

УДК 631.352.02.13

К ОБОСНОВАНИЮ ПРОФИЛЯ ГРЕБЕНКИ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО БАРАБАНА

Дьяконов С.А., канд. тех. наук, Пахучий А.Н., ст. преподаватель
(Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева)

В статье приведены силы, которые действуют на гребенку очесывающего барабана в момент очесывания, их направление. Определен рациональный профиль гребенки, обеспечивающий минимальные затраты энергии

Вступление. При выращивании урожая зерна, операции по его сбору складывают в общем балансе энергозатрат около 40 %. Альтернативным направлением уменьшения энергозатрат и повышения пропускной способности комбайнов, есть принцип подачи хлебной массы к молотилке с минимальным содержанием в ней стеблей соломы. Уборка урожая зерновых колосовых культур очесывающими жатками на сегодняшний день имеет и некоторые недостатки, поэтому данная технология нуждается в совершенствовании взаимодействия очесывающего рабочего органа с стеблестоем, а также в исследовании основных параметров и режимов работы гребенок с зерновой частью колоса.

Цель и задачи. На привод очесывающего барабана жатки расходуется около 35% общих затрат энергии. Одним из возможных вариантов снижения энергоемкости процесса работы очесывающих рабочих органов является совершенствование геометрической формы их гребенок. Цель исследований – снижение затрат энергии на взаимодействие гребенки с колосом путем обоснования рационального ее профиля.

Постановка и решение задачи. Очесывание зерновых колосовых культур протягиванием колосьев через щель или отверстие на граблинах, закрепленных на вращающемся барабане очесывающего устройства. Очесывающие граблины снабжены гребенками, боковые кромки которых расположены параллельно друг к другу, с отверстием в местах их соединения. Гребенки, закрепленные на граблины, могут располагаться по радиусу барабана, или наклонены вперед по ходу вращения барабана.

Для решения поставленной задачи принимаем, что барабан вращается с постоянной частотой, стеблестой представляет собой однородную среду. На рабочей поверхности гребенки выделяем элементарный участок dl . На элементарную площадку рабочей кромки гребенки действует нормальное давление стеблестой qdl , сила трения между кромкой и стеблем $qfdl$, сила трения боковой поверхности гребенки об стеблестой. Величина последней не оказывает существенного влияния на сопротивление движению гребенки в

стеблестой и поэтому ею можно пренебречь. Кинематическая схема действия сил на гребенку очесывающего барабана приведена на рис.1.

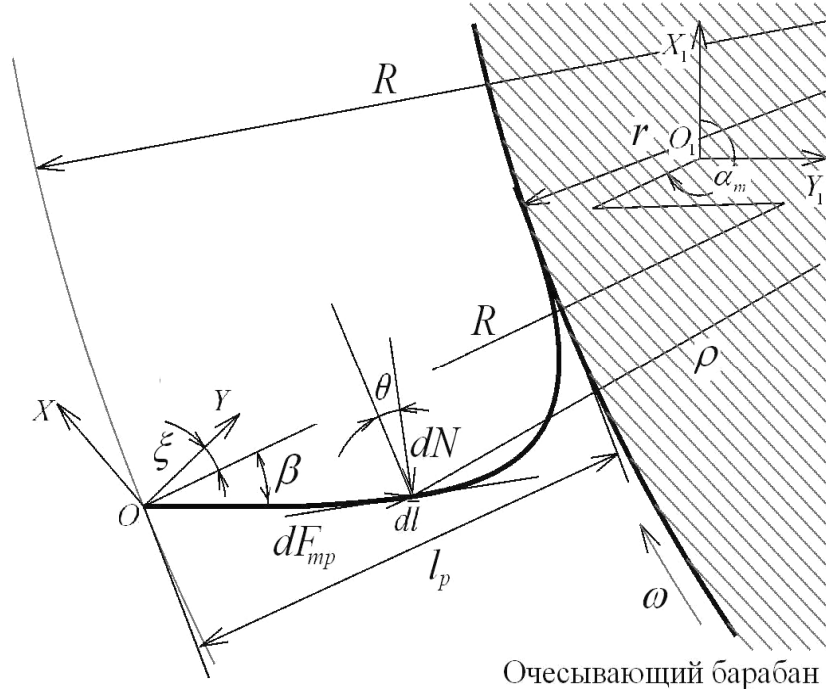


Рисунок 1 – Кинематическая схема действия сил на гребенку очесывающего барабана

Элементарный крутящий момент барабана от действия приложенных сил определяется выражением:

