

**Sergey Kharchenko, Assos. Prof., PhD tech. sci., Yriy Borshch, post-graduate, Magomed Abduev, Assos. Prof., PhD tech. sci.,**

*Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine*

### **Efficiency of Stratification of Grain Mixes at Their Cleaning IN the Pneumoseparating Channels of Grain Separators**

**Determination of the efficiency of stratification of grain mixtures when they are cleaned in the developed air separation channel of grain separators.**

Theoretical researches have defined final mathematical expressions of dynamics of grain mixes at their stratification on the cattle scaly surface of the developed pneumoseparating channel. Expressions of trajectories of the movement of particles of impurity in a grain layer are established, by means of which dependences of coefficient of stratification of the developed pneumoseparating channel on parameters of the stratifying device and properties of grain mixes are received.

Are experimentally confirmed mathematical modeling and rational parameters of the stratifying device when cleaning various crops are specified.

**pneumoseparating channel, air stream, stratification coefficient, grain mixture, air-permeable surface, scales**

Одержано 06.11.17

**УДК 631.363.2**

**В.М. Швайко, доц., канд. фіз.-мат. наук, В.О. Гурідова, ст. викл.**

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна,*

*E-mail: guridova@ukr.net*

## **Побудова профілю леза ножа, що відповідає заданим кутам защемлення, при обробці сільськогосподарських матеріалів**

Одним із важливих елементів технологічного процесу обробки сільськогосподарських матеріалів є подрібнення сировини за допомогою різальних апаратів. Тому, формалізація процесів механічного обробітку, наприклад, кормів, є важливим фактором як при експлуатації існуючих машин, так і при проектуванні нових. Вибір оптимальної форми леза ножа безпосередньо впливає на якість та ефективність функціонування подрібнювальних механізмів. Наведено методику побудови профілю ріжучої кромки обертового ножа, що відповідає заданим кутам защемлення в будь-якій точці нерухомої протирізальної пластини.

**обертовий ніж, протирізальна пластина, різання, профіль леза, подрібнювач**

**В.Н. Швайко, доц., канд. фіз.-мат. наук, В.А. Гуридова, ст. преп.**

*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г.Днепр, Украина*

### **Построение профиля лезвия ножа, соответствующего заданным углам защемления, при обработке сельскохозяйственных материалов**

Одним из важных элементов технологического процесса обработки сельскохозяйственных материалов есть измельчение сырья при помощи резальных аппаратов. Поэтому, формализация процессов механической обработки, например, кормов, является важным фактором как при эксплуатации существующих машин, так и при проектировании новых. Выбор оптимальной формы лезвия ножа непосредственно влияет на качество и эффективность функционирования измельчительных механизмов. Приведена методика построения профиля режущей кромки вращающегося ножа, которая соответствует заданным углам защемления в любой точке неподвижной противорезательной пластины.

**вращающийся нож, противорезательная пластина, резание, профиль лезвия, измельчительные механизмы**

© В.М. Швайко, В.О. Гурідова, 2017

**Постановка проблеми.** Аналіз сучасного стану сільського господарства показує, що ефективність будь-якого процесу агропромислового виробництва залежить від якісного та енергоефективного функціонування відповідних машин та іншого обладнання. Тому при проектуванні нових машин, як і при експлуатації вже існуючих, потрібно оцінювати ефективність їх параметрів, які будуть безпосередньо впливати на якість обробки сільськогосподарських матеріалів, наприклад, на механічну обробку кормів у тваринництві. До основних конструкційно-технологічних параметрів різальних апаратів, які потрібно оптимізувати, належить профіль ріжучої кромки обертового ножа машин, які застосовуються в процесі подрібнення кормів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В сучасній науковій літературі показано, що різання лезом, як спосіб подрібнення матеріалу, є найбільш ефективним, порівняно з іншими способами різання (пуансоном, клином та ін.). Саме в цьому випадку перероблюваний матеріал піддається тільки локальній деформації, яка виникає в зоні площин концентрованого докладання зусиль. Спосіб різання лезом характеризується найменшим обсягом деформування матеріалу, що робить його найменш енергомістким серед інших процесів подрібнення. Особливо це важливо при переробці соковитих кормів, де виділення вологи (втрати поживних речовин) повинно бути мінімальним.

