферично-дискових робочих органів.

Ключові слова: параметри дискових знарядь, дискові робочі органи, відстань між суміжними дисками, кут атаки, висота гребеня.

Проблема. За два останні десятиліття в нашій країні при обробітці ґрунту широке розповсюдження одержали дискові знаряддя, переважно дискові борони, які виготовляють десятки вітчизняних машинобудівних підприємств. Крім того, на вітчизняний ринок сільськогосподарської техніки надходить значна кількість аналогічних знарядь зарубіжних фірм.

Такому широкому розповсюдженню дискових знарядь сприяли їх незаперечні переваги перед лемішними плугами і лушчильниками. Так, дискові знаряддя забезпечують глибину обробітку ґрунту понад 20 см, мають значно більшу продуктивність, низьку питому енергоємність і високу надійність технологічного процесу при роботі на перезволожених і пересушених ґрунтах, а також дискові робочі органи задовільно загортають у ґрунт рослинні рештки, в тому числі грубостеблових культур (пожнивні рештки кукурудзи, соняшнику, ріпаку), менше забиваються бур'янами і залишками соломи [1].

Крім того, дискові робочі органи менше пошкоджують коріння дерев, а асиметричні дискові борони дають можливість зміщувати їх раму убік відносно повздовжньої осі трактора, тому такі борони доцільно використовувати в садах [2].

Основним недоліком дискових ґрунтообробних знарядь є нерівномірність глибини обробітку ґрунту по їх ширині захвату. Причина в тому, що після проходження дискової борони дно борозни не плоске, як

* Науковий керівник – академік НААН та РАСГН Я.С. Гуков.

після проходження лемішних робочих органів, а має впадини і гребені. Це зумовлено тим, що нижня (робоча) частина дискового робочого органу має форму сегмента круга і тому при розміщенні дисків під кутом до напрямку їх руху, на поверхні необробленого ґрунту, що знаходиться під обробленим, утворюються еліптичної форми борозни і гребені. Причому висота гребенів залежить від відстані між суміжними дисками та кута встановлення диска батареї відносно напрямку руху борони [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних конструкцій дискових знарядь показав, що при близьких розмірах діаметрів дисків конструкційна відстань b між суміжними дисками варіює в значних межах. Так в бороні БДН-2 [4] при діаметрі дисків $D=660$ мм відстань між суміжними дисками $b=210$ мм, а в бороні БДВ-4,2-01 [5], при меншому діаметрі дисків ($D = 620$ мм) відстань між суміжними дисками становить 300 мм. При цьому у першій бороні відношення D до b становить 3,14, а другій бороні відповідно 2,06, тобто збільшено на 50%.

Це свідчить про те, що вибір конструкційної відстані між суміжними дисками недостатньо науково обґрунтований і тому конструктори при розробці дискових знарядь мають значні труднощі щодо вибору відстані між суміжними дисками.

Академік В.П. Горячкін у праці [6] розглядав роботу сферичного диска, як тригранного клина, тобто він проводив аналогію між роботою корпусу лемішного плуга і сферичного диска. При цьому він вважав, що під час роботи диск створює тиск на скибу ґрунту, в результаті чого вона розпушується і частково перевертається. Для визначення кутів тригранного клина χ , ε і δ він запропонував такі рівняння:

$$\cos x = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos(90^\circ + \psi), \quad (1)$$

$$ctg \varepsilon \sin(90^\circ + \psi) = ctg \beta \sin \alpha - \cos \alpha \cos(90^\circ + \psi), \quad (2)$$

$$ctg \delta \sin(90^\circ + \psi) = ctg \alpha \sin \beta - \cos \beta \cos(90^\circ + \psi), \quad (3)$$

де α – кут атаки диска

β – кут відхилення площини диска від вертикалі

$90^\circ + \psi$ – кут сектора диска, дуга якого знаходиться в ґрунті.

Щодо оптимальної відстані між суміжними дисками ґрунтообробного знаряддя, то вона за В.П. Горячкіним не розглядалася.

Автор праці [7] вважає, що при роботі сферичного диска його лезо тисне на ґрунт, і, перемагаючи його опір, заглиблюється у ґрунт, диск

долає опір тертя заглибленої у ґрунт частини поверхні, а також створює тиск заглибленої поверхні на пласт ґрунту, під дією якого він розпушується і частково перевертається.

Однак автор цієї праці не розглядає, як тиск бокової поверхні диска впливає на ґрунтовий пласт, що ним обробляється і як деформація цього пласта розповсюджується в ґрунті, що дало б можливість аналітичним шляхом оптимізувати відстань між суміжними дисками, а для визначення цієї відстані привів таку емпіричну формулу:

$$b=1,5a, \quad (4)$$

де b – відстань між суміжними дисками;

a – глибина обробітку ґрунту.

На думку автора праці [7], та за результатами експериментальних досліджень інших науковців при такому співвідношенні між глибиною обробітку і відстанню між суміжними дисками, пласт ґрунту, що зрізується диском, не буде заклинюватися між суміжними дисками. Однак ця думка аналітично не підтверджена і вона не пов'язана з параметрами диска.

