

УДК 631.363.2

А. В. КИТУН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: anton.kitun@mail.ru*

Получена зависимость для определения вероятности измельчения частицы корма в измельчителе вертикального типа и на ее основе изготовлен измельчающий аппарат. По результатам экспериментальных исследований построена графическая зависимость производительности измельчителя от числа ножей, установленных по периметру рабочей камеры. Предложена конструкция рабочего органа, содержащего державку, на плоскостях которой закреплены два режущих ножа. Короткие основания этих режущих элементов обращены друг к другу. Данная конструкция позволила увеличить на 50 % вероятность встречи частиц корма с режущим элементом.

Ключевые слова: измельчение кормов, измельчитель вертикального типа, измельчающий аппарат.

A. V. KITUN

RESEARCH ON FODDER GRINDING

Belarusian state agrarian technical University, Minsk, Belarus, e-mail: anton.kitun@mail.ru

The formula for calculation of the frequency of grinding of a fodder particle in a vertical grinder has been obtained. On the basis of this formula grinding equipment has been produced. According to the results of the research a curve of a grinder performance on the number of knives has been formed. The construction of a working part with a holder with two cutting knives has been proposed. This construction allows increasing the frequency of meeting of a fodder particle with a cutting element by 50 %.

Keywords: fodder grinding, vertical grinder, grinding unit.

Работы по теоретическому изучению влияния отдельных параметров измельчителей на степень измельчения кормов проводились многими учеными [1, 2]. Они были направлены на изучение влияния числа режущих пар на среднюю длину резки. Полученные результаты констатируют уменьшение средней длины резки стебельчатых кормов с увеличением числа противорежущих элементов. Однако, как отмечают сами авторы, полученные результаты не в полной мере согласуются с экспериментальными данными. Это свидетельствует о том, что физические процессы, протекающие в измельчителях, изучены недостаточно, а их решение требует поиска новых конструктивных решений, особенно для измельчителей с вертикально установленной рабочей камерой.

Цель работы – изучение влияния отдельных параметров измельчителей на степень измельчения кормов.

Физический смысл работы измельчителя состоит в массовом обслуживании корма до получения необходимых показателей качества. Используя теорию массового обслуживания, активные измельчающие органы измельчителя можно рассматривать как систему массового обслуживания с отказами, упорядоченным обслуживанием и ограничением времени пребывания заявки на обслуживании. Суть отказа состоит в том, что частицы проходят неразрушенными или фракционный состав продукта не соответствует необходимым требованиям. Упорядоченное обслуживание состоит в том, что если частица не обслужена (разрушена) в одной плоскости вращения ножей, то этот процесс произойдет на последующей. Ограничение времени пребывания частицы на обслуживании определяется тем, что она покидает пределы рабочей камеры измельчителя независимо от ее разрушения. Исходя из данных предпосылок и физического процесса работы измельчающего устройства вероятность измельчения частицы корма можно определить по уравнению

$$P_u = 1 - e^{-\mu t}, \quad (1)$$

где μ – параметр процесса или интенсивность измельчения; t – время нахождения частицы в рабочей зоне, с.

При этом процесс измельчения рассматривается как непрерывный и случайный, а входящий в него поток – как простейший, стационарный по математическому ожиданию и дисперсии.

Параметр процесса или интенсивность измельчения определяется конструктивно-кинематическими параметрами устройств, которые обеспечивают соответствующие вероятности встречи и разрушения, поэтому интенсивность измельчения в общем виде определяется по формуле

$$\mu = q_1 q_2 \quad (2)$$

(q_1 и q_2 – вероятности встречи и разрушения соответственно).

Поскольку частицы корма в рабочей камере сориентированы неодинаково, то вероятность встречи их с активными рабочими органами определяется по выражению [2]

$$q_1 = \frac{2 \arctg(l_n / a)}{\pi}, \quad (3)$$

где l_n – длина части ножа, циркулирующая в кормовом слое, м; a – расстояние между смежными гранями ножей, м.

Вероятность разрушения частиц корма определяется по формуле

$$q_2 = \frac{(V_n - V_c)}{V_n} \quad (4)$$

(V_n и V_c – окружные скорости ножей и слоя корма соответственно, м/с).

Тогда интенсивность измельчения можно определить, подставив значения (3) и (4) в уравнение (2):

$$\mu = \frac{2 \arctg(l_n / a) (V_n - V_c)}{\pi V_n}. \quad (5)$$

Из формулы (1) видно, что вероятность измельчения частицы корма зависит от времени нахождения ее в рабочей камере, т. е. это значение в общем виде можно представить так:

$$t = \frac{l_p}{v_c}, \quad (6)$$

где l_p – длина окружности рабочей камеры, м; v_c – скорость прохождения частиц через рабочую камеру, м/с.

