

5. *Свеклоубочные* машины (конструирование и расчет) // Л.В. Погорелый, Н.В. Татьяна, В.В. Брей и др.; под общ. ред. Л.В. Погорелого. — К.: Техніка, 1983. — 168 с.
 6. Погорелый Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины (история, конструкция, теория, прогноз). — К.: Феникс, 2004. — 232 с.
 7. Брей В.В. Исследование и разработка механизированного процесса извлечения из почвы корней сахарной свеклы / Дис. ... канд. техн. наук. — К.: УСХА, 1972. — 196 с.
 8. Бабаков И.М. Теория колебаний. — М.: Наука, 1968. — 560 с.
-

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕЛА КОРНЕПЛОДА НА ЕГО ПОВРЕЖДЕНИЕ

Аналитически определены амплитудно-частотные характеристики продольных и поперечных колебаний корнеплода как упругого тела, закрепленного в почве, и их влияние на повреждение корнеплодов при вибрационном выкапывании.

IMPACT EVALUATION OF LONGITUDINAL AND CROSS-SECTION OSCILLATIONS OF A ROOT CROP BODY ON ITS DAMAGE

Amplitude-frequency characteristics longitudinal and transverse vibrations of root crop as the elastic body fixed in soil, and their influence on damage of root crops are analytically defined at vibrational excavation.

УДК 631.311

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ З ВНУТРІШНІМИ ВИРІЗАМИ

О.М. Ганженко, канд. техн. наук

ІЦБ НААН України

Обґрунтовано недоліки вирізних сферичних дисків з прямолінійними радіальними спицями. Наведено теоретичні основи та методику проектування форми спиць, що з'єднують зовнішню різальну кромку диска з його центральною частиною.

Проблема. Робочі органи у вигляді сферичних дисків із суцільною робочою поверхнею, які знайшли широке застосування у багатьох сільськогосподарських машинах, забезпечують підрізання бур'янів, не

© О.М. Ганженко.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 94. 2010.

забиваються рослинними рештками і вологим ґрунтом та легко долають різні перешкоди. Це дає можливість використовувати дискові знаряддя там, де лемішні працювати нездатні або результати їхньої роботи не відповідають вимогам агротехніки щодо якості обробітку ґрунту. Не зважаючи на вищезгадані переваги, дискові робочі органи занадто інтенсивно діють на ґрунт, виносять на поверхню нижні, більш вологі шари та сприяють появі гребенів на поверхні поля [1–3]. Це призводить до надмірних втрат вологи та розпилення ґрунту. Згадані недоліки стримують застосування дискових робочих органів для ранньовесняного глибокого обробітку ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що диски з внутрішніми вирізами забезпечують кращу якість та меншу енергоємність розпушення за рахунок того, що значна частина ґрунту, підрізаного зовнішньою різальною кромкою диска, проходить через вікна на його робочій поверхні і заповнює утворену борозну, а не переміщується в поперечному та повздовжньому напрямках. У результаті зменшується гребінчастість поверхні поля та тяговий опір агрегату [4–6]. Крім того, застосування вирізних дисків дозволяє отримати садильну щілину частково заповнену розпушеним вологим ґрунтом.

Вирізи на робочій поверхні диска, як правило, виконують у формі сектора, таким чином зовнішня різальна кромка сполучена з центральною частиною диска прямолінійними спицями, розташованими радіально [5, 6]. Недоліком дисків з радіальними спицями є те, що спиці, які з'єднують зовнішню різальну кромку диска з його центральною частиною забиваються рослинними рештками та залипають ґрунтом [5]. Крім того, якщо глибина обробітку більше 10 см, а кут атаки не перевищує 30° , то спостерігається зминання стінки борозни випуклою поверхнею сферичного диска, у результаті чого спиці виконують підрізання стінок борозни.

Через те, що сила різання по довжині радіально розміщеної спиці неоднакова, спостерігається нерівномірне її зношування, що зменшує термін експлуатації таких дисків. З тієї ж причини дискові робочі органи з прямолінійними радіально розташованими спицями рухаються з перемінною кутовою швидкістю та з значним коефіцієнтом проковзування, що призводить до погіршення якості обробітку ґрунту. Крім того, внаслідок збільшення кута різання будь-якої точки робочої поверхні спиці по мірі віддалення даної точки від осі обертання диска, відбувається різання без ковзання, що й призводить до забивання вирізів рослинними рештками та ґрунтом [5].

