УДК 630*356:63

**Л.М. Дацюк, М.В. Вржещ, Т.Л. Дацюк**
*Луцький національний технічний університет*

# ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРІЗНОГО ДИСКА САДИЛЬНОЇ МАШИНИ

***У статті показано принцип утворення робочої поверхні вирізного диска садильної машини. Складено схеми визначення кута атаки та побудовано графік залежності кута атаки від глибини ходу диска. Досліджено залежність кута різання прямолінійної радіальної спиці та запропоновано варіант виконання диска.***

***Ключові слова:*** *Садильна машина, робоча поверхня, вирізний диск, кут атаки, технологічний процес, грунт*

**Л. Дацюк, М. Вржещ, Т. Дацюк.**

# ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫРЕЗНОГО ДИСКА ПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ

***В статье показано принцип образования рабочей поверхности вырезного диска посадочной машины. Составлены схемы определения угла атаки и построен график зависимости угла атаки от глубины хода диска. Исследована зависимость угла резание прямолинейной радиальной спицы и предложен вариант выполнения диска.***

**L. Datsiuk, M. Vrzheshch, T. Datsiuk.**

# GROUND OF PARAMETERS OF THE CARVED DISK OF LANDING MACHINE

***Principle of formation of working surface of the carved disk of landing machine is shown in the article. The schemes of determination of corner of attack are made and the chart of dependence of corner of attack from the depth of motion of disk is built. Dependence of corner is investigational cutting of rectilineal radial spoke and the variant of implementation of disk offers.***

Постановка проблеми. Для фіксації в процесі садіння хвостової частини сіянців, а також для створення сприятливих умов під час притискання та подальшого росту й розвитку сіянців необхідно, щоб садильна щілина була частково заповнена вологим розпушеним ґрунтом. Під час вибору форми садильної щілини необхідно, щоб площа її поперечного перерізу була мінімальною, оскільки в цьому випадку забезпечується мінімальна енергоємність процесу щілиноутворення.

З огляду на це, для утворення садильної щілини доцільно використовувати робочий орган у вигляді сферичного диска з вирізами на внутрішній робочій поверхні, застосування якого дозволяє отримати садильну щілину у вигляді сегмента еліпса, частково заповнену ґрунтом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З літературного огляду встановлено, що є варіанти покращення роботи садильної машини. Беручи до уваги цей аналіз, пропонуємо робочий орган для садіння сіянців – вирізний диск і проводимо вдосконалення робочих поверхонь. Такі вдосконалення диска, можливо, будуть достатніми, щоб покращити параметри, але для цього потрібно провести теоретичне дослідження.

Метою дослідження є зменшення енерговитрат під час садіння сіянців дерев та підвищення якості роботи садильних машин шляхом удосконалення технічних засобів для утворення садильної щілини та технологічного процесу передсадильної підготовки ґрунту.

Результати дослідження. Теоретичні обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи дискового робочого органа, призначеного для утворення садильної щілини виконували з урахуванням теорії дискових ґрунтообробних знарядь.

Робочі органи у вигляді сферичних дисків із суцільною робочою поверхнею, які знайшли широке застосування у багатьох лісогосподарських машинах, забезпечують підрізання бур'янів, не забиваються рослинними рештками і вологим ґрунтом та легко долають різні перешкоди. Це дає можливість використовувати дискові знаряддя там, де лемішні працювати не здатні або результати їхньої роботи не відповідають вимогам агротехніки щодо якості підготовки 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. Це призводить до надмірних втрат вологи та розпилення ґрунту. Згадані недоліки стримують застосування дискових робочих органів для підготовки ґрунту та утворення садильної щілини.