$$dM = q\rho(\sin \theta + \cos \theta)dl, \quad (1)$$

где ρ – радиус вращения элементарной площадки;

θ – угол между направлением действия нормальной силы и нормалью к радиусу вращения элементарной площадки.

Закономерность изменения давления стеблестоя на гребенку в зависимости от глубины расположения в колосовой массе его элементарной площадки определена экспериментальным путем [Пашенко В.Ф., Онишко М.И.] и определяется выражением:

$$q = 1,31 \cdot 10^4 h^{1,081} \sin \alpha, \quad (2)$$

где h – расстояние от проходящей по поверхности плоскости до элементарной площадки.

Для упрощения решения задачи будем рассматривать процесс работы ножа в подвижных осях системы координат XOY . В принятой системе координат расстояние от элементарной площадки до поверхности почвы определяется выражением:

$$h = b \left(\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} \right) \left\{ \begin{array}{l} [k_1 \sin(\alpha_T + \alpha_1) - \cos(\alpha_T + \alpha_1)]y - \\ [\sin(\alpha_T + \alpha_1) + k_1 \cos(\alpha_T + \alpha_1)]x + \\ R(\cos\alpha_T - k_1 \sin\alpha_T) + b \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где R – радиус барабана с гребенками;

α_T – текущий угол поворота гребенки;

α_1 – угол между осью координат Ox и радиус-вектором гребенки;

b, k_1 – постоянные коэффициенты, определяемые толщиной слоя стеблестоя на решетке и ее расстоянием до оси вращения барабана.

Радиус ρ находим как расстояние от элементарной площадки с координатами (y, x) до оси вращения (y_0, x_0) :

$$\rho = \sqrt{R^2 - 2R(y\cos\alpha_1 + x\sin\alpha_1) + y^2 + x^2}. \quad (4)$$

Угол между направлением действия нормальной силы и перпендикуляром к радиусу вращения элементарной площадки определяется выражением:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{x'(R\cos\alpha_1 - y) - R\sin\alpha_1 + x}{x'(R\cos\alpha_1 - x) + R\cos\alpha_1 - y}. \quad (5)$$

С учетом того, что $dl = \sqrt{1+x_1'^2} dy$, заменив косинус и синус через тангенс угла θ , на основании выражения (1) получим уравнение для вычисления крутящего момента очесывающей гребенки:

$$M = \int_{y_h}^{y_k} \frac{q\rho(1 + \operatorname{tg}\theta)\sqrt{1+x_0'}}{1 + \operatorname{tg}^2\theta} dy. \quad (6)$$

Величина давления q стеблестоя на элементарный участок dl , радиус вращения ρ и угол θ зависят от текущего угла поворота гребенки, поэтому величина крутящего момента барабана является переменной. Анализируя процесс взаимодействия гребенки с колосом и соломой, можно сделать вывод, что крутящий момент достигнет своего максимального значения при наиболее полном погружении гребенки в стеблестой. Это происходит в момент начала вхождения рабочего органа в стеблестой. В связи с изложенным постановка задачи формулируется следующим образом – из множества кривых, проходящих через точки (y_h, x_h) и (y_k, x_k) , найти ту, при которой крутящий момент гребенки в момент входа ее в стеблестой будет иметь минимальное значение.

