

УДК 636.085.622:631.363.2

А. В. КИТУН¹, В. И. ПЕРЕДНЯ²

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск,
Республика Беларусь, e-mail: anton.kitun@mail.ru

²Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства,
Минск, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 06.05.2014)

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.

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 в том, что частицы проходят не разрушенными 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 формуле

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

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

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

где 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 формуле (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

$$q_2 = \frac{(v_n - v_c)}{v_n}, \quad (4)$$

где 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. Это значение в общем виде можно определить по формуле

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

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;

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

где 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 (6), (8) и (9), получим:

$$t_k = \frac{l_p}{v_c} + \frac{2\pi R_k - z l_{np} \cos \alpha_{np}}{v_{np}}. \quad (10)$$

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

$$P_u = 1 - e^{-\frac{2 \arctg(l_n / a) (v_n - v_c)}{\pi v_n} \left(\frac{l_p}{v_c} + \frac{2\pi R_k - z l_{np} \cos \alpha_{np}}{v_{np}} \right)}. \quad (11)$$

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.

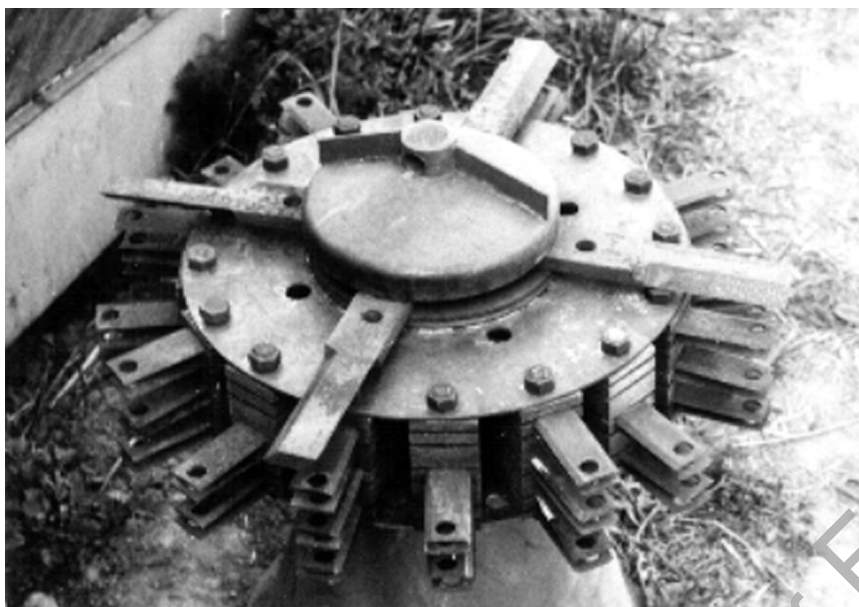


Рис. 1. Экспериментальный ротор с ножами

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 явля-

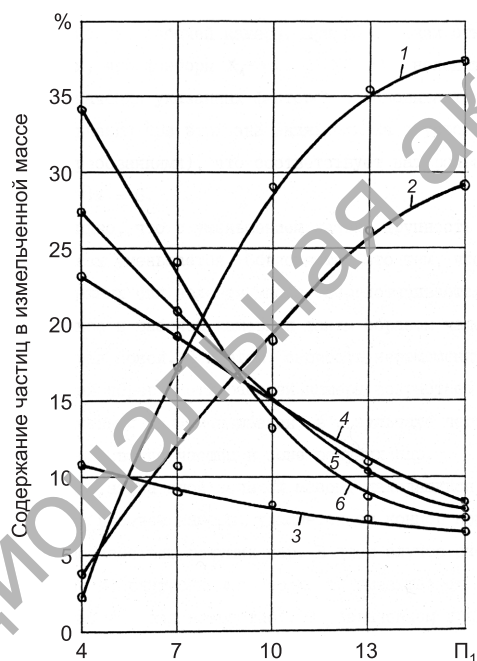


Рис. 2. Зависимость крупности частиц зеленой массы от числа ножей, установленных по периметру рабочей камеры. Размер фракций, мм: 1 – до 5; 2 – 5,1–10; 3 – 10,1–15; 4 – 15,1–20; 5 – 20,1–30; 6 – свыше 30,1 мм

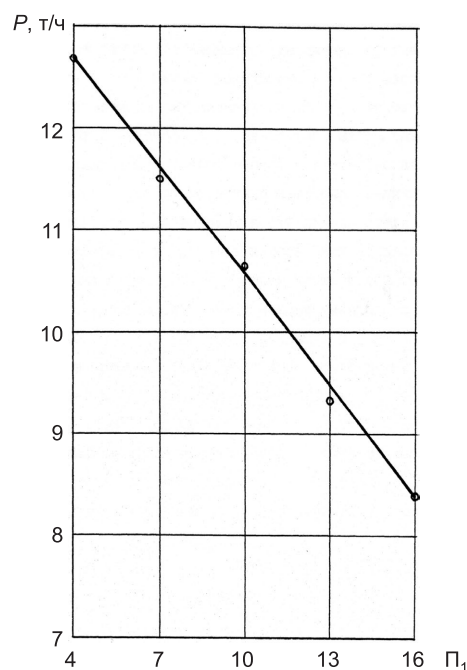


Рис. 3. Зависимость производительности измельчителя от числа ножей, установленных по периметру рабочей камеры

ется 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 противорежущих элементов.

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.

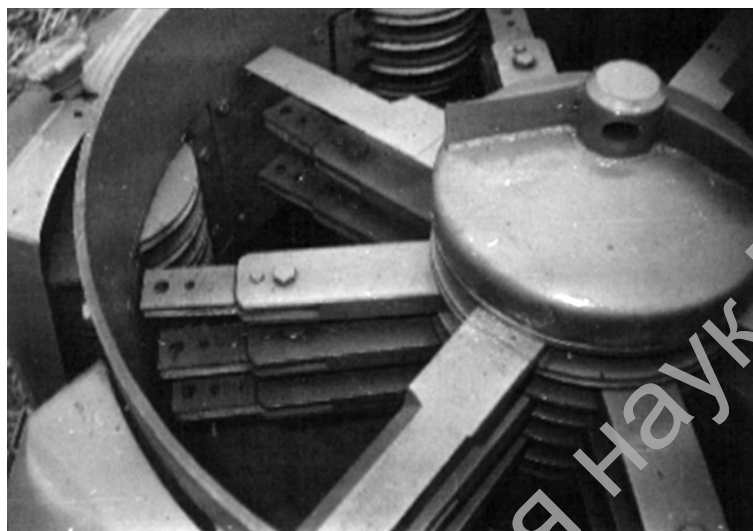


Рис. 4. Измельчитель с установленными в державке двумя режущими ножами

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. 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.

Литература

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, 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: патент № 1523. Респ. Беларусь / В. И. Передня, А. В. Китун. 21.01.2004.

A. V. KITUN, V. I. PEREDNYA

INVESTIGATION OF THE GRINDING FEED PROCESS

Summary

Obtained the dependence to determine the probability of the particle grinding feed in grinder of vertical type and based on it made a grinding machine. On the results of the experimental investigation constructed a graph dependence of the performance of grinding machine on number of mounted on the perimeter of the working chamber blades.

Proposed the construction of a working body that contains the holder on planes which are fixed two cutting knife. The short base of the cutting elements facing each other. This construction has increased by 50% probability of meeting feed particles with a cutting element.