Мета досліджень. Підвищити ефективність роботи дискових ґрунтообробних знарядь та розширити сферу їх застосування шляхом обґрунтування параметрів сферичних дисків з внутрішніми вирізами на робочій поверхні.

Результати досліджень. Якщо вирізи на робочій поверхні сферичного диска виконати таким чином, щоб спиці розташовувалися радіально (рис. 1), то кут різання ε кромки спиці можна визначити із трикутника швидкостей за теоремою синусів:

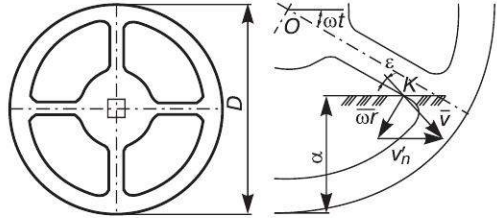


Рис. 1. Вирізний дисковий робочий орган із радіальними спицями

$$\varepsilon = \arctg \left(\frac{\omega r_K}{v'_n \cos \omega t} - \operatorname{tg} \omega t \right), \quad (1)$$

де v'_n — проекція швидкості руху агрегату на площину зовнішньої різальної кромки диска: $v'_n = v_n \cos \alpha$, де v_n — поступальна швидкість агрегату, α — кут атаки диска; r_K — радіус-вектор точки контакту спиці з ґрунтом; ω — кутова швидкість; t — час.

Радіус-вектор точки контакту змінюється з часом відповідно до виразу:

$$r_K = \frac{D - 2a}{2 \sin \omega t}, \quad (2)$$

де D — діаметр диска, a — глибина обробітку.

Підставивши вираз (2) у формулу (1), отримаємо:

$$\varepsilon = \arctg \left[\frac{(D - 2a)\omega}{2v'_n \sin \omega t \cos \omega t} - \operatorname{tg} \omega t \right]. \quad (3)$$

Розрахунки засвідчують (рис. 2), що в процесі роботи величина кута різання прямолінійної радіальної спиці змінюється від 35° до -90° (при $\varepsilon > 0$ різання відбувається переднім краєм спиці, а при $\varepsilon < 0$ — заднім). Внаслідок цього відбувається різання без ковзання, що призводить до забивання вирізів рослинними рештками та вологим ґрунтом.

Проектуючи форму спиці, необхідно забезпечити у будь-якій точці її лека однакові умови входження у ґрунт. Для цього необхідно, щоб кут ε між дотичною, проведеною до будь-якої точки кромки спиці та

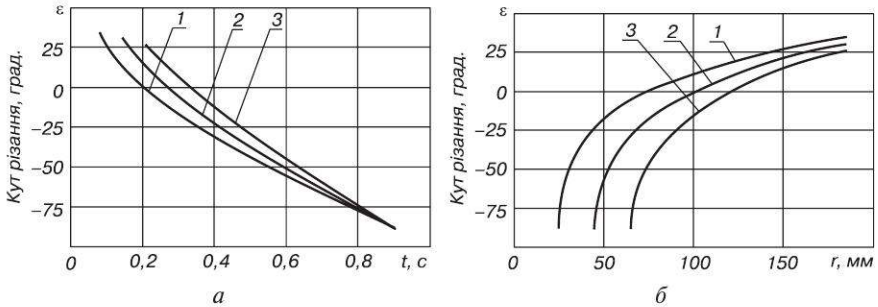


Рис. 2. Залежність кута різання прямолінійної радіальної спиці: *a* — від часу; *б* — від радіус-вектора точки контакту спиці з ґрунтом; 1 — *a*=200 мм; 2 — *a*=180 мм; 3 — *a*=160 мм

дотичною до циклоїди, яку описує дана точка в процесі роботи, залишався постійним. Вектор швидкості у точці контакту спиці з ґрунтом *K* направлений по дотичній до траєкторії переміщення цієї точки, отже кут ε знаходиться між дотичною $t't'$ та вектором швидкості v (рис. 3).