При дії ножа на перероблюваний матеріал із деяким зусиллям виникає реакція матеріалу. При розкладанні цієї реакції одержують дотичну і нормальну сили, перша з них намагається вивести матеріал з-під ножа, а друга спричиняє виникнення тертя між матеріалом та лезом і цим протидіє виводу [5] та, відповідно, розглядаються умови, за яких буде забезпечено защемлення матеріалу між ножом і протирізальною пластиною [4]. Для забезпечення надійності защемлення стебел між ножами і протирізальною пластиною ножі виготовляють криволінійної форми з постійним кутом защемлення, який не змінюється при проходженні всього леза через матеріал [5], проте такі форми ножів не було досліджено на наявність відштовхувальної сили. Найпростіша у конструкційному відношенні прямолінійна форма леза ні в якій мірі не може забезпечити рівномірного завантаження валу машини при провертанні ножа. Форма леза по дузі спіралі Архімеда веде до менш інтенсивного, але все ж таки зростання навантаження і збільшення моменту різання. Найбільш оптимальною формою є дуга логарифмічної спіралі, за якої при зростанні радіус-вектора прикладання сили зменшується зусилля, і в результаті момент різання залишається постійним. Але така форма є досить складною та її практично неможливо зберегти в процесі експлуатації, наприклад, при заточуванні ножів. Як бачимо, питання про оптимальну форму леза ножа як з точки зору простоти виготовлення, так і ефективного використання пристрою, залишається досить актуальним.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є побудова профілю ріжучої кромки обертового ножа, що відповідає заданим кутам защемлення в будь-якій точці нерухомої протирізальної пластини. З точки зору математики, необхідно знайти форму ріжучої кромки ножа як функцію відгуку для заданої функції профілю протирізального елемента, який задовольняє заданим кутам защемлення.

**Виклад основного матеріалу.** Нехай рівняння леза протирізальної пластини в нерухомій системі координат  $xOy$  (рис. 1) задається у вигляді  $Y = F(X)$ ,  $X = x$ .

У рухомій системі координат  $x_pOy_p$ , яка жорстко пов'язана з обертовим ножом навколо нерухомого центру  $O$  (все, що відноситься до рухомої системи координат, на рис. 1 зображується пунктиром), рівняння його леза представимо у вигляді

$$y_p = f(x_p). \quad (1)$$

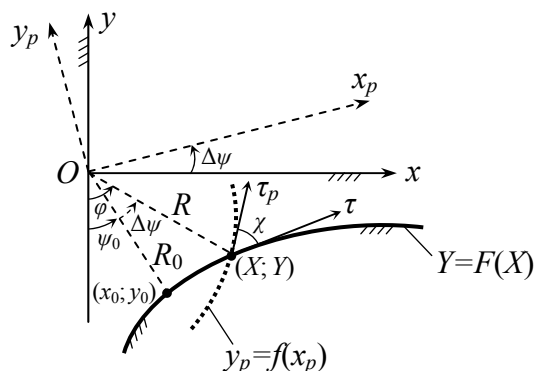


Рисунок 1 – Загальна схема взаємного розташування обертового ножа і протирізальної пластини

При повороті рухомої системи координат на кут  $\Delta\psi$  рівняння в загальному випадку кривої (1) в нерухомій системі координат  $xOy$  запишеться в параметричному вигляді

$$\left. \begin{aligned} x &= x_p \cdot \cos \Delta\psi - y_p \cdot \sin \Delta\psi; \\ y &= x_p \cdot \sin \Delta\psi + y_p \cdot \cos \Delta\psi \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де  $\Delta\psi = \psi - \psi_0$ ,  $\psi_0 = \arctg \frac{y_0}{x_0}$ ,  $\psi = Y/X$ .

Припускаючи, що в загальному випадку криві (1) і  $Y = F(X)$  перетинаються (рис. 1) в довільній точці  $(x = X, y = Y)$ , отримуємо

$$x_p^2 + y_p^2 = R^2 = X^2 + Y^2. \quad (3)$$

У початковий момент часу  $(x = x_p = x_0 = X, y = y_p = y_0 = Y, \Delta\psi = 0)$  маємо

$$R_0^2 = x_0^2 + y_0^2.$$

Кут  $\chi(X)$  між двома кривими в точці їх перетину  $(x = X, y = Y)$  дорівнює куту між дотичними до лез (рис. 1:  $\tau_p$  – дотична до леза обертового ножа;  $\tau$  – до леза протирізального елемента) і для будь-якої координати  $(X, Y)$  визначається за формулою [2]

$$\operatorname{tg} \chi(X) = \frac{y'(x) - Y'(x)}{1 + y'(x) \cdot Y'(x)}, \quad (4)$$

де  $Y'(X) = \frac{dF(X)}{dX} = \frac{dY}{dX}$ .