Результатами досліджень Аржаних А.І., Кулебакіна П.Г., та інших учених доведено, що диски з внутрішніми вирізами забезпечують кращу якість розпушення за рахунок того, що значна частина ґрунту, підрізаного зовнішньою різальною кромкою диска, проходить через вікна на робочій поверхні диска і заповнює утворену борозну, а не переміщується в поперечному та повздовжньому напрямках. У результаті зменшується гребінчастість поверхні та тяговий опір агрегату. Крім того, застосування вирізних дисків дозволяє отримати садильну щілину частково

*© Л.М. Дацюк, М.В. Вржещ, Т.Л. Дацюк*

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.

Недоліком дисків з радіальними спицями є те, що спиці, які з'єднують зовнішню різальну кромку диска з його центральною частиною постійно забиваються рослинними рештками та залипають ґрунтом. Крім того, якщо глибина обробітку досить значна, а кут атаки невеликий спостерігається зминання стінки борозни випуклою поверхнею диска, у результаті чого спиці виконують підрізання стінок борозни. Це відбувається за умови, коли кут атаки менший критичного кута $\alpha'$, який визначається за формулою (рис. 1):

$$\alpha < \alpha' = \frac{\pi}{2} - \arccos\left(\frac{D_a}{2R_a}\right) = \arcsin\left(\frac{D_a}{2R_a}\right), \tag{1}$$

де $D_a$ – ширина основи сегмента диска на глибині $a$;

$R_a$ – радіус кривизни сферичної поверхні сегмента диска на глибині $a$.

Із прямокутного трикутника $O'O'_aM$ (див. рис. 1) маємо:

$$(O'_aM)^2 = (O'M)^2 + (O'O'_a)^2.$$

Оскільки $O'_aM = \frac{D_a}{2}$, $O'M = \frac{D}{2}$, $O'O'_a = \frac{D}{2} - a$, отримаємо:

$$\left(\frac{D_a}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - a\right)^2.$$

Розв'язавши останнє рівняння відносно $D_a$ отримаємо:

$$D_a = 2\sqrt{a(D-a)}. \tag{2}$$

Із прямокутного трикутника $OO_aM$ (див. рис. 1) можна записати:

$$(O_aM)^2 = (OM)^2 - (OO_a)^2.$$

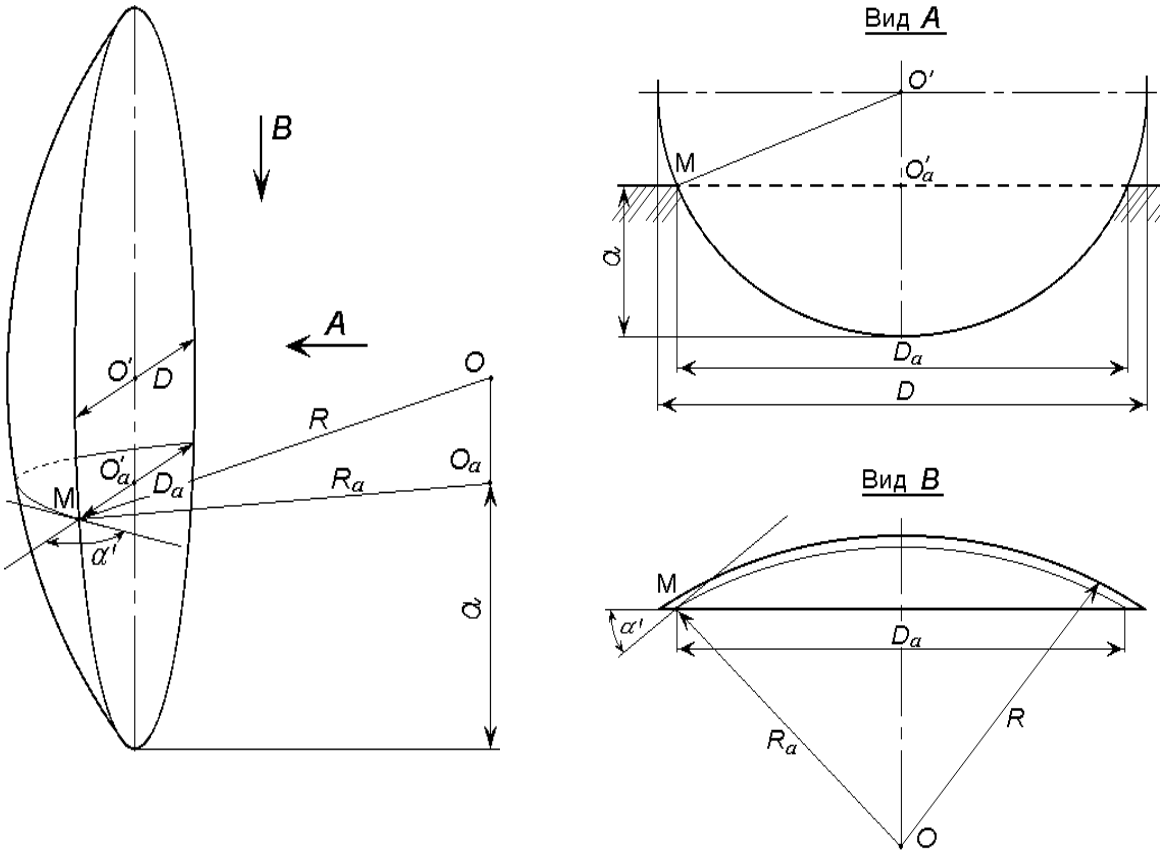



*Рис. 1.* **Схема визначення кута атаки, при якому диск діє на стінку борозни випуклою поверхнею**

*© Л.М. Дацюк, М.В. Вржещ, Т.Л. Дацюк*

Оскільки $O_aM = R_a$, $OM = R$, $OO_a = \frac{D}{2} - a$, отримаємо:

$$R_a^2 = R^2 - \left(\frac{D}{2} - a\right)^2,$$

$$R_a = \sqrt{R^2 - \left(\frac{D}{2} - a\right)^2}. \quad (3)$$

Площа контакту дискового робочого органа з ґрунтом залежить від діаметра диска та глибини садильної щілини і визначається за формулою:

$$S_{\text{êîíò}} = \frac{\pi \cdot D^2}{8} - \left(\frac{D-2a}{2}\right) \cdot \sqrt{a(D-a)} - \frac{D^2}{4} \arcsin\left(\frac{D-2a}{D}\right) \quad (4)$$

Підставивши формули (2) та (3) у (1) отримаємо:

$$\alpha' = \arcsin\left(\sqrt{\frac{a(D-a)}{R^2 - \left(\frac{D}{2} - a\right)^2}}\right). \quad (5)$$

Якщо, сферичний диск діаметром $D$ та радіусом кривизни сферичної поверхні $R$ утворює садильну щілину глибиною $a$ і встановлений під кутом атаки $\alpha$, який менший кута $\alpha'$, то у процесі роботи буде відбуватися зминання стінки борозни випуклою сферичною поверхнею, а отже, спиці будуть виконувати різання. Для забезпечення необхідної ширини садильної щілини кут атаки визначається за формулою (4), тому, прирівнявши праві частини формул (4) та (5) можна визначити глибину, при якій буде спостерігатися підрізання спицями стінки утвореної садильної щілини:

$$\arcsin\left(\frac{d_k}{2 \cdot \sqrt{a(D-a)}}\right) = \arcsin\left(\sqrt{\frac{a(D-a)}{R^2 - \left(\frac{D}{2} - a\right)^2}}\right);$$

$$\frac{b}{2 \cdot \sqrt{a(D-a)}} = \sqrt{\frac{a(D-a)}{R^2 - \left(\frac{D}{2} - a\right)^2}}.$$

Після спрощення отримаємо рівняння 4-го порядку:

$$4a^4 - 8Da^3 + \left(4D^2 + b^2\right)a^2 - b^2Da - \left(R^2b^2 - \frac{D^2b^2}{4}\right) = 0.$$

