

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРЕСС-ЭКСТРУДЕРА С КОНИЧЕСКИМ НАПРАВИТЕЛЕМ

**Новиков Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»

ФГБОУ ВПО "Самарская ГСХА"

446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная. 8а; тел.: 8(84663) 46-3-46, e-mail: grecov\_as@mail.ru.

**Курдюмов Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и энергетика»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец 1; e-mail: vik@ugsha.ru

**Ключевые слова:** производительность, подача, конический направитель, шнек.

В настоящее время большое внимание уделяется переработке мясорыбных отходов в смеси с зерновым сырьем на пресс-экструдерах. Основным условием качественного выполнения технологического процесса является согласование производительности различных зон пресс-экструдера. В статье представлена схема экструдера для приготовления кормовой массы. Математическим путем определена производительность экструдера с коническим направителем.

### Введение

Прогрессивными технологическими процессами в комбикормовом производстве являются гранулирование, экструдирование, экспандирование комбикормов и их компонентов, обеспечивающие высокую сохранность кормов и повышенную продуктивность животных [1]. Наиболее эффективными являются баротермические способы обработки зерна [2].

В настоящее время при производстве кормов особое место занимает экструзионная переработка мясо-рыбных отходов. Данная технология наилучшим образом решает задачи утилизации мясо-рыбных отходов и получения бактериально чистой кормовой добавки с высокой степенью усвояемости. Введение в зерновую смесь мясо-рыбных отходов позволяет дополнительно повысить эффективность использования кормов [3].

Известно, что при экструзионной переработке зерновой смеси её влажность не должна превышать 16 % [4, 5]. В связи с этим необходимо установить ограничение влажности мясо-рыбных отходов в смеси с растительным наполнителем для нормального протекания процесса экструзии.

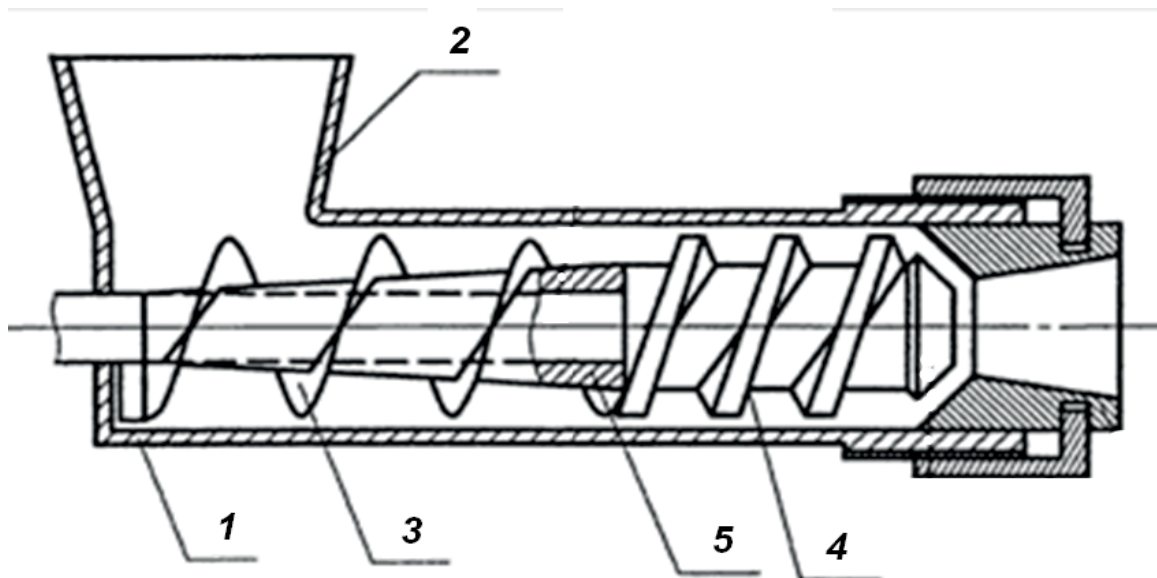
Используемые при экструзионной

переработке кормов пресс-экструдеры не всегда обеспечивают стабильность процесса, в частности, при переходе от этапа подачи сырья к этапу его прессования. Поэтому совершенствование узлов и агрегатов пресс-экструдера, позволяющее повысить производительность машины и за счет этого снизить энергоемкость экструдирования кормов, является важной и актуальной научно-технической задачей.

