

УДК 631.363

**Сергеев Николай Степанович**, докт. техн. наук, профессор,  
профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка,  
и механизация и технология животноводства», ФГБОУ ВО  
Южно-Уральский государственный аграрный университет

**Бычкова Наталья Владимировна**, магистрант кафедры  
«Эксплуатация машинно-тракторного парка, и механизация  
и технология животноводства», ФГБОУ ВО Южно-Уральский  
государственный аграрный университет

## **ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ОТХОДОВ МАКАРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация:** В данной статье представлена конструкция измельчителя отходов некондиционного брака макаронного производства.

**Ключевые слова:** измельчение, технологический процесс, короткорезанные макаронные изделия, конструкционные параметры, физико-механические свойства, центробежно-роторные аппараты.

**Актуальность темы.** Проблема измельчения различных материалов приобретает все большую актуальность в связи с высокой энергоемкостью оборудования и отсутствием эффективных машин. Затраты энергии на измельчение материала является сложной функцией многих переменных величин, таких как физико-механических свойств измельчаемого материала, технологических и конструкционных параметров рабочих органов измельчителей.

Рассматривая технологический процесс макаронного производства, следует отметить, что некондиционный производственный брак является нормой технологического процесса: он возникает при смене формата макаронных изделий, что составляет 30 минут производства, при производительности 4т/ч, это 2 тонны. Также отбраковываются некачественные партии производства в случаях, если случалась остановка линии из-за перебоев с энергоресурсами, либо некорректной подачей сырья, ошибок операторов и так далее. В таких случаях, брак направляется в бункер накопления, затем постепенно выгружается в мешки и направляется в секцию измельчения брака. Количество отходов для длиннорезанных макаронных изделий всегда предусмотрено, так как срезаются дужки и кончики, брак всегда составляет около 8%. Для длиннорезанных макаронных изделий, формат типа спагетти, допускается не более 5% перемолотого брака в качестве добавки к основному сырью – крупке или муке, превышение данного количества ведет к разрыву продукта либо его поломке на этапе сушки. На короткорезанных изделиях при добавлении измельченного брака видны белые точки, такой продукт может развариваться или терять форму при варке, либо трескаться в бункере накопления готовой продукции, что приводит к ещё большему количеству брака. Для макаронных изделий высокого качества использование перемолотого брака не допускается.

Брак макаронных изделий имеет ряд назначений, помимо возврата в производственный цикл, может быть направлен на зоотехнические нужды в качестве ингредиента для приготовления кормов сельскохозяйственным животным, например, для свиней [1, 2,3].

В связи со сказанным, исключительно большую актуальность приобретают вопросы обобщения имеющихся исследований и продолжения конструкторско-технологических разработок по измельчению фуражного зерна, стебельных кормов и т.п. в центробежно-роторных аппаратах.

Поэтому нами предлагается экспериментально-опытный образец измельчителя центробежно-роторно-ножевого типа, в котором, благодаря применению двух ступеней измельчения: первой – ножа с противорежущей пластиной (кольцом) для предварительного



измельчения и второй – двух соосно расположенных между собой дисков, с размещенными на них чередующимися кольцевыми выступами, в которых радиально выполнены сквозные пазы (какалы). Один диск является ротором, другой, статором [4, 5].

Измельчитель (рисунок 1,2,3) состоит из корпуса с камерой измельчения 1, внутри которой горизонтально и соосно расположены два диска 2, 3 и нож 4 с противорезущей пластиной (кольцом) 5. На рабочих дисках 2 и 3 выполнены кольцевые выступы 6. Нижний диск-ротор 3 закреплен на валу 7 вместе с ножом 4. Верхний диск 2 выполнен заодно с крышкой камеры измельчения. Кольцевые выступы 6 закреплены на дисках 2 и 3 при помощи болтов (винтов) 8. Выступы верхнего диска 6 расположены между выступами нижнего диска-ротора. Рёбра сквозных пазов кольцевых выступов являются режущими элементами. Кольцевые выступы 6 в радиальном сечении имеют форму равнобокой трапеции, меньшее основание которых обращено к противоположному диску.

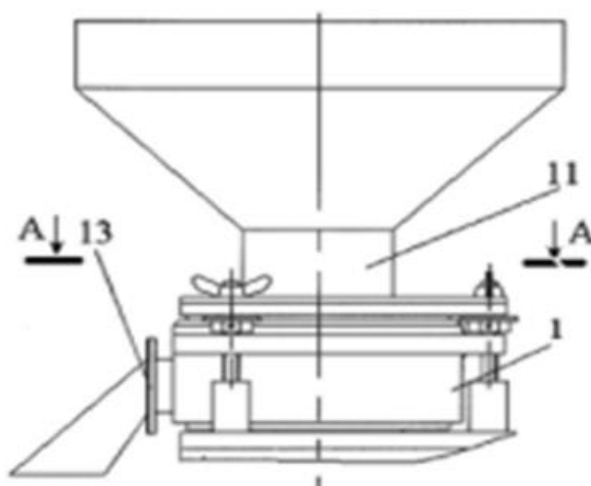


Рисунок 1 – Схема внешнего вида 2-х ступенчатого измельчителя:  
11 – бункер-дозатор; 13 – выпускная горловина готового продукта

