

УДК 631.363

БАРАБАННЫЙ РЕЖУЩИЙ АППАРАТ СКОЛЬЗЯЩЕГО РЕЗАНИЯ

Киряцев Л.А

Романюха И.Е

Днепропетровский государственный аграрный университет

Разработана конструкция барабанного режущего аппарата стебельчатых материалов скользящего резания, выполнено его исследование и определены параметры, при которых он обеспечивает снижение затрат энергии на измельчение и минимальные динамические нагрузки на рабочий орган.

Developed design of drum cutting device stem materials moving action, has been studied and defined the parameters for which it provides reduction of energy consumption for growing shallow .end minimum dynamic load on the working body.

Проблема

В сельском хозяйстве измельчению подлежат огромные объемы стебельчатых материалов, поэтому проблема усовершенствования рабочих органов, которые их измельчают, с целью уменьшения энергоемкости процесса является актуальной.

Анализ последних исследований и публикаций

Первым процесс резания лезвием теоретически рассмотрел академик В.П. Горячкин [1]. В дальнейшем теорию измельчения, и не только лезвием, развивали такие выдающиеся ученые, как В.А. Желиговский, Н.Е. Резник [5], П.Л. Полозов, В.А. Зяблов, М.А. Сулима, С.В. Мельников [4], А.И. Завражнов [2], Д.И. Николаев, С.А. Притченко, С.Ф. Колесников, А.О. Афанасьев, В.И. Передня и прочие. По результатам их научных разработок созданы современные измельчающие аппараты нескольких типов: дисковые, барабанные, штифтовые, битерно - ножевые и прочие, в основу которых положено измельчения резанием, разрывом, дроблением.

Основные недостатки рабочих органов существующих измельчителей стебельчатых кормов - это высокая энергоемкость процесса (барабанные, штифтовые, битерно – ножевые) и наличие значительных динамических нагрузок на их привод (дисковые).

Цель исследования

Разработка конструкции и обоснование параметров режущего аппарата, который обеспечил бы уменьшение затрат энергии на измельчение и снижение динамических нагрузок на привод. С этой целью в разработку конструкции положены следующие принципы:

- измельчение материала выполнять резанием лезвием, как наименее энергоемким способом измельчения;
- измельчение проводить барабанным режущим аппаратом, который обеспечивает наименьшие динамические нагрузки;
- измельчение выполнять резанием со скольжением, при котором усилие резания минимальные.

Результаты исследований

Главная идея – поперечное резание поступающего из питательного механизма уплотненного материала проводить барабанным режущим аппаратом скользящего резания с ножами, лезвия которых установлены под таким углом скольжения, величина которого обеспечивает минимальные затраты энергии на резание.

Предложен барабанный режущий аппарат скользящего резания (рис. 1) состоящий из следующих основных узлов: рама, привод, питательный механизм (известные конструкции) и рабочий орган.

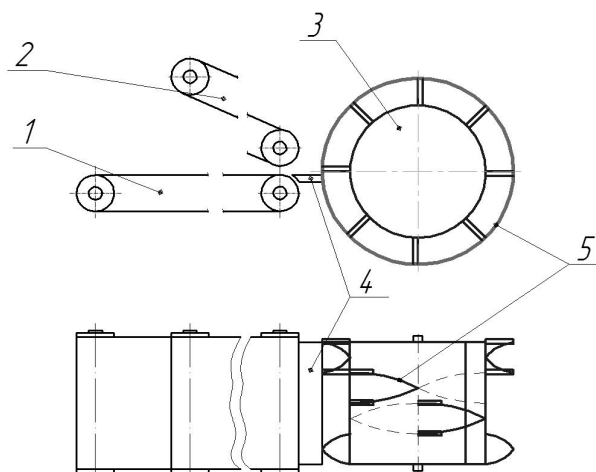


Рис. 1. Барабанный режущий аппарат скользящего действия: 1 – подающий транспортер, 2 – подпрессовующий транспортер, 3 – режущий барабан, 4 – противорежущая пластина, 5 – V-образный нож

Рабочим органом является сплошной пустотелый цилиндрический барабан 3 с закрепленными на нём с определенным зазором к образующей поверхности барабана ножами 5, угол наклона лезвий которых к противорежущей пластине 4 обеспечивает скользящее резание. Чтобы не препятствовать подаче материала, величина зазора между ножами 5 и барабаном 3 должна превышать максимальную длину резки, которая может быть задана.

