



# МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭНЕРГЕТИКА

В.А. Шаршунов, член-корреспондент ААН РБ, доктор технических наук

А.В. Червяков, кандидат технических наук

А.А. Радченко, С.В. Курзенков, аспиранты

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

УДК 631.363

## Обоснование конструктивных параметров питателя для термовструдера зернового сырья

*Проанализированы существующие технологии углубленной обработки зерна при производстве комбикормов. Рассмотрены технологии, позволяющие значительно улучшить питательные свойства зерна и осуществить инактивацию антипитательных веществ. Предложена конструкция питающего устройства и методика расчета его основных параметров, правильный выбор которых позволит обеспечить качественную обработку материала в потоке теплоносителя.*

Комбикормовая промышленность играет решающую роль в обеспечении промышленного животноводства, птицеводства и рыбоводства полноценными кормами. Во всех развитых странах производство комбикормов является основой снабжения населения полноценными продуктами этих отраслей сельскохозяйственного производства.

Сегодня комбикормовая промышленность стран СНГ и в частности Республики Беларусь переживает не лучшее свое время.

Сущность происходящего в комбикормовой промышленности сводится к следующему. Сформировался свободный рынок сырья и готовой продукции в виде полнорационных комбикормов, концентратов, добавок и премиксов. На рынке стран СНГ активно работают многие зарубежные фирмы со своей продукцией. Экономическое положение отечественных комбикормовых предприятий неустойчивое и, не имея в достаточном объеме оборотных средств, они не могут закупать в нужном количестве качественное сырье по мировым ценам. Производство же комбикормов на базе собственных кормоцехов птицефабрик, свиноводческих комплексов и ферм по выращиванию и откорму свиней и КРС, имеющих в распоряжении сельхозпредприятий всех форм собственности не отвечает требованиям конкурентоспособности и качеству производства готовой продукции, так как нельзя устранить все препятствия в обеспечении сырьем и соблюдении всех технологических приемов обработки в условиях дефицита средств. Отсюда стремление выработать дешевые комбикорма для обеспечения конкурентоспособности и сбыта своей продукции за счет упрощения технологического процесса, а иногда и рецептуры. Но это только на первых порах такая ситуация с низкой ценой будет устраивать потребителей, пока они не убедятся в низкой эффективности скармливания таких кормов.

*The existing techniques of a deepened treatment of have been grain during the process of mixed feed production. Technologies which allow to increase greatly nutritious qualities of grain and realize inactivation of antinutritious substances are studied. The design of feeding mechanism and methods of calculations of its main parameters are proposed. Their right choice gives the possibility to provide qualitative treatment of the material in the stream of heat transferor.*

Одним из выходов из сложившейся ситуации может стать разработка и применение новых высокоэффективных технологий обработки зерна, составляющего основу комбикормов и кормосмесей. Одной из них является термовструдирование фуражного зерна, особенно бобовых культур, таких как соя, люпин.

Термовструдирование — способ обработки зернового сырья, предполагающий кратковременное высокотемпературное воздействие на обрабатываемый продукт, в результате чего происходят глубокие биологические и структурные его изменения. В зависимости от вида обрабатываемого материала экспозиция обработки составляет 8-15 секунд при температуре 350-600 °С [1].

Многочисленными научными исследованиями и широкой производственной проверкой подтверждена эффективность применения этих технологий. Практика показывает, что за счет статических и динамических воздействий внешнего и внутреннего давлений на клеточном и молекулярном уровне на защитные мембраны, температуры, осмоса и других факторов в зерне наблюдается денатурация белка, инактивация антипитательных веществ, декстринизация крахмала, декструкция целлюлозо-лигниновых образований, практически полная стерилизация конечной продукции от микроорганизмов и бактерий, создание микропористой структуры в готовом продукте, наиболее благоприятной воздействию желудочного сока, а следовательно, усвоению питательных веществ организмом животных [2].

В таблице приведена сравнительная характеристика этих технологий.

Практика показывает, что при сравнительно небольших дополнительных затратах энергии и некотором усложнении технологического процесса обработки исходного сырья с установкой новых машин и оборудования может быть сэкономлено до 10-15% фуражного зерна. Следовательно, эффект от внедрения таких технологий значительно пре-

Таблица. Сравнительная характеристика новых технологий углубленной обработки зерна и зерносмесей

Технологии обработки	Обрабатываемые продукты	Удельная энергоёмкость процесса, кВт·ч/т	Степень декстринизации, %
Экструдирование	Зерно Зерносмесь	120-135	58-80
Экспандирование	Зерно Зерносмесь	до 40	35-40
Микронизация	Зерно	150-200	35-45,5
Термовструдирование	Зерно	70-90	35-70

вышает первичные затраты на их усложнения. Эта тенденция совершенствования технологий свойственна работе всех ведущих фирм, производящих комбикорм для животных, рыб и птицы в странах Европы и Америки.

Важнейшим элементом эффективной работы термовструдеров является обеспечение стабильности подачи зернового материала потоком требуемых параметров.

Качество получаемого продукта зависит от скорости нагрева и равномерности распределения зерна при движении в установке.

Поэтому при разработке конструкции установки принимали во внимание следующие моменты:

— при термообработке материала в потоке теплоносителя интенсивный нагрев происходит только в начальный период времени (2-3 сек.), когда относительная скорость максимальна. Дальше идет только ее поддержание;

— используемые питатели для пневмотранспортирования работают по принципу порционного дозирования и имеют высокую неравномерность подачи, а следовательно, материал в потоке теплоносителя будет обрабатываться неравномерно;

— порционное дозирование и интенсивная конденсация влаги на поверхности материала в процессе термообработки приводят к сбиванию его в комки и, как следствие, к уменьшению качества конечного продукта.

С целью устранения вышеуказанных недостатков существующих установок, работающих по принципу нагрева

материала в потоке теплоносителя, дополнительно устанавливаем питающее устройство, состоящее из узла загрузки и выравнивающей камеры, выполненной в виде аэрожелоба (рис.). В свою очередь, узел загрузки состоит из переходного патрубка 1, верхней камеры 2, нижней камеры 3, регулирующей заслонки 4