При измельчении кормов внутри рабочей камеры устанавливаются противорежущие элементы – эти пассивные рабочие органы изменяют направление движения частиц. Тогда справедливо уравнение для определения времени прохождения частицами корма через рабочую камеру:

$$t_k = t + t_1, \quad (7)$$

где t_1 – время перемещения частицы по поверхности пассивных измельчающих органов, с;

$$t_1 = \frac{l_{np}}{v_{np}}, \quad (8)$$

(l_{np} – длина пути частицы, перемещающейся по рабочей части противореза, м; v_{np} – скорость перемещения частиц корма по рабочей части противореза, м/с).

Длину пути частицы, участвующей в круговом движении, можно определить по формуле

$$l_{np} = 2\pi R_k - z l_{np} \cos \alpha_{np}, \quad (9)$$

где R_k – радиус рабочей камеры, м; z – число противорежущих элементов; l_{np} – длина рабочей части противорежущего элемента, м; α_{np} – угол наклона противореза к внутренней поверхности рабочей камеры.

Подставив в формулу (7) значения выражений (6), (8) и (9), получим

$$t_k = \frac{l_p}{v_{\text{ср}}} + \frac{2\pi R_k - z l_{\text{пр}} \cos \alpha_{\text{пр}}}{v} \quad (10)$$

Для определения вероятности измельчения частицы подставим в уравнение (1) значения формул (5) и (10):

$$P_u = 1 - e^{-\frac{2 \arctg (l_u/a)(V_u - V_c)}{\pi v_u} \left(\frac{l_p}{v_c} + \frac{2\pi R_k - z l_{\text{пр}} \cos \alpha_{\text{пр}}}{v_{\text{пр}}} \right)} \quad (11)$$

В соответствии с уравнением (11) увеличить P_u можно за счет изменения числа режущих элементов. Для проверки выдвинутой гипотезы был изготовлен ротор (рис. 1), режущие элементы в котором крепились в державках, установленных между двумя дисками. Данная конструкция позволила варьировать число ножей в широких пределах.

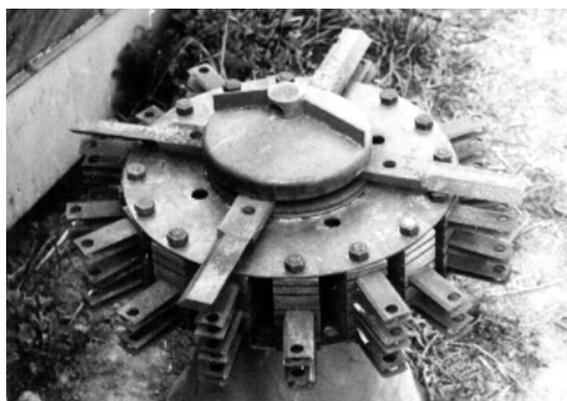


Рис. 1. Экспериментальный ротор с ножами

Проведенные исследования показали, что с увеличением в рабочей камере числа режущих элементов доля мелкой фракции частиц увеличивается (рис. 2). В этом случае частицы корма чаще попадают в рабочую зону режущих элементов. Данная зависимость прослеживается и при исследовании измельчителя-смесителя ИС-20 [3], однако с увеличением числа режущих элементов появляются негативные факторы.

Из графической зависимости на рис. 3 видно, что с увеличением числа ножей в рабочей камере уменьшается производительность измельчителя. Вторым отрицательным моментом является рост удельной энергоемкости процесса измельчения. Это объясняется тем, что с увеличением числа ножей уменьшается пространство между ними, возрастает переносная скорость массы и время пребывания частиц в рабочей зоне ножей и противорезущих элементов.

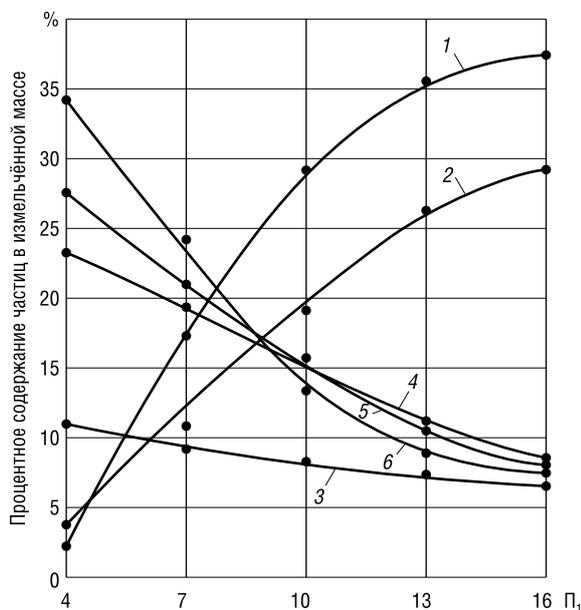


Рис. 2. Зависимость крупности частиц зеленой массы от числа ножей, установленных по периметру рабочей камеры. Размер фракций: 1 – до 5 мм; 2 – 5,1–10; 3 – 10,1–15; 4 – 15,1–20; 5 – 20,1–30; 6 – свыше 30,1 мм

