

## ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ

А.В. Китун, канд. техн. наук, доцент, В.И. Передня, докт.техн. наук, А.А. Романович, И.М. Швед, ассистенты (УО БГАТУ)

### Аннотация

*В статье приведено теоретико-вероятностное исследование процесса измельчения кормов, позволившее определить конструкцию измельчающего аппарата на стадии его проектирования. В соответствии с теоретическими исследованиями разработана конструкция рабочего органа.*

### Введение

Работы по теоретическому изучению влияния отдельных параметров измельчителей на степень измельчения кормов проводились многими учеными [1-3]. 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 теоретические результаты не в полной мере согласуются с экспериментальными данными. Это свидетельствует о том, что физические процессы, протекающие в измельчителях, изучены недостаточно, и требуют поиска новых конструктивных решений, особенно для измельчителей с вертикально установленной рабочей камерой.

### Основная часть

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 неразрушенными, или фракционный состав продукта не соответствует необходимым требованиям. Упорядоченное обслуживание состоит в том, что если частица не обслужена (не разрушена) в одной плоскости вращения ножей, то этот процесс произойдет в 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 [1]:

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

где  $\mu$  – 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  $q_1$  – вероятность встречи частицы корма с ножом;

$q_2$  – вероятность разрушения частицы корма ножом.

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 вертикально установленными в одной плоскости смежными гранями ножей, м.

Вероятность разрушения частиц корма определяется по формуле:

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

где  $V_n$  – окружная скорость ножей, м/с;

$V_c$  – скорость прохождения частицы корма через рабочую камеру, 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  $l_p$  – высота активной зоны рабочей камеры, м.  
При измельчении кормов внутри рабочей камеры устанавливаются противорезающие 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 рабочей части противорезающих элементов, с.

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

где  $l_{np}$  – длина пути частицы, перемещающейся по рабочей части противорезающего элемента, м;

$V_{np}$  – скорость перемещения частиц корма по рабочей части противорезающего элемента, м/с.

Длину пути частицы, перемещающейся по рабочей части противорезающего элемента, определим 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 противорезающих элементов;

$l_{np}$  – длина рабочей части такого противорезающего элемента, м;

$\alpha_{np}$  – угол наклона противореза к внутренней поверхности рабочей камеры.

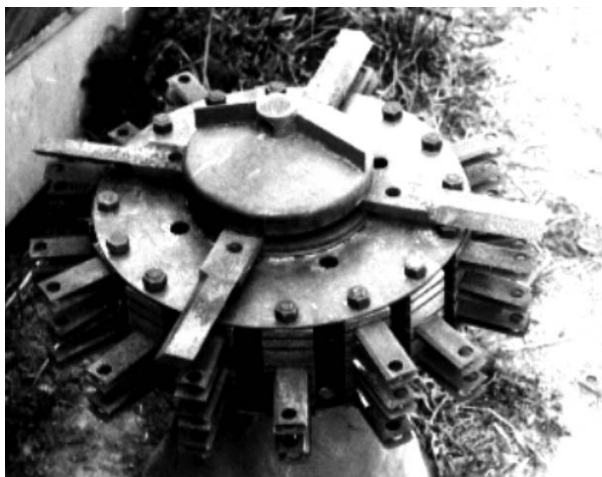


Рисунок 1. Экспериментальный ротор с ножами

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)

$$P_u = 1 - e^{-\frac{2 \arctg(l_n/a)(V_n - V_c)}{\pi V_n} \left( \frac{l_{np}}{V_c} + \frac{2\pi R_k - z l_{np} \cos \alpha_{np}}{V_{np}} \right)} \quad (11)$$

*Если 4 противорезающих элемента:*

$$P_{u1} = 1 - 2,71 \frac{\frac{2 \arctg \frac{0,007}{2} (6-5)}{3,14 \times 6} \left( \frac{0,7}{5} + \frac{2 \times 3,14 \times 0,08 - 4 \times 0,08 \times \cos 45^\circ}{12} \right)}{3,14 \times 6} = 0,89$$

*Если 8 противорезающих элементов:*

$$P_{u2} = 1 - 2,71 \frac{\frac{2 \arctg \frac{0,007}{2} (6-5)}{3,14 \times 6} \left( \frac{0,7}{5} + \frac{2 \times 3,14 \times 0,08 - 8 \times 0,08 \times \cos 45^\circ}{12} \right)}{3,14 \times 6} = 0,92$$

Изучив все составляющие уравнения (11), было принято решение увеличить  $P_u$  за счет изменения числа режущих элементов. Для проверки выдвинутой гипотезы был установлен ротор (рис. 1), режущие элементы в котором крепились в державках, установленных между двумя дисками. Данная конструкция позволила варьировать число ножей в широких пределах.