### Объекты и методы исследований

Одним из основных критериев работы экструдера является его производительность. С целью улучшения технологического процесса переработки рыбных отходов предлагается усовершенствование зоны подачи пресс-экструдера путем установки конусного направителя (рис. 1) [6].

Наличие в корпусе 1 между задним витком прессующего шнека 4 и задним витком подающего шнека 3 направителя 5, выполненного в виде конусной втулки, обращенной меньшим основанием в сторону подающего шнека 3, а большим основанием - в сторону прессующего шнека 4, снижает энергоемкость экструдирования за счет большей стабильности процесса подачи корма и предварительного его уплотнения.



**Рис. 1. – Пресс-экструдер для приготовления кормовой массы:**

1 – корпус; 2 – загрузочный бункер; 3 – подающий шнек; 4 – прессующий шнек; 5 – на-  
правитель

Особенности нарастания давления корма по конусной поверхности направителя 5 позволяют получать корм большей плотности, которая одинакова по сечению слоя корма, а также перемещать корм подающим шнеком 3 с наименьшим сопротивлением в зону прессующего шнека 4.

При всем разнообразии форм направителей (от цилиндрических до сферических) наиболее рациональным является направитель, выполненный в виде конуса, диаметр которого увеличивается в сторону движения экструдата. Данная форма направителя позволяет обеспечить такое сочетание процессов компрессии и демпфирования, при котором на выходе из направителя (на входе в зону прессования) получается более однородная и плотная масса, чем при других формах направителя. Эта реструктуризация смеси объясняется тем, что вследствие наличия трения между материалом направителя и экструдатом, и также с учетом вязкости и гетерогенности сырья фрагменты смеси будут иметь разные абсолютные скорости, испытывать на себе разные динамические воздействия и, следовательно, будут перемещаться относительно друг друга, вытесняя при этом влагу и воздух из межфрагментарных пространств. В резуль-

тате однородность и плотность экструдата будут неизбежно повышаться [4, 7, 8].

Для обеспечения стабильности процесса экструдирования кормовой массы целесообразно обеспечить плавный переход от этапа подачи к этапу прессования экструдата, в частности, с помощью конусного направителя [6].

Производительность зоны подачи, кг/ч, для цилиндрического направителя можно определить по выражению Обертышева А.И. [9]:

$$Q = 15\pi D^2 S n \psi k_v \rho_n, \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр кожуха шнека, м;  $S$  – шаг шнека, м;  $n$  – частота вращения шнека, мин.<sup>-1</sup>;  $\psi$  – коэффициент заполнения шнека;  $k_v$  – коэффициент скорости;  $\rho_n$  – насыпная плотность перемещаемого материала, кг/м<sup>3</sup>.

Анализ данного выражения показал, что все параметры в правой части являются константами для каждого конкретного случая. Однако для конического направителя коэффициент заполнения шнека не постоянен, он увеличивается по ходу продвижения материала. Это происходит, главным образом, за счет уменьшения объема межвиткового пространства. Следовательно, коэффициент заполнения  $\psi$  по мере увеличения