Для решения поставленной задачи воспользуемся методом Ритца. Уравнение кривой, обеспечивающей экстремальное значение функционалу, ищем в виде:

$$x = yx_0' + y^2 \frac{x_k - y_k x_0'}{y_k^2} + (y - y_k)(C_1 y - C_2 y^2 + C_3 y^3), \quad (7)$$

где x'_0 – тангенс угла между осью Oy и касательной к кривой в начальной его точке;

C_1, C_2 – подлежащие определению постоянные коэффициенты.

Для данного очесывающего устройства x'_0 выбирается из условий максимально возможного захвата стеблей в начальный момент ее взаимодействия с гребенкой – $x'_0 = \text{tg}(\alpha_1 + \beta)$, где β – угол между радиус-вектором гребенки и касательной к кривой в этой же точке.

После подстановки выражения (7) в (6) задача сводится к нахождению значений искомым коэффициентов C_1, C_2, C_3 , определяющих профиль гребенки. Взяв частные производные от полученного уравнения по C_1, C_2, C_3 , и приравняв их к нулю, получим систему уравнений:

$$\frac{\partial M_{0i}}{\partial x_i} = \int_{y_0}^{y_1} (1 + \text{tg}^2 \theta)^{\frac{1}{2}} \left\{ \begin{aligned} & q(1+x')^{\frac{1}{2}} (\text{tg}^2 \theta - 1) \frac{\partial \rho}{\partial C_i} + \rho(1+x')^{\frac{1}{2}} (\text{ftg}^2 \theta - 1) \frac{\partial q}{\partial C_i} + \\ & + qx'(\text{ftg}^2 \theta - 1) \times (1+x')^{\frac{1}{2}} \frac{\partial x'}{\partial C_i} + (1+x')^{\frac{1}{2}} f \frac{\partial \text{tg} \theta}{\partial C_i} \end{aligned} \right\} dx = 0 \quad (8)$$

де $i=1, 2, 3$

$$\frac{\partial \rho}{\partial x_i} = \frac{z' \frac{\partial x}{\partial x_i} - R \sin \alpha_1 \frac{\partial y}{\partial x_i}}{\sqrt{R^2 - 2R(x \sin \alpha_1 + y \cos \alpha_1) + x^2 + y^2}};$$

$$\frac{\partial q}{\partial x_i} = -k(n-1)h^{n-2} \frac{\sin(\alpha_T + \alpha_1) + k_1 \cos(\alpha + \alpha_1)}{\sqrt{1+k^2}} \frac{\partial \rho}{\partial x_i};$$

$$\frac{\partial \text{tg} \theta}{\partial x_i} = \left\{ \begin{aligned} & [x'(R \sin \alpha_1 - x) + R \cos \alpha_1 - y] \left[(R \cos \alpha_1 - y) \frac{\partial x}{\partial x_i} + \frac{\partial x'}{\partial x_i} \right] - \\ & - R x \sin \alpha_T [x'(R \cos \alpha_1 - y) - R \sin \alpha_1 + y] \frac{\partial x}{\partial x_i} - z' \frac{\partial x'}{\partial x_i} \end{aligned} \right\} \times$$

$$\times [x'(R \sin \alpha_1 - x) + R \cos \alpha_1 - y]^{-2};$$

$$x' = x'_0 + \frac{2y}{y_k^2} (x_k - y_k x'_0) + (y - y_k)(2yC_1 + 3yC_2 + C_3) + y^2 C_1 + y^3 C_2 + yC_3,$$

где

$$\frac{\partial x}{\partial C_1} = y^2 (y - y_k);$$

$$\frac{\partial x}{\partial C_2} = y^3 (y - y_k);$$

$$\frac{\partial x}{\partial C_3} = y (y - y_k);$$

$$\frac{\partial x'}{\partial C_1} = 2y(y - y_k) + y^2;$$

$$\frac{\partial x'}{\partial C_2} = 3y^2(y - y_k) + y^3;$$

$$\frac{\partial x'}{\partial C_3} = (y - y_k) + y.$$

Полученную систему дифференциальных уравнений решили численным методом с применением персонального компьютера.