Розв'язавши рівняння відносно $a$, знайдемо глибину, при якій відбувається зминання стінки борозни випуклою сферичною поверхнею диска (рис. 2):

$$a_{\text{т}} = \frac{D}{2} - \frac{\sqrt{2}}{4}\sqrt{2D^2 - b^2 - b\sqrt{b^2 + 16R^2 - 4D^2}}. \quad (6)$$

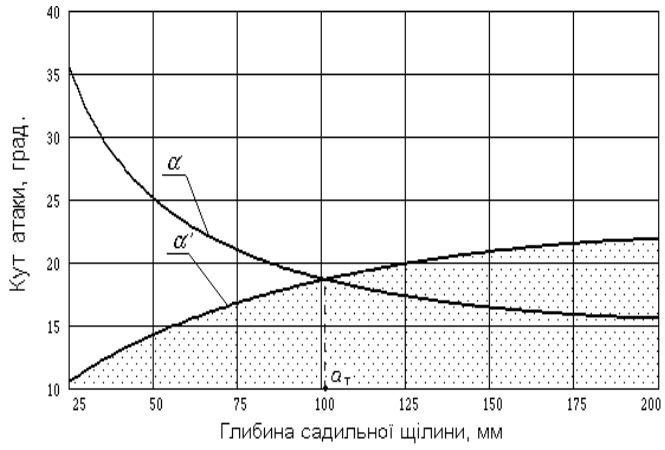



*Рис. 2.* **Графік залежності кута атаки від глибини ходу диска**

*© Л.М. Дацюк, М.В. Вржещ, Т.Л. Дацюк*

Розрахунки показують, що за глибини садильної щілини більше 10 см, спиці сферичного диска будуть приймати участь у підрізані стінок щілини.

Якщо вирізи на робочій поверхні диска виконати таким чином, щоб спиці розташовувалися радіально і були прямолінійними (рис. 3), то кут різання $\varepsilon$ кромки спиці можна визначити із трикутника швидкостей за теоремою синусів:

$$\frac{v_n'}{\sin\left(\frac{\pi}{2}-\varepsilon\right)} = \frac{\omega r}{\sin(\varepsilon+\omega t)}.$$

Розв'язавши рівняння (6) відносно $\varepsilon$ отримаємо:

$$\varepsilon = \operatorname{arctg}\left(\frac{\omega r_K}{v_n' \cos\omega t} - \operatorname{tg}\omega t\right), \tag{7}$$

де $v'_n$ – проекція швидкість руху агрегату на площину зовнішньої різальної кромки диска: $v_n' = v_n \cos\alpha$, де $v_n$ – поступальна швидкість агрегату, $\alpha$ – кут атаки диска;

$r_K$ – радіус-вектор точки контакту спиці з ґрунтом;

$\omega$ – кутова швидкість диска;

$t$ – час.

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

$$r_K = \frac{D-2a}{2\sin\omega t}, \tag{8}$$

Підставивши формулу (8) у (7) отримаємо:

$$\varepsilon = \operatorname{arctg}\left[\frac{(D-2a)\omega}{2v_n' \sin\omega t\cos\omega t} - \operatorname{tg}\omega t\right]. \tag{9}$$