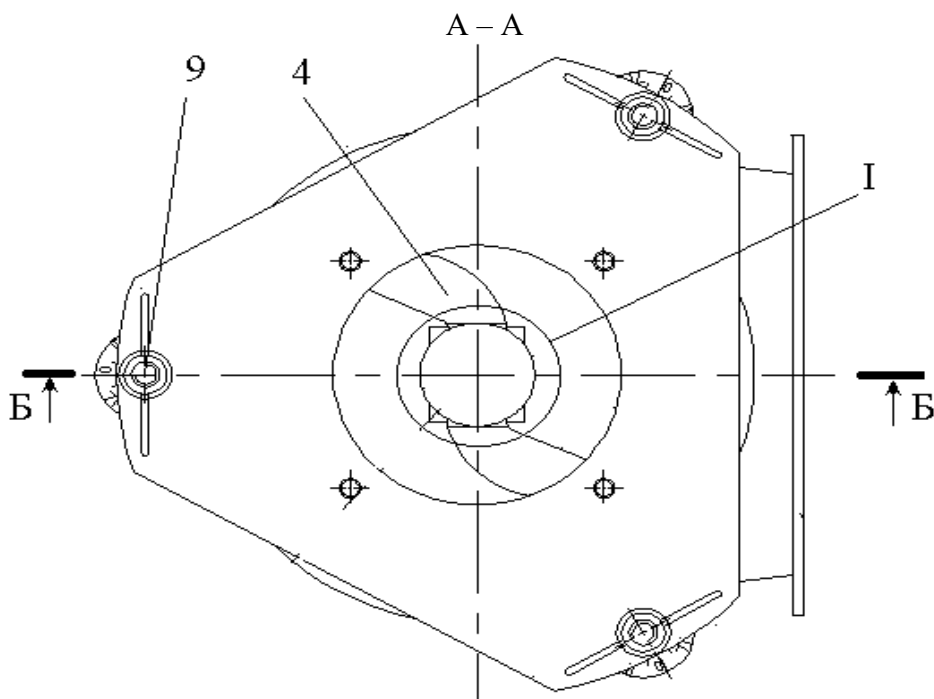


Рисунок 2 – Схема измельчителя (вид А-А):  
1 – Полость камеры измельчения первой ступени; 4 – нож;  
9 – регулировочный винт

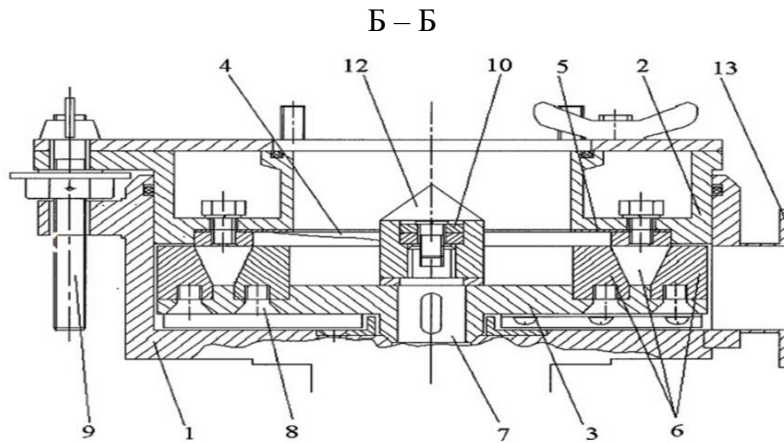


Рисунок 3 – Камера измельчения в разрезе (вид Б-Б):

- 2 – диск- статор (крышка камеры); 3 – диск-ротор; 4 – нож;  
 5 – противорежущая пластина – кольцо; 6 – кольцевые выступы на дисках;  
 7 – вал; 8 – болты (винты); 9 регулировочный винт; 10 – прокладка;  
 12 – конус; 13 – выгрузная горловина

Производительность измельчителя будет зависеть от пропускной способности первой и второй ступеней измельчения ( $Q_1$  и  $Q_2$ ). Для обеспечения бесперебойной работы измельчителя с получением требуемого качества готового продукта и устранения забивания второй ступени измельчения необходимо, чтобы производительность второй ступени  $Q_2$  была больше или равна производительности первой ступени  $Q_1$  т.е.  $Q_2 \geq Q_1$  [6].