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 [4]. 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 энергоёмкости 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 противорезающих 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

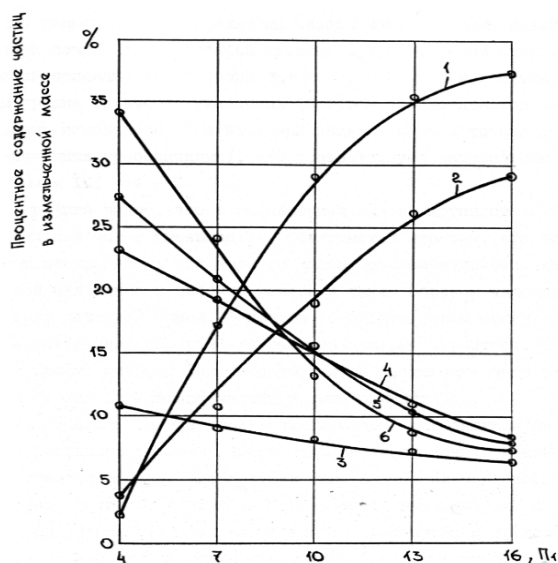


Рисунок 2. Зависимость крупности частиц зеленой массы от числа ножей, установленных по периметру рабочей камеры

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

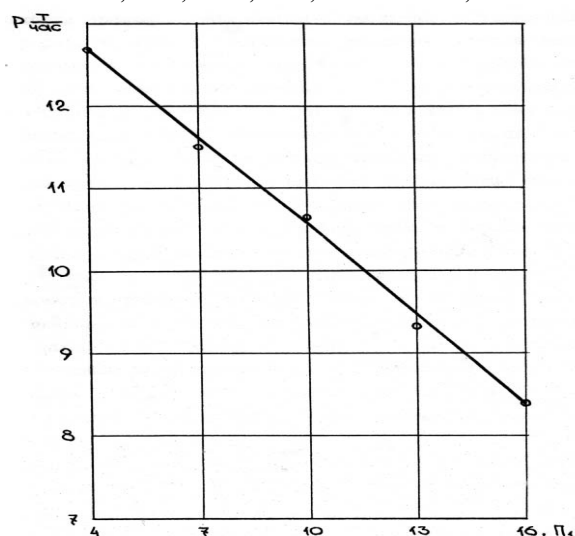


Рисунок 3. Зависимость производительности измельчителя от числа ножей, установленных по периметру рабочей камеры

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 простую и пригодную для измельчения зернофуража конструкцию рабочего органа (рис. 5), который содержит два параллельных режущих ножа, закрепленных на наружных гранях державки. Короткие основания этих режущих



Рисунок 4. Измельчитель с установленными в державке двумя режущими ножами

элементов обращены друг к другу. В результате, на каждом ноже выполнены два режущих лезвия, а, следовательно, число воздействия 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 РФ [5].

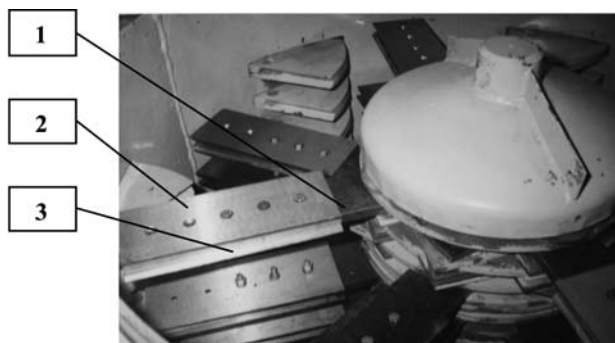


Рисунок 5. Рабочий орган измельчителя кормов: 1 — державка; 2 — верхнее основание державки; 3 — нижнее основание державки.

### 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 энергоёмкость процесса.

2. На основании исследований предложен рабочий орган, содержащий два параллельных режущих ножа, закрепленных на державке. Короткие основания этих режущих элементов обращены друг к другу. На каждом ноже выполнены два режущих лезвия, и, таким образом, число воздействий на частицу увеличено вдвое.