Рассмотрим зависимость энергетической составляющей процесса резания для разных значений углов скольжения, которая в общем виде описывается следующим выражением

$$A = N \cdot t, \text{ Дж}, \quad (1)$$

где N – мощность привода рабочего органа, которая затрачивается на резание материала, Вт;

t – продолжительность процесса резания, с.

Мощность привода рабочего органа определим следующим образом [4]

$$N = \Delta S q r z \omega, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где ΔS – активная длина лезвия ножа, м;

q – удельное давление резания, Н/м;

r – радиус траектории движения лезвий ножей, м;

z – количество лезвий ножей, которые одновременно принимают участие в резании;

ω – угловая скорость барабана, с^{-1} .

Если выразить активную длину лезвия ножа через высоту горловины a и угол скольжения τ , то будем иметь

$$\Delta S = \frac{a}{\sin \tau}. \quad (3)$$

Это выражение справедливо при $\tau \geq \arctg \frac{a}{b}$. При $\tau \leq \arctg \frac{a}{b}$ формула (3)

приобретает выражение

$$\Delta S = \frac{b}{\cos \tau}, \quad (4)$$

где b – ширина горловины, г.

Удельное давление резания, согласно [4], приблизительно определим по выражению

$$q = Kq_0, \quad (5)$$

где q_0 – нормальное удельное давление резания, Н/м;

K – коэффициент пропорциональности. По данным [4] его значение зависит от величины угла скольжения и можно определить из выражения

$$K = 1 - \frac{0,5\tau}{55^\circ}.$$

Подставим в формулу мощности (2) значение активной длины лезвия ножа из выражения (3) и удельное давление резания из (5) и получим

$$N = q_0 K \frac{a}{\sin \tau} r z \omega = C \frac{K \omega}{\sin \tau}, \quad (6)$$

где C – коэффициент, который представляет собой произведение постоянных параметров в формуле (6) для данной конструкции измельчителя и материала. $C = q_0 a \cdot r \cdot z$.

Анализ формулы (6) показывает, что с увеличением величины угла τ мощность на резание уменьшается. Поэтому для уменьшения затрат энергии на измельчение материала желательно использовать рабочие органы с ножами, лезвия которых установлены под углами скольжения $\tau = (50 \dots 80)^\circ$ к противорежущей пластине. Но, с увеличением величины τ исчезает эффект защемления материала в режущей паре, увеличиваются силы выталкивания материала из режущей пары, под действием которых возникает боковой сдвиг измельчаемой массы, который вызывает осевые и динамические усилия, а следовательно и соответствующие нагрузки на вал режущего барабана. Для нейтрализации осевой нагрузки мы предлагаем придать лезвиям ножей V – образную (шеvronную) форму, направленную вершиной против направления вращения барабана (рис. 1). А для уменьшения динамических нагрузок – разделить по ширине барабана каждый V-образный нож на несколько. Причём, чем большее количество ножей размещено по ширине барабана, тем меньшие динамические нагрузки будут при резании. Но увеличение количества ножей ограничено конструктивными соображениями, например, условием их крепление.

Рассчитаем количество ножей, которые нужно установить на барабане. Известными данные: b – ширина барабана, м; b_n – ширина V – образного ножа, м, которую принимаем из конструктивных соображений, но кратную ширине барабана; τ – угол скольжения лезвий V – образных ножей, град.; D – ориентировочный (из конструктивных соображений) диаметр барабана, м, значение которого будет уточнено в дальнейших расчетах.

Задачу будем решать, исходя из соображений, что, благодаря достаточному предварительному уплотнению материала, V - образной форме ножа и использовании скользящего резания, измельчение материала начинается сразу с началом взаимодействия ножа с массой.

Общее количество ножей Z , которое нужно установить на барабане равняется

$$Z = z_{ш} \cdot z_{\partial}, \quad (7)$$

где $z_{ш}$ – количество рядов ножей по ширине барабана, шт.;

z_{∂} - количество ножей в одном ряду, шт.