Вектор сили нормального тиску N , який чинить лезо спиці на ґрунт, відхиляється від вектора швидкості на кут $\pi/2 - \varepsilon$. Дотична складова сили нормального тиску $T = N \cdot \text{tg}(\pi/2 - \varepsilon)$ змушує частинки ґрунту ковзати по лезу в напрямку лінії її дії. Між лезом спиці та ґрунтом виникає сила тертя $F_{\text{тр}} = N \cdot \text{tg}(\varphi_{\text{тр}})$, яка намагається втримати частинки ґрунту від ковзання. Отже, для забезпечення різання з ковзанням необхідно, щоб кут $\pi/2 - \varepsilon > \varphi_{\text{тр}}$, оскільки в цьому випадку дотична сила T буде перевищувати за модулем протилежно направлену силу тертя $F_{\text{тр}}$, змушуючи частинки ґрунту ковзати вздовж леза спиці під дією залишкової сили $T_1 = T - F_{\text{тр}}$.

Таким чином, для того щоб спиці, які з'єднують зовнішню різальну

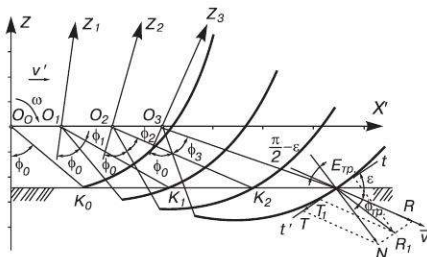


Рис. 3. Схема сил в точці контакту спиці з ґрунтом

кромку з центральною частиною диска, не забивалися ґрунтом та рослинними рештками, а також для забезпечення поступового входження спиці у ґрунт необхідно, щоб кут різання ε був постійний по всій довжині спиці і відповідав умові: $\varepsilon < 90^\circ - \varphi_{\text{тр}}$.

У процесі роботи точка *K* не тільки обертається навколо осі диска *O*, але й здійснює поступаль-

не переміщення зі швидкістю v'_n , внаслідок чого вектор v_ϕ зміщується відносно вектора окружної швидкості ωr_ϕ на кут Δ (рис. 4).

Із трикутника швидкостей за теоремою синусів можемо записати

$$\frac{v'_n}{\sin\left(\frac{3\pi}{2} - (\varepsilon + \delta)\right)} = \frac{\omega r}{\sin\left(\varepsilon + \delta - \phi - \frac{\pi}{2}\right)}. \quad (4)$$

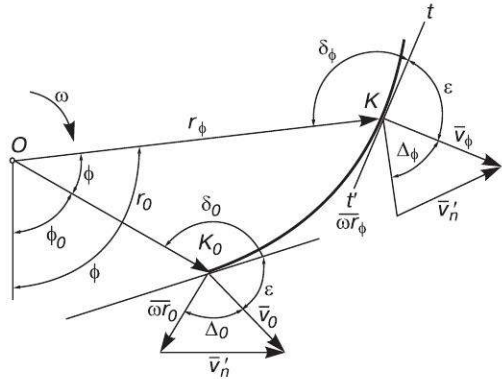


Рис. 4. Схема входження спиці у ґрунт

Розв'язавши останнє рівняння відносно δ та врахувавши, що кутова швидкість сферичного диска, який вільно обертається навколо своєї осі, становить

$$\omega = \frac{2v'_n}{D(1 \pm \eta)} = \frac{2v_n \cos \alpha}{D(1 \pm \eta)},$$

маємо:

$$\delta = \arctg \left[\frac{2r}{D \sin \varphi (1 \pm \eta)} - \operatorname{ctg} \varphi \right] - \varepsilon, \quad (5)$$

де $\pm \eta$ — коефіцієнт ковзання (+), буксування (–).

Таким чином, величина кута різання буде залишатися незмінною, якщо кут між радіус-вектором та дотичною до будь-якої точки кривої леза спиці буде змінюватися відповідно до закономірності (5).

Для проектування форми спиці з постійним кутом різання було побудовано математичну модель, реалізовану в математичному середовищі MatCAD, за допомогою якої було отримано форму спиці з різними кутами різання (рис. 5).