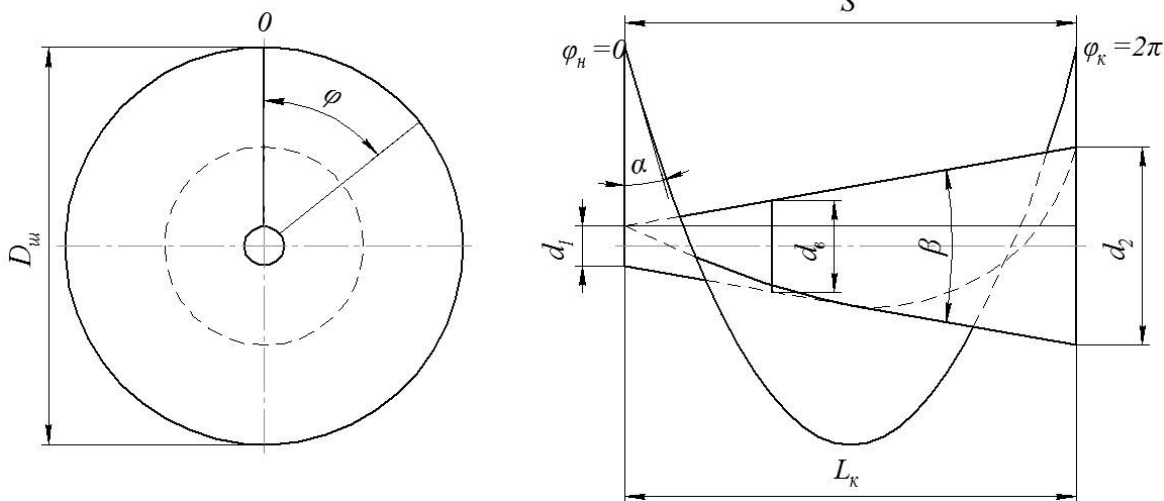


Рис. 2. – Схема конического шнекового направителя (обозначения в тексте)

угла поворота направителя будет увеличиваться на величину, зависящую от степени уменьшения объема.

При использовании конического направителя вместо цилиндрического коэффициент заполнения [10]

$$\psi = \frac{m}{V_k \rho}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса корма, находящегося в межвитковом пространстве, кг;  $V_k$  – объём межвиткового пространства,  $m^3$ ;  $\rho$  – плотность экструдированной смеси,  $kg/m^3$ .

Для того, чтобы использовать этот коэффициент в расчётах параметров экструдера с коническим направителем шнека, необходимо учесть особенности формирования объёма внутреннего пространства, обусловленные геометрией такого направителя. Отправной точкой в наших расчетах примем формулу для определения объёма внутреннего пространства  $V_k$  элементарного участка шнека с коническим валом [11]:

$$V_k = \frac{\pi B (D^2 - d_e^2)}{8 \sin \alpha} d\varphi, \quad (3)$$

где  $D$  – диаметр кожуха шнека, м;  $d_e$  – текущий диаметр точки контакта конуса с серединой межвиткового пространства шнека, м;  $B$  – ширина винтового канала, м;  $\alpha$  – угол подъёма винтовой линии шнека, рад;  $d\varphi$  – элементарный угол, соответствующий элементарному участку длины кожуха, рад.

Следует подчеркнуть, что текущий диаметр  $d_e$  является функцией от угла  $j$  [11]:

$$d_e = f(\varphi), \quad (4)$$

где  $j$  – текущий угол, соответствующий точке контакта конуса с серединой межвиткового пространства шнека относительно начала конусной части, рад.

#### Результаты исследований

Для определения функции (4) рассмотрим схему конического шнекового направителя (рис. 2).

Для упрощения примем условие совпадения начала шнека с начальным углом  $\varphi_n = 0$ , а конец шнека – с конечным углом  $\varphi_k = 2\pi$  и окончанием конической части направителя  $S = L_k$ , где  $L_k$  – длина конического направителя, м. Таким образом, диапазон изменения угла  $j$  находится в пределах от 0 до  $2\pi$ , а диапазон изменения текущего диаметра –  $d_1 \leq d_e \leq d_2$ . Конструктивно фиксируя диаметр  $d_1$ , определим  $d_2$ :

$$d_2 = 2(S \cdot \operatorname{tg}(0,5\beta) + 0,5d_1), \quad (5)$$

где  $\beta$  – угол конуса, град.