Количество рядов ножей по ширине барабана найдем из выражения

$$z_{ш} = \frac{b}{b_n}, \quad (8)$$

а количество ножей в одном ряду при условии, что процесс резания ножами одного ряда происходит непрерывно, будет

$$z_{\partial} = \frac{\pi \cdot D}{b \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (9)$$

где α – угол наклона ряда ножей к противорезущей пластине, град. Значение его можно подсчитать по формуле

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{h}{b_n}, \quad (10)$$

где h – высота ножа, м. Величину h определим как

$$h = 0,5 \cdot b_n \cdot \operatorname{tg} \tau. \quad (11)$$

Вычисленное по формуле (9) количество ножей в одном ряду округляем к целому в большую или меньшую сторону (из конструктивных соображений лучше к парному числу) и уточняем по формуле (9) величину диаметра барабана. Пример развертки режущего барабана приведен на рис.2.

Сравним затраты энергии за единицу времени (мощность) на измельчение традиционным N_m режущим аппаратом, для которого по рекомендациям С.В.Мельникова [4] $\tau = 27^\circ$, и предложенным N_{np} режущим аппаратом, воспользовавшись для этого формулой (6)

$$\frac{N_m}{N_{np}} = \frac{q_0 \cdot K_m \cdot r_m \cdot z_m \cdot \omega_m \cdot \Delta S_{\tau}}{q_0 \cdot K_{np} \cdot r_{np} \cdot z_{np} \cdot \omega_{np} \cdot \Delta S_{np}}, \quad (12)$$

где K_m и K_{np} - коэффициент пропорциональности, который учитывает уменьшение удельного давления в зависимости от величины угла скольжения, соответственно, для традиционного и предложенного режущего аппарата;

r_m и r_{np} – радиус режущего барабана, соответственно, для традиционного и предложенного режущего аппарата.

Для сравнения примем $r_m = r_{np}$;

z_m и z_{np} – число лезвий ножей одновременно принимающих участие резании, соответственно, для традиционного и предложенного режущего аппарата. Принимая во внимание V-образную форму ножа предложенного режущего аппарата количество одновременно режущих лезвий в нём всегда вдвое больше;

ω_m и ω_{np} - угловая скорость режущего барабана, соответственно, для традиционного и предложенного режущего аппарата;

ΔS_m и ΔS_{np} – активная длина лезвия ножа, соответственно, для традиционного и предложенного режущего аппарата.

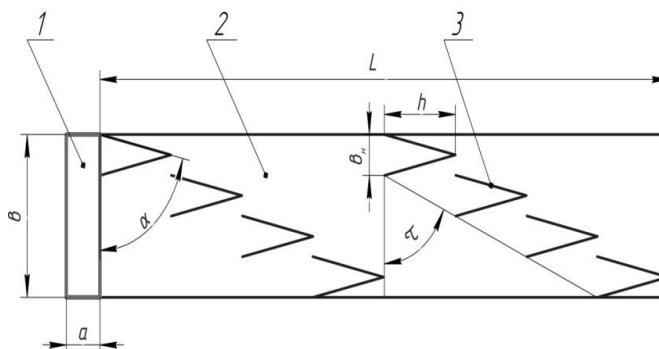


Рис. 2. Схема развертки поверхности режущего барабана скользящего резания: 1 – горловина, 2 – поверхность барабана, 3 – V-образный нож

При сравнении конструктивные параметры (высота a , ширина b горловины и радиус режущего барабана r), производительность режущего аппарата Q и длина резки l приняты одинаковыми. Зависимость между угловыми скоростями режущих барабанов традиционного и предложенного при этих условиях будет следующая

$$\omega_{np} = \frac{\omega_m \cdot z_{\partial.m.}}{z_{\partial.np.}}; \quad (13)$$

где $z_{\partial.m.}$ и $z_{\partial.np.}$ – количество ножей в одном ряду, соответственно, для традиционного и предложенного режущего аппарата из формулы (9), шт.