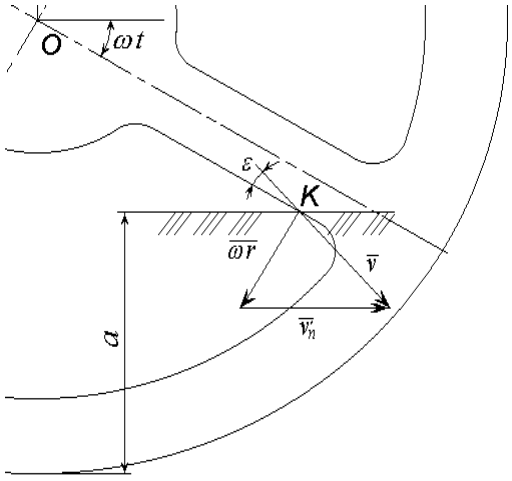
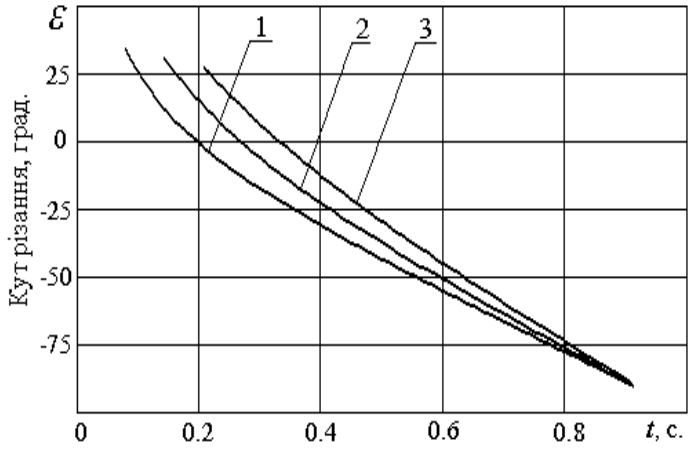
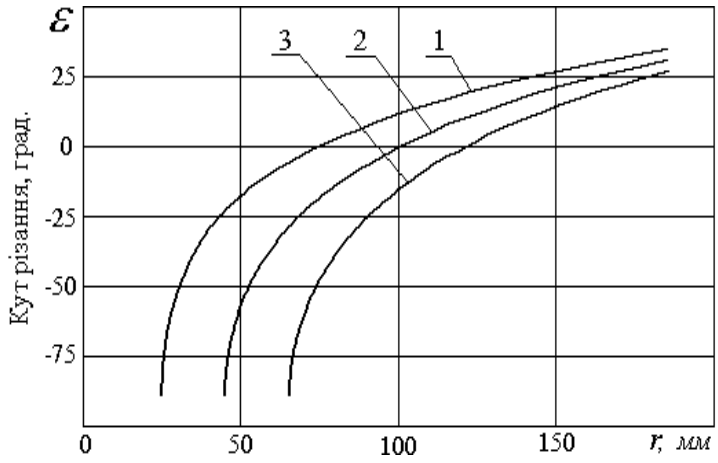



*Рис. 3.* **Вирізний дисковий робочий орган із радіальними спицями**

*© Л.М. Дацюк, М.В. Вржещ, Т.Л. Дацюк*




*а)*




*б)*

*4.* **Залежність кута різання прямолінійної радіальної спиці:**
*а)* – від часу; *б)* – від довжини спиці;
1 – *а*=200 мм; 2 – *а*=180 мм; 3 – *а*=160 мм.

**Висновок.** Розрахунки показують (рис. 4), що в процесі роботи значення кута різання прямолінійної радіальної спиці може приймати значення 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. Усіх вищезгаданих недоліків вирізних сферичних дисків можна уникнути шляхом проектування раціональної форми спиць.

**Література**

1. Кравчук В.І., Таланчук П.М., Корабельський В.І. Диски з циклоїдними спицями. // Техніка АПК. – 2001. – №10-12. – С. 23-24.

2. Мамедов Ф.А. Оптимизация параметров дискового рыхлителя комбинированного почвообрабатывающего агрегата. // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – №4. – С.18-19.

3. Шубенко В.О. Обгрунтування процесу роботи та параметрів кільцевого робочого органу дискової борони: Автореф. дис… канд. техн. наук: 05.05.11 / ІМЕСГ. – К., 2002. – 20 с.

4. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

5. Хайлис Г.А. Расчет рабочих органов почвообрабатывающих машин: Учеб. пособие. – К.: УМК ВО, 1980. – 83 с.

**Рецензент** д.т.н., проф. М.П. Ярошевич.

Стаття надійшла до редакції 25.12.2017

*© Л.М. Дацюк, М.В. Вржещ, Т.Л. Дацюк*