На підставі (2) маємо

$$\begin{aligned} y'(X) &= \frac{dy}{dx} = \frac{\frac{\partial y}{\partial x_p} \cdot dx_p + \frac{\partial y}{\partial y_p} \cdot dy_p}{\frac{\partial x}{\partial x_p} \cdot dx_p + \frac{\partial x}{\partial y_p} \cdot dy_p} = \frac{\sin \Delta\psi + y'_p \cdot \cos \Delta\psi}{\cos \Delta\psi - y'_p \cdot \sin \Delta\psi} = \\ &= \frac{\operatorname{tg} \Delta\psi + y'_p}{1 - y'_p \cdot \operatorname{tg} \Delta\psi} = \operatorname{tg}(\operatorname{arctg} y'_p + \Delta\psi), \end{aligned}$$

$$y'_p(x_p) = \frac{dy_p}{dx_p}.$$

Рівняння (4) також можна записати в вигляді

$$\operatorname{arctg} \frac{dy_p}{dx_p} + \Delta\psi - \operatorname{arctg} \frac{dY}{dX} = \chi(X).$$

Після перетворень, диференціальне рівняння (4) представимо у вигляді

$$\frac{dy_p}{dx_p} = K(X),$$

де

$$\begin{aligned} K(X) &= \operatorname{tg} [\chi(X) + \operatorname{arctg} Y'(X) - \Delta\psi(X)] = \\ &= \frac{\{[\operatorname{tg} \chi(X) + Y'(X)] \cdot x_0 + [1 - Y'(X) \cdot \operatorname{tg} \chi(X)] \cdot y_0\} \cdot X - \\ &\quad \{[1 - Y'(X) \cdot \operatorname{tg} \chi(X)] \cdot x_0 - [\operatorname{tg} \chi(X) + Y'(X)] \cdot y_0\} \cdot X + \\ &\quad - \{[1 - Y'(X) \cdot \operatorname{tg} \chi(X)] \cdot x_0 - [\operatorname{tg} \chi(X) + Y'(X)] \cdot y_0\} \cdot Y}{+ \{[\operatorname{tg} \chi(X) + Y'(X)] \cdot x_0 + [1 - Y'(X) \cdot \operatorname{tg} \chi(X)] \cdot y_0\} \cdot Y}. \end{aligned}$$

Розв'язуючи останнє диференціальне рівняння, з урахуванням початкових умов  $x_p = x_0$ ,  $y_p = y_0$ , знаходимо [3]

$$y_p(x_p) = y_0 + K(X) \cdot (x_p - x_0). \quad (5)$$

З урахуванням залежностей (3) і (5), отримуємо

$$x_p = \frac{-K(X) \cdot [y_0 - K(X) \cdot x_0] \pm \sqrt{D(X)}}{1 + K^2(X)}, \quad (6)$$

де

$$D(X) = [1 + K^2(X)] \cdot (X^2 + Y^2) - [y_0 - K(X) \cdot x_0]^2.$$

Таким чином, система рівнянь (5) і (6) – параметрично задані функції відгуку профілю леза обертового ножа навколо нерухомої осі  $O$ , що утворює кути  $\chi(X)$  із заданим профілем (в будь-якій його точці) протирізальної пластини.

Аналогічним чином можна вирішити і зворотню задачу, коли задана функція леза обертового ножа, а необхідно знайти функцію відгуку протирізального елемента, що задовольняє умові по кутах  $\chi$  в кожній точці профілю.

Згідно [4], защемлення матеріалу між ножом і протирізальною пластиною буде виконуватися за умови

$$\chi \leq \varphi_1 + \varphi_2,$$

де  $\varphi_1$  – кут тертя між ножом і матеріалом;

$\varphi_2$  – кут тертя між протирізальним елементом і матеріалом.