Исходя из этого, определим текущий диаметр  $d_e$  (при текущем значении угла  $\varphi$ ) как часть от диаметра  $d_2$ :

$$d_6 = 2\left(S \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right) + \frac{d_1}{2}\right) \cdot \frac{\varphi}{2\pi} = \left(S \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right) + \frac{d_1}{2}\right) \cdot \frac{\varphi}{\pi}. \quad (6)$$

Таким образом,

$$V_k = \int \frac{\pi B \left( D^2 - \left( S \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right) + \frac{d_1}{2} \right) \cdot \frac{\varphi}{\pi} \right)^2}{8 \sin \alpha} d\varphi. \quad (7)$$

Интегрируя в пределах  $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ , а также с учётом  $\alpha = \operatorname{arctg}(S/D_w)$ , где  $D_w$  – диаметр шнека,  $m$ , получим:

$$V_k = \frac{\pi^2 B D_w \sqrt{\frac{S^2}{D_w^2} + 1} \cdot \left[ 4S^2 \operatorname{tg}^2\left(\frac{\beta}{2}\right) - 3D^2 + 4Sd_1 \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right) + d_1^2 \right]}{12S}. \quad (8)$$

В случае, если выбран произвольный шаг шнека, не совпадающий с концом конического направителя, т.е.  $S \neq L_k$ , угол  $j$  будет изменяться в пределах от 0 до  $2\pi L_k/S$ . Интегрируя в этих пределах, получим:

$$V_k = \frac{\pi^2 B D_w L_k \sqrt{\frac{S^2}{D_w^2} + 1} \cdot \left[ 4L_k^2 S^2 \operatorname{tg}^2\left(\frac{\beta}{2}\right) - 3D^2 S^2 + 4L_k^2 S d_1 \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right) + L_k^2 d_1^2 \right]}{12S^4}. \quad (9)$$

Таким образом, коэффициент заполнения межвиткового пространства шнека с коническим направителем может быть вычислен по следующей формуле:

$$\psi_k = \frac{12mS^4}{\rho \pi^2 B D_w L_k \sqrt{\frac{S^2}{D_w^2} + 1} \cdot \left[ 4L_k^2 S^2 \operatorname{tg}^2\left(\frac{\beta}{2}\right) - 3D^2 S^2 + 4L_k^2 S d_1 \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right) + L_k^2 d_1^2 \right]}. \quad (10)$$

Тогда производительность пресс-экструдера с коническим направителем

$$Q = \frac{180D^2 S^5 m k_v n}{\pi B D_w L_k \sqrt{\frac{S^2}{D_w^2} + 1} \cdot \left[ 4L_k^2 S^2 \operatorname{tg}^2\left(\frac{\beta}{2}\right) - 3D^2 S^2 + 4L_k^2 S d_1 \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right) + L_k^2 d_1^2 \right]}. \quad (11)$$

Последнее выражение учитывает основные конструктивные параметры и режимы работы пресс-экструдера с коническим направителем.

### Выводы

Таким образом, выражение (11) позволяет рассчитать производительность

оснащенного коническим направителем пресс-экструдера для приготовления кормовой массы с учётом его конструктивных параметров и режимов работы. Используя это выражение, также можно при заданной производительности пресс-экструдера оптимизировать его конструктивно-кинематические параметры или, варьируя ими и определив их рациональные значения, добиться максимальной производительности машины в целом.