Крім того, глибина обробітку ґрунту дисковим знаряддям змінюється в значних межах від мінімальної до максимальної, а з формули (4) незрозуміло, про яку глибину йде мова.

Недоліком формули (4) є також відсутність зв'язку міждислової відстані з іншими параметрами дискового знаряддя та впливу міждислової відстані на висоту гребенів, які утворюються на дні борозни після проходження дискового знаряддя і яка суттєво впливає на якість обробітку ґрунту.

При врахуванні діаметра диска батареї і допустимої висоти гребеня на дні борозни автор праці [7] пропонує для визначення міждислової відстані більш складну формулу:

$$b = 2\sqrt{c(D-c)}tg\alpha, \quad (5)$$

де D – діаметр диска знаряддя;

c – висота гребенів дна борозни;

α – кут атаки дисків

Якщо диски не з'єднані в батареї, а вісь кожного диска відхилена від горизонталі на певний кут, то для визначення міждислової відстані в цій же праці запропоновано ще складніша формула:

$$b = \left[2\sqrt{\frac{c}{\cos\beta}\left(D - \frac{c}{\cos\beta}\right) + e} \right] tg\alpha, \quad (6)$$

де D – діаметр диска знаряддя;

c – висота гребенів дна борозни;

β – кут відхилення площини диска від вертикалі;

e – відстань між осями обертання суміжних дисків.

Перевагами формул (5, 6) перед формулою (4) є те, що в них між-дискова відстань визначається через основні параметри дискових знарядь і один із основних показників якості їх роботи є висота гребеня, який утворюється на дні борозни.

Необхідно відзначити, що формули (5, 6) також пройшли широку експериментальну перевірку і вони протягом багатьох років використовувались при створенні різних типів дискових знарядь.

Для зручності визначення співвідношення між діаметром D диска, що входить у склад батареї, міждисковою відстані b , кутом атаки α дисків і висотою гребенів e , що утворюється на дні борозни при цих умовах, автори праці [8] розробили номограму, зображену на рисунку.

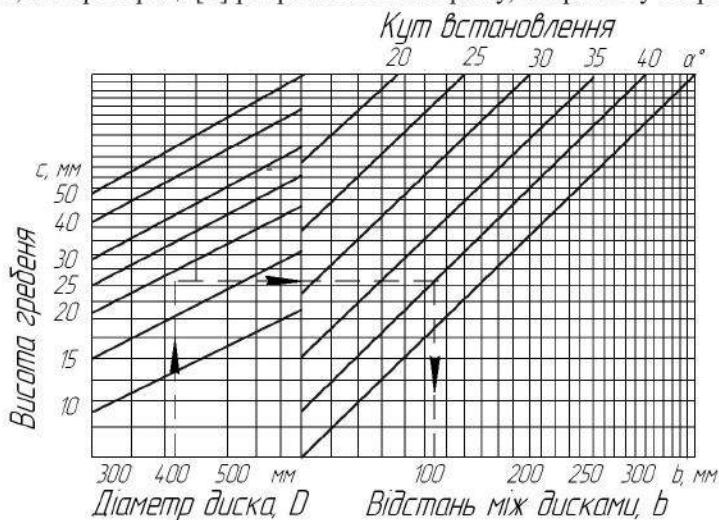


Рис. Номограма для визначення величин, що входять у формулу (5).

Перевага формули (5) перед попередньою полягає в тому, що в неї входять такі параметри дискового знаряддя, як D , c , β , e .

Однак і ця формула є емпіричною, оскільки вона немає аналітичного виводу. Причому, при визначенні висоти c гребеня автори не враховують деформацію ґрунту під тиском бокової поверхні диска на пласт ґрунту, що ним зрізується, а визначають чисто графоаналітично при

вирізання борозенок дисками у матеріалі, що не деформується.

Автори праці [9] для визначення міжdiskової відстані запропонували свою формулу:

$$b = 2tg\alpha \left[\frac{h}{\cos \beta} \left(D - \frac{h}{\cos \beta} \right) \right]^{\frac{1}{2}} + e, \quad (7)$$

де h – висота гребеня.

Формула (7) має усі ті переваги і недоліки, що й попередня, тому вона не наближає до визначення оптимального значення відстані між дисками b .

Однак аналіз формули (7) показує, що вона відрізняється лише по формі, а по суті вона повторює формулу (6) й різниця між цими формулами полягає лише в тому, що при визначенні міжdiskової відстані у формулі (6) до помноженого на $2tg\alpha$ підкореневого виразу, додається також помножена на $2tg\alpha$ до такої ж величини, просто відстань між осями суміжних дисків e .

Враховуючи, що кут атаки дисків у дискових знарядях не перевищує 45° , а при таких кутах тангенс становить менше одиниці, то міжdiskова відстань, розрахована за формулою (7), буде більшою аналогічної відстані, розрахованою за формулою (6).