На основі проведених розрахунків було виготовлено експериментальні робочі органи у вигляді сферичних дисків із криволінійними спицями [7]. На сферичних дисках вирізали чотири вікна так, щоб отримати спиці необхідної форми. Таким чином, у диска залишалася зовнішня різальна кромка завтовшки 50 мм, яку з центром зв'язують чотири спиці такої ж товщини. Для забезпечення різання із ковзан-

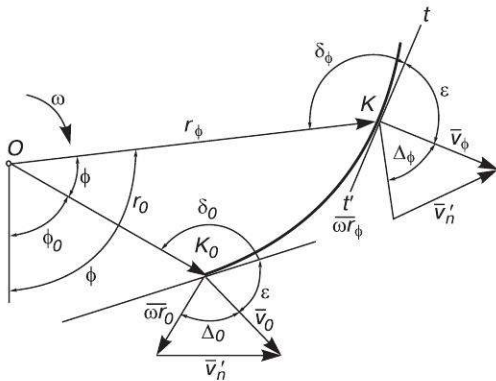


Рис. 5. Форми спиці за різних кутів різання

ням, а також для підвищення якості подрібнення ґрунту кут різання приймали рівним 40° .

На основі дискового робочого органу з внутрішніми вирізами було виготовлено експериментальний щілиноутворювач (рис. 6) для висадкосадильної машини.

У процесі роботи зовнішня різальна кромка диска утворює борозну у формі сегмента еліпса, частково заповнену розпушеним ґрунтом, який проходить через вікна на робочій поверхні диска. Це дозволяє підвищити якість роботи висадкосадильної машини та створює сприятливі умови для приживання маточних коренеплодів.

Висновки.

1. Диски з внутрішніми вирізами забезпечують кращу якість та меншу енергоємність процесу розпушення ґрунту порівняно з дисками, робоча поверхня яких суцільна.

2. Недоліком дисків з радіальними спицями є те, що спиці, які з'єднують зовнішню різальну кромку диска з його центральною частиною, забиваються рослинними рештками та залипають вологим ґрунтом.

3. Наведено теоретичні залежності та побудовано математичну модель для проектування форми спиці з постійним кутом різання, що забезпечує самоочищення спиць від рослинних решток та вологого ґрунту.

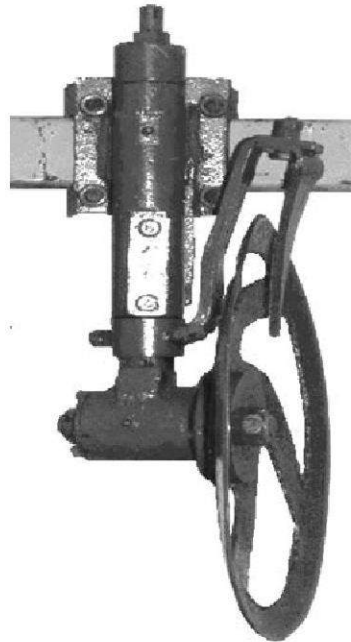


Рис. 6. Дисковий щілиноутворювач

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Нартов П.С.* Дисковые почвообрабатывающие орудия. — Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1972. — 184 с.
2. *Синеоков Г.Н., Панов И.М.* Теория и расчет почвообрабатывающих машин. — М.: Машиностроение, 1977. — 328 с.
3. *Стрельбицкий В.Ф.* Дисковые почвообрабатывающие машины. — М.: Машиностроение, 1978. — 135 с.
4. *Булгаков В.М., Шубенко В.О., Фомін М.П., Шелудченко Б.А., Загородній Ю.В.* Обґрунтування повноти обробітку ґрунту кільцевим ротаційним робочим органом // Зб. наук. праць “Механізація сільськогосподарського виробництва”. — Т. 6. — К.: НАУ, 1999. — С. 100–102.
5. *Нартов П.С.* Применение дисков с внутренними вырезами для обработки лесных культур // Лесное хозяйство. — 1964. — № 8. — С. 75–76.
6. *Краснощеков Н.В.* К вопросу о работе дисковых орудий на повышенной скорости // Сборник научных работ СибНИИСХ. — № 9. — Омск, 1963. — С. 140–152.
7. *Патент 34238А.* Україна, МПК А01В7/00. Дисковий робочий орган / О.М. Ганженко (Україна). — №99063371; Заявлено 17.06.99; Опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1-П.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С ВНУТРЕННИМИ ВЫРЕЗАМИ

Обоснованы недостатки вырезных сферических дисков с прямолинейными радиальными спицами. Приведены теоретические основы и методика проектирования формы спиц, которые соединяют внешнюю резательную кромку диска с его центральной частью.

GROUNDING PARAMETERS OF A DISK WORKING ELEMENT WITH INNER WINDOWS

Drawbacks of windows spherical disks with radial spokes were proved. Theoretical bases and methods of design of the form of spokes which connect outer cutting edge of the disk with its central part are presented.