Выполнив необходимые замены, преобразования и сокращения, мы получили

- в случае, когда $\tau_{np} \geq \arctg \frac{a}{b}$ формула (12) примет вид

$$\frac{N_m}{N_{np}} = \frac{0,5K_m \cdot \sin \tau_{np} \cdot \operatorname{tg} \tau_{np}}{K_{np} \cdot \sin \tau_m \cdot \operatorname{tg} \tau_m}, \quad (14)$$

- в случае, когда $\tau_{np} \leq \arctg \frac{a}{b}$ формула (12) приобретет такой вид

$$\frac{N_m}{N_{np}} = \frac{0,5K_m \cdot a \cdot \cos \tau_{np} \cdot \operatorname{tg} \tau_{np}}{K_{np} \cdot b \cdot \sin \tau_m \cdot \operatorname{tg} \tau_m}, \quad (15)$$

где τ_m и τ_{np} – угол скольжения, соответственно, для традиционного и предложенного режущего аппарата.

Используя зависимости (14) и (15) нами для примера построен график $\frac{N_m}{N_{np}} = f(\tau_{np})$

(рис. 3). График построен для условий: высота горловины $a = 0,1$ м, ширина горловины $b = 0,4$ м, угол наклона лезвий ножей традиционного барабана $\tau_m = 27^\circ$, диапазон изменения угла наклона лезвий ножей предложенного барабана $0 \leq \tau_{np} \leq 80^\circ$.

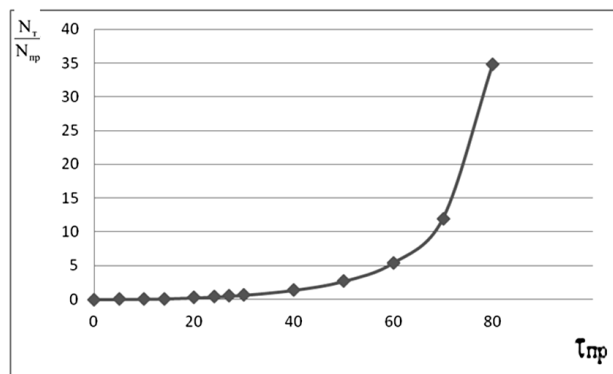


Рис. 3. Графік залежності відношення $N_t/N_{пр}$ затрат енергії в залежності від величини кута нахилу лезвий ножей $\tau_{пр}$ пропонуваного режущого апарату

Побудований графік свідчить, що для даного прикладу перевага в витратах енергії на подрібнення барабанним режущим апаратом скользящего різання починається при $\tau_{пр} = 35,5^\circ$ і різко збільшується з ростом значення кута нахилу лезвий ножей к противорезущей пластині. Считаем, що для барабанных режущих апаратів пропонуваної конструкції кут нахилу лезвий ножей к противорезущей пластині раціонально приймати в межах $(50...80)^\circ$, що, забезпечивши скользящее різання, значно зменшить витрати енергії на подрібнення (в нашому прикладі в 3...3,5 рази).

Аналогічну залежність і висновки маємо і порівнюючи витрати енергії для існуючих барабанных режущих апаратів з іншими параметрами (розміри горловини і величини кутів нахилу ножей к противорезущей пластині).

Висновки

1. Пропонований барабанний режущий апарат скользящего різання при величинах кута скользящего від 50 до 80 градусів забезпечує значне зменшення витрат енергії на різання в порівнянні з традиційним;
2. Застосування ножей V - образної форми гарантує нейтралізацію осевих зусиль на опори барабана, а їх послідовне по ходу обертання розміщення на барабані забезпечує мінімізацію динамічних навантажень, причому динамічні навантаження зменшуються з зменшенням розмірів ножей.

Література

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений, т. I - III. - М.: «Колос», 1965.- 1578 с.
2. Завражнов А.И., Николаев Д.И, Механизация приготовления и хранения кормов.- М.: Агропромиздат, 1990.- 336 с.
3. Кулаковский И.В., Кирпичников Ф.С., Резник Е.Н. Машины и оборудование для приготовления кормов. Ч. 1. Справочник. - М.: Россельхозиздат, 1987.- 285 с.
4. Механизация животноводческих ферм / С.В. Мельников, П.В. Андреев, В.Ф. Базенков и др. – М.: Колос, 1969.- 440 с.
5. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов.- М.: Машиностроение, 1975.- 314 с.