В зв'язку з тим, що формула (7) опублікована лише в 2003 році і ще не набрала широкої експериментальної перевірки, тому перевагу слід надати формулі (6).

Автор праці [10] запропонував свій варіант також емпіричної формули для визначення відстані між суміжними дисками:

$$b = 2 \sqrt{\frac{h}{\cos \beta} \left(D - \frac{h}{\cos \beta} \right)} \sin \alpha, \quad (8)$$

Ця формула майже повторює формулу (5), різниця полягає лише в тому, що її автор прийняв відстань між осями суміжних дисків рівну нулю, тобто вона призначена для визначення відстані між дисками, об'єднаними в батарею, множник $tg\alpha$ замінив на $\sin\alpha$.

Мета досліджень: означення чинників, які впливають на визначення оптимальної відстані між суміжними дисками.

Результати досліджень. Сумісно аналізуючи формули (4, 5, 6 і 7), можна зробити висновок, що вони запропоновані авторами без аналітичного обґрунтування, тобто вони емпіричні, також в них не враховані межі регулювання глибини обробітку ґрунту дисковим знаряддям,

що істотно знижує їх практичну цінність.

В зв'язку з цим, конструктори при розробці нових дискових знарядь, як правило, при визначенні відстані між суміжними дисками не використовують вищенаведених формул, а відстань між дисками визначають інтуїтивно. Тому при близьких параметрах дискових знарядь відстань між дисками в них істотно відрізняється, про що свідчать розробки [4, 5].

Водночас, автор праці [10] експериментальним шляхом одержав результати, які можуть послужити ключем для аналітичного визначення відстані між суміжними дисками ґрунтообробних знарядь.

Справа в тому, що у формулах (6, 7, 8) використовується така характеристика робочого процесу дискових знарядь, як висота гребеня h , але ця висота визначається графоаналітичним способом, тобто на папері.

Однак при проведенні експериментальних досліджень автор праці [10] встановив, що при роботі дискових знарядь, під дією поперечних сил, відбувається сколювання гребенів і тому їх фактична висота виявляється в 1,5 – 1,8 раза меншою, ніж розрахована графоаналітичним способом.

Однак звідки береться ця поперечна сила, яка тисне на оброблюваний пласт ґрунту і як вона розповсюджується в ґрунті, автор праці [10] не розглядає взагалі.

На нашу думку, цією поперечною силою є сила, яка виділена в праці [7], з якою поверхня заглибленої частини диска тисне на пласт ґрунту, що обробляється.

Тому подальші дослідження будуть спрямовані на визначення сили, з якою заглиблена частина диска тисне на пласт ґрунту, що обробляється і як ця сила розповсюджується в ґрунті.

Висновки. В результаті аналізу теоретичних досліджень встановлена необхідність проведення експериментального пошуку з визначення оптимальної відстані між суміжними дисками ґрунтообробного знаряддя, за якої поперечна сила дії диска на ґрунт забезпечуватиме сколювання гребеня, що залишається в міждисковому просторі, до допустимої агрономічеської висоти, при заданій глибині обробітку.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Гуков Я.С.* Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко - технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: ДІА, 2007. – 276 с.

2. Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. – М.: Машиностроение, 1978. – 135 с.
3. Кушнарєв А.С., Милоткин В.А., Есьмян Н.И., Ницко В.И., Ткачук А.Д., Кушнарєв С.А., Чуб С.В. Дискатор – новое почвообрабатывающее орудие, обеспечивающее переход от традиционной технологии производства сельскохозяйственной продукции к энергосберегающей технологии No-till. – Белая Церковь – Кинель, – 2010. – 67 с.
4. Проспект ТМ «Восход» (Україна).
5. Проспект КПП «Дніпропетровський комбайновий завод» (Україна).
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений. – М.: Колос, 1968. – Т. 2. – 455 с.
7. Синеоков Г.Н. Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин. – М.: Машгиз, 1949. – 85 с.
8. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1977. – С. 213-236.
9. Лобачевский В.П., Эльшейх А.Х. Обоснования расстановки рабочих органов в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах // Сельскохозяйственные машины и технологии. – №4 (11). – 2009. – С. 22-25.
10. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия. Воронеж, Издательство Воронежского государственного университета, – 1972. – 180 с.

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СФЕРИЧЕСКИМИ ДИСКАМИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

Приведены перспективные направления экспериментов по увеличению эффективности работы батарей сферично - дисковых рабочих органов.

Ключевые слова: параметры дисковых орудий, дисковые рабочие органы, расстояние между смежными дисками, высота гребня, угол атаки.

TO THE QUESTION OF SUBSTANTIATION OF DESING DISTANCE BETWEEN SPHERICAL DISKS OF TILLING IMPLEMENTS

Given are promising directions of investigations as to increase efficiency of work of sections of spherical disk members.

Key words: parameters of disk implements, disk work members, distance between neighbouring disks, height of ridge, angle of attack.