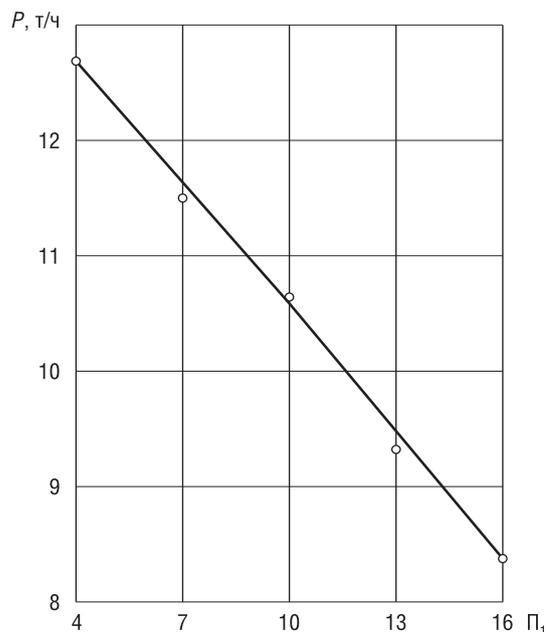


Рис. 3. Зависимость производительности измельчителя от числа ножей, установленных по периметру рабочей камеры

Таким образом, при положительном результате увеличение числа ножей на роторе измельчителя снижает другие, не менее важные показатели. Вместе с тем, полученные результаты позволили начать поиск рациональной конструкции рабочего органа. Был изготовлен рабочий орган (рис. 4), состоящий из прямоугольной державки, в пазу которой крепились два ножа, обращенные навстречу друг другу меньшими гранями.

Как показали исследования, такая конструкция работоспособна с установленными внутри рабочей камеры противорежущими элементами, однако дальнейший поиск позволил предложить более технологичную конструкцию рабочего органа (рис. 5).

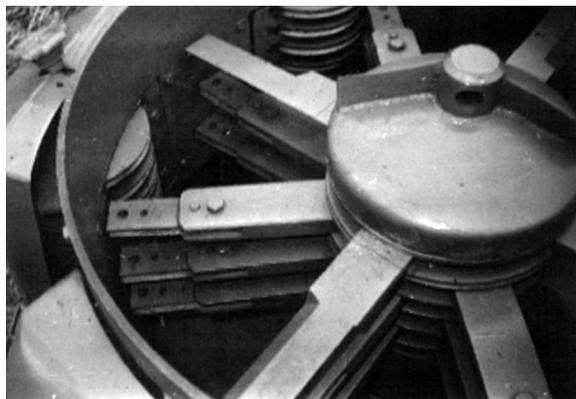


Рис. 4. Измельчитель с установленными в державке двумя режущими ножами



Рис. 5. Рабочий орган измельчителя кормов: 1 – державка; 2 – верхний нож; 3 – нижний нож

Рабочий орган содержит два закрепленных на внешних параллельных плоскостях державки режущих ножа, короткие основания которых обращены друг к другу, в результате на каждом ноже выполнены два режущих лезвия, следовательно, число воздействий на частицу увеличено вдвое. Данная конструкция позволила увеличить на 50 % вероятность встречи частиц корма с режущим элементом. Новизна конструкции ножа с двумя режущими лезвиями защищена патентом [4].

Выводы

1. Вероятность измельчения частицы зависит от геометрических параметров рабочих органов и их числа. Проведенные исследования показали, что с увеличением в рабочей камере числа режущих элементов доля мелкой фракции частиц увеличивается, однако уменьшается производительность измельчителя и возрастает удельная энергоемкость процесса.

2. На основании исследований предложена конструкция рабочего органа, содержащего державку на плоскостях которой закреплены два режущих ножа. Короткие основания этих режущих элементов обращены друг к другу. В результате на каждом ноже выполнены два режущих лезвия, следовательно, число воздействий на корм увеличено вдвое.

Список использованных источников

1. Надежин, А. В. К обоснованию геометрических параметров измельчителей стебельчатых кормов / А. В. Надежин // Совершенствование технологий и технических средств в животноводстве: сб. науч. тр. / Зерноград. с.-х. ин-т. – Зерноград, 1988. – 140 с.
2. Овчинников, А. А. К вопросу обоснования конструктивно-режимных параметров измельчителя-смесителя непрерывного действия / А. А. Овчинников, Е. В. Сурменев, А. В. Влазнев // Механизация заготовки, приготовления и раздачи кормов. – Саратов, 1982. – С. 74–82.
3. Голиков, В. А. Рабочий орган для измельчения грубых кормов повышенной влажности / В. А. Голиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1978. – № 11. – С. 17–19.
4. Рабочий орган измельчителя кормов: пат. № 1523 / В. И. Передня, А. В. Китун. – Дата публ.: 21.01.2004.

Поступила в редакцию 13.03.2015