В результате решения системы уравнений определили значения искомым коэффициентов C_1 , C_2 , C_3 . После подстановки их в уравнение (7), получили уравнение кривой, определяющее профильную линию гребенки рис. 2.

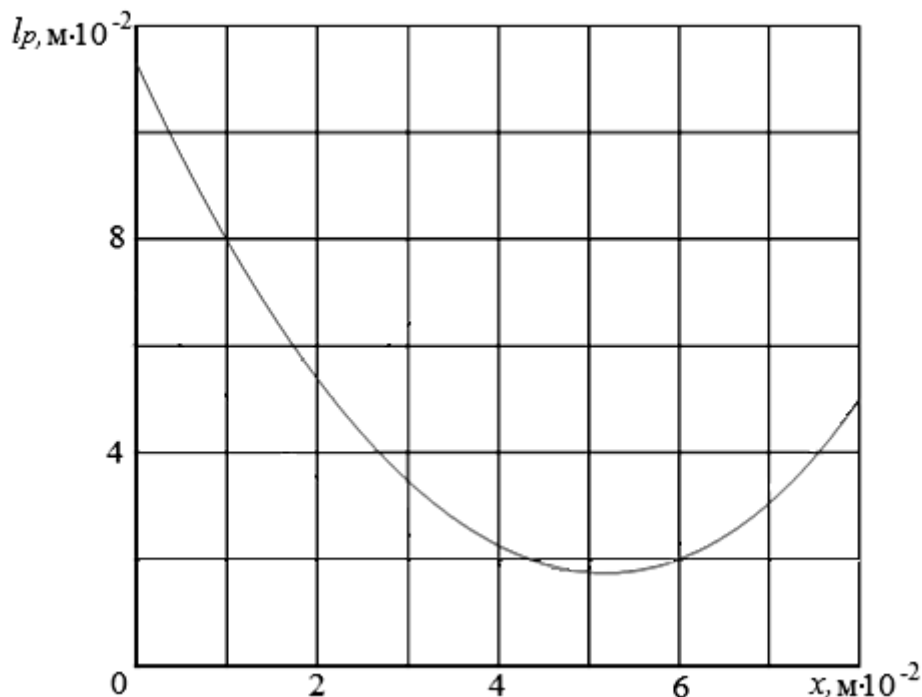


Рисунок 2 – Рациональный профиль гребенки очесывающего барабана

Выводы. При уборке колосовых культур методом обмолота растений на корню важное значение имеет высота стеблей и разница высоты растений на поле, что существенно влияет на потери зерна. Основная проблема заключается в несовершенстве формы очесывающей гребенки и в недостаточных исследованиях сил действующих на гребенку. Предложенная математическая модель позволяет получить профиль рабочего органа обеспечивающий минимальные затраты энергии. Полученный профиль гребенки очесывающего барабана позволяет снизить затраты энергии на 10%.

Список литературы

1. Василенко М.П. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов) / М.П. Василенко, В.П. Василенко. – К., 1980. – 135 с.
2. Машков О.М. Автореферат. Обґрунтування параметрів обчісуючого пристрою для обмолоту зернових культур на корені. – Сімферополь. 2000 р..
3. Мороз М.М. Автореферат. Обґрунтування параметрів та режимів роботи обчісуючої жатки для збирання зернових-колосових культур. – Кіровоград. 2001р.

Abstract

The study of the profile of the comb drum

S. D`yakonov, A. Pakhuchyi

The article describes the forces that act on the comb of the combing drum in the moment of interaction the direction. Determined by the rational profile combs with a minimum expenditure of energy.

Анотація

Щодо обґрунтування профілю гребінки очісуючого барабана

Дьяконов С.О., Пахучий А.М.

У статті приведені сили, що діють на гребінку очісуючого барабана в момент взаємодії її з колосом, та їх напрямки. Визначений раціональний профіль гребінки, що забезпечує мінімальні витрати енергії.