### Библиографический список

1. Корма из отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ст.: [http://bio174.usoz.com/index/korma\\_iz\\_otkhodov/0-7](http://bio174.usoz.com/index/korma_iz_otkhodov/0-7), свободный.
2. Кадыров, Д.И. Экструзионная переработка биологических отходов в корма [Электронный ресурс] / Д.И. Кадыров, А. Гарзанов. – Режим доступа к ст.: <http://www.almaz-spb.com/news/21/>, свободный.
3. Кадыров, Д.И. Непищевые отходы – в доходы / Д.И. Кадыров // Мясная индустрия. – № 6. – 2011. – С. 66 – 69.
4. Дидык, Т.А. Повышение эффективности технологического процесса и обоснование параметров шнекового пресса для экструдирования зернового материала: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Т.А. Дидык. – Саратов, 2006. – 172 с.
5. Зубкова, Т.М. Повышение эффективности работы одношнекового экструдера для производства кормов на основе параметрического синтеза: дисс. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Т.М. Зубкова. – Оренбург, 2006. – 320 с.
6. Патент № 131948 РФ. Экструдер для приготовления кормовой массы / Новиков В.В., Коновалов В.В., Орсики И.Л., Мишанин А.Л., заявка № 2013112063/13, заявл. 18.03.2013.
7. Денисов, С.В. Повышение эффективности приготовления кормосмеси на основе стебельчатого корма и обоснование параметров пресс-экструдера: дисс. ... канд. техн. наук / С.В. Денисов. – Самара, 2006. – 142 с.
8. Харыбина, Н.А. Повышение эффек-

тивности процесса экструдирования зерна с обоснованием конструктивно-режимных параметров зоны подачи пресс-экструдера: дисс. ... канд. тех. наук / Н.А. Харьбина. – Уфа, 2011, – 167 с.

9. Обертышев, А.И. Исследование влияния загрузки и некоторых параметров загрузочных устройств на работу винтовых транспортёров сельскохозяйственного назначения: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / А.И. Обертышев. – Саратов, 1972. – 25 с.

10. Новиков, В.В. Исследование рабочего процесса и обоснование параметров пресс-экструдера для приготовления карбамидного концентрата: дисс. ... канд. техн. наук / В.В. Новиков. – Саратов: СИМСХ, 1981 – 157 с.

11. Коновалов В.В. Определение подачи цилиндрического шнекового пресса / В.В. Новиков, Д.В. Беляев, Л.В. Иноземцева // Нива Поволжья. – 2010. - № 2. – С. 51-57.

УДК 631:362.7

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ЭНЕРГОЗАТРАТЫ В ЗЕРНОСУШИЛКАХ КОНТАКТНОГО ТИПА

**Курдюмов Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и энергетика»

**Павлушин Андрей Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и энергетика»

**Карпенко Галина Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и энергетика»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1; тел.: 89050359200;

e-mail: [andrejpavlu@yandex.ru](mailto:andrejpavlu@yandex.ru).

**Ключевые слова:** сушка зерна, экспозиция сушки, контактный теплоподвод, удаление влаги из зерна.

Рассмотрены теоретические особенности контактного теплоподвода. Обоснован механизм распределения воздушных потоков в тепловой камере установок контактного типа для сушки зерна. Выявлены оптимальные значения параметров воздуха при сушке зерна в разработанных средствах механизации.

### Введение

Одним из наиболее необходимых и энергоёмких видов теплового воздействия на зерно в аграрном производстве является его послеуборочная сушка. В частности, только в России на этот процесс затрачивают более 700 тыс. т топлива [1]. При этом Правительством Российской Федерации принят ряд правовых актов, направленных на повышение энергоэффективности производства валового внутреннего продукта страны к 2020 г. не менее чем на 40 %.

Следовательно, научное обоснование,

разработка, апробация и внедрение в производство энергосберегающих зерносушилок является актуальной и важной научно-технической проблемой.

Решение указанной проблемы заключается в решении комплекса взаимосвязанных задач, к которым относят исследование и учёт свойств зерна, выбор способа подвода теплоты и обоснование оптимального, с точки зрения энергоэффективности и обеспечения требуемого качества готового продукта режима сушки, расчёты тепло-, влагопереноса и тепло-, влагообмена, обоснование конструкций