Производительность первой ступени измельчения определяется по формуле:

$$Q_1 = 3.6 \cdot F_{\text{СЛ}} \cdot z_1 \cdot \rho \cdot n_c \cdot l \cdot K_k, \text{ т/ч} \quad (1)$$

где  $F_{\text{СЛ}}$  – площадь поперечного сечения слоя материала, поступающая к лезвию ножа,  $\text{м}^2$ ;

$z_1$  – количество ножей, шт.;

$\rho$  – объемная масса материала,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$n_c$  – частота вращения,  $\text{с}^{-1}$ ;

$l$  – длина резки материала, м;

$K_k$  – конструктивно-технологический коэффициент.

Площадь поперечного сечения слоя материала

$$F_{\text{СЛ}} = \pi D^2 / 4, \text{ м}^2, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр входной горловины, м.

Производительность второй ступени измельчения зависит от максимальной пропускной способности первого кольцевого ряда, имеющего радиальные сквозные пазы (каналы) [2]:

$$Q_2 = \frac{3600 z' h' b K \rho_0}{T z}, \text{ т/ч} \quad (3)$$

где  $z'$  – ширина паза (канала), м;

$h'$  – высота паза, м;

$b$  – длина отсекаемой части измельчаемого материала, м;

$K$  – количество сквозных радиальных пазов, шт.;

$\rho_0$  – объемная масса материала,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$z$  – количество режущих элементов, шт.;

$T$  – время, затраченное между началом контакта измельчаемого материала с предыдущим и последующим режущими элементами смежных кольцевых выступов, с;

Максимальная производительность каждого последующего кольцевого ряда рабочих органов второй ступени измельчения, должна быть не меньше предыдущего, т.е.  $Q_{2i} \geq Q_{2i-1}$ ,  $i$  – порядковый номер кольцевого ряда.

Время между началом контактов измельчаемого материала с предыдущим и последующим режущими элементами (Т):

$$T = t + t_1, \text{ с} \quad (4)$$

С изменением относительной окружной скорости изменяется и время неподвижности измельчаемого материала ( $t_1$ )

$$t_1 = \frac{c + a}{V}, \text{ с} \quad (5)$$

где  $c$  – поперечный размер измельчаемого материала, м;

$a$  – толщина режущего элемента;

$V$  – относительная окружная скорость, м/с.

Время движения материала по радиальным сквозным пазам ротора-диска между окончанием предыдущего и началом последующего контакта измельчаемого материала с режущим элементом:

$$t = \frac{1}{\omega_1} \ln\left(\frac{R + b + \sqrt{(R + b)^2 - R^2}}{R}\right) f \quad (6)$$

где  $f$  – коэффициент трения измельчаемого материала по металлу;

$\omega_1$  – угловая скорость ротора – диска, с<sup>-1</sup>,

$b$  – длина отсекаемой части материала, м;

$R$  – наружный радиус первого кольцевого ряда рабочих органов, м.

Относительная окружная скорость ротора – диска:

$$V = \omega R, \text{ м/с} \quad (7)$$

Количество режущих элементов ( $z$ ) зависит от размера измельчаемого материала ( $c$ ), толщины режущих элементов ( $a$ ), относительной окружной скорости ротора – диска ( $V$ ) и от времени движения материала по каналу сквозного паза между окончанием предыдущего и началом последующего контакта с режущим элементом ( $t$ ):

$$z = \frac{2\pi R}{Vt + (a + c)}, \text{ шт.}; \quad (8)$$

Количество сквозных радиальных пазов (каналов) на первом кольцевом ряду будет равно:

$$K = \frac{\pi D_1}{z' + a'}, \text{ шт.}; \quad (9)$$

Где  $z'$  – ширина сквозного радиального паза (канала) выбирается с учетом геометрических размеров исходного материала, м;

$a'$  – толщина стенки между пазами, м;

$D_1$  – внутренний диаметр первого кольцевого ряда, м.

Таким образом обоснованы основные конструктивно-технологические параметры двухступенчатого центробежно-роторно-ножевого измельчителя стебельных кормов и некондиционных отходов макаронного производства.

### Список литературы:

1. Г.А. Осипова Технология макаронного производства Рекомендовано редакционно-издательским советом ОрелГТУ в качестве учебного пособия для вузов. Г.А. Осипова. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 152 с.
2. Корячкина, С.Я. Макароны изделия: способы повышения качества и пищевой ценности/С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова. – Орел: Труд, 2006.–276 с.
3. Буров, Л.А. Технологическое оборудование макаронных фабрик / Л.А. Буров, Г.М. Медведев. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 248 с.



4. Патент РФ 2293606. Заявл. 11.09.2006; Оpubл. 20.02.2007. Бюл. № 5. Измельчитель центробежно-роторно-ножевого типа. Сергеев Н.С., Коньшин А.П.
5. Патент РФ № 219744 Заявл. 02.03.2023 Оpubл. 02.08.2023. Бюл. № 22. Измельчитель центробежно-роторно-ножевого типа. Сергеев Н.С., Латыпова Н.В.
6. Сергеев Н.С. Разработка и обоснование основных параметров измельчителя фуражного зерна центробежно-роторного типа: Дисс... канд. техн. наук. Челябинск, 1989 г. 170 с.