3. Расчеты показывают, что при увеличении противорежущих элементов с четырех до восьми, вероятность измельчения частицы увеличивается от 0,89 до 0,92.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. А. Китун, А.В. Исследование процесса работы измельчителя-смесителя кормов вертикального типа / А.В. Китун, В.И. Передня, А.В. Кузьмицкий // Вестник Белорусской Сельскохозяйственной Академии. – 2004. – №3. – С. 83–86.

2. Надежин, А.В. К обоснованию геометрических параметров измельчителей стебельчатых кормов / А.В. Надежин // сб. науч. тр. / Совершенствование технологий и технических средств в животноводстве. – Зерноград, 1988. – 140 с.

3. Овчинников, А.А. К вопросу обоснования конструктивно-режимных параметров измельчителя-смесителя непрерывного действия / А.А. Овчинников, Е.В. Сурмев, А.В. Влазнев // Механизация заготовки, приготовления и раздачи кормов. – Саратов, 1982. – С. 74–82.

4. Голиков, В.А. Рабочий орган для измельчения грубых кормов повышенной влажности / В.А. Голиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1978. – № 11. – С. 17–19.

5. Рабочий орган измельчителя кормов: пат. 1523 Респ. Беларусь / В.И. Передня, А.В. Китун ; опубл. 21.01.04// Офиц. бюл./ Нац центр интелект. собств.

УДК 664

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 21.04.2009

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ  
РАБОЧИХ ОРГАНОВ УСТАНОВОК ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ  
МЯСОКОСТНОГО СЫРЬЯ ПТИЦЫ**

**В.Я. Груданов, докт. техн. наук, профессор, А.А. Бренч, канд. техн. наук, доцент, И.Е. Дацук, аспирант (УО БГАТУ); Д.В. Коховец (КУП «Минский мясокомбинат»)**

**Аннотация**

*Приведен анализ конструктивных особенностей установок для разделения мясокостного сырья птицы, в результате которого предложена их классификация. Разработана расчетная модель, взаимосвязывающая геометрические параметры рабочих органов шнековых обвалочных прессов и работу, совершаемую шнеком. Предложены новые технические решения в области конструирования рабочих органов шнековых установок для отделения мяса от кости птицы.*

**Введение**

В последние годы в птицеперерабатывающей промышленности всего мира отмечается тенденция глубокой переработки мяса птицы. Это обусловлено, прежде всего, изменением спроса со стороны потребителя на продукты из мяса птицы и его стремлением купить продукт с минимальным количеством отходов, каким является бескостное мясо.

В настоящее время в птицеперерабатывающей промышленности разных стран, в том числе и в Республике Беларусь, для разделения мясокостного сырья птицы широко используется процесс механической сепарации, который заключается в размельчении исходного сырья и последующем отделении кости, соединительной ткани и сухожилий путем пропускания размельченного сырья через «сито» под высоким давлением.

Несмотря на существование устройств различных типов, процесс отделения мяса от кости не является совершенным, кроме того, имеют место высокие энергозатраты на выработку продукции и металлоемкость оборудования.

**Основная часть**

**Анализ конструктивных особенностей установок для разделения мясокостного сырья птицы и разработка классификации**

На современных предприятиях для разделения мясокостного сырья используется разное оборудование,

которое по принципу действия можно разделить на два типа, принципиально отличающихся друг от друга:

- установки периодического действия (гидравлические);
- установки непрерывного действия (шнековые и с гибкой эластичной лентой).

Устройства для механической обвалки тушек и частей тушек по типу обвалочного устройства разделяют на поршневые (отделение мяса от костей производится при сжатии в камере постоянного объема под давлением до 35 МПа), шнековые (разделение происходит при сдавливании мясокостной фракции между шнеком и корпусом, который называют сепарирующей втулкой или сепаратором) и установки с гибкой эластичной лентой (в пространстве между лентой и барабаном на сырье воздействует определенное давление, при этом мягкие части проникают через отверстия барабана в его внутреннюю полость) [1].

Выделяют два типа устройств по направлению движения продукта. В первом из них мясная фракция продавливается через ячейки перфорированного барабана с его внешней стороны, при этом костные ткани задерживаются и остаются вне барабана. В устройствах другого типа мясная фракция продавливается изнутри перфорированной втулки, а костная часть остается внутри этой втулки [2].

По принципу подготовки сырья для измельчения разделяют установки с дробилкой и без дробилки, назначение которых – измельчить сырье на части за-