Припускаючи [4], що кут защемлення між дотичною до леза ножа і протирізальною пластиною  $\chi$  не повинен перевищувати  $50^\circ$ , на підставі формул (5) і (6) був побудований профіль обертового ножа (на рис. 2 – цифра 2, пунктирна лінія) за наступних умов (пунктирною дуговою стрілкою показаний напрям обертання ножа): профілем леза протирізального елемента є пряма  $Y(X) \equiv 100 \text{ мм}$ ,  $X \in [0, 360 \text{ мм}]$  (рис. 2 – цифра 1); початкові умови  $x_0 = 0$ ,  $y_0 = 100 \text{ мм}$ ; кут защемлення змінюється згідно лінійної залежності

$$\chi(X) = 50^\circ - \frac{45^\circ}{360 \text{ мм}} \cdot X.$$

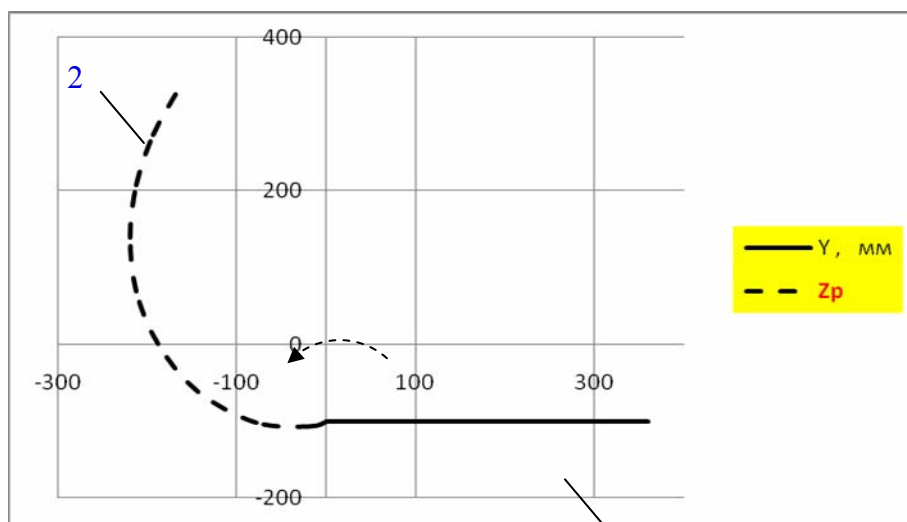


Рисунок 2 – Профілі лез обертового ножа (2) і протиризальної пластини (1), що задовольняють заданим умовам

**Висновки.** Отримано аналітичні вирази, які дозволяють досить просто побудувати конфігурацію леза обертового ножа для довільно заданого кута защемлення в кожній точці профілю протиризальної пластини. Останнє дає можливість істотно спростити оптимізацію основних конструкційно-технологічних параметрів різальних апаратів.

## Список літератури

1. Голуб, Г. А. Формалізація кутів затискання та затягування при механічному обробітку сільськогосподарських матеріалів [Текст] / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець // Вісник Сумського національного університету. – Суми: СНАУ, 2016. – № 10/1 (29). – С. 96–99.
2. Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 832 с.
3. Камке, Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям [Текст] / Э. Камке. – М. : Наука, 1976. – 576 с.
4. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин [Текст] / под ред. академика В. П. Горячкина. – М.-Л., 1936. – Т. 4. – 576 с.
5. Ревенко, І. І. Машини та обладнання для тваринництва [Текст] : підручник / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. І. Ребенко. – К. : Кондор, 2011. – 730 с.

**Volodimir Shvaiko, Assoc. Prof., PhD phith.& math. sci., Victoria Guridova, Sen. Lect.**

*Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine*

### **Construction of the profile of the cutting edge of the knife, which corresponds to the specified angles of pinching, in the processing of agricultural materials**

For high-quality and efficient functioning of agricultural machines and other equipment, it is necessary to optimize the basic structural and technological parameters of the cutting apparatus, for example, the profile of the cutting edge of the rotary knife, which is used in the process of grinding forages.

Construction of the profile of the cutting edge of the rotary knife is carried out, which corresponds to the given angles of pinching at any point of the fixed counter-plate. From the mathematical point of view, it is necessary to find the shape of the cutting edge of the knife as a response function for the specified profile function of the anti-perturbing element, which satisfies the specified angles of pinching.

The analytical expressions are obtained, which allow to simply construct the configuration of the blade of a rotary knife for an arbitrarily set angle of pinching at each point of the profile of the counter-plate. The latter makes it possible to substantially simplify the optimization of the basic structural and technological parameters of the cutting machines.

**rotary knife, counter-plate, cutting, blade profile, chipping mechanisms**

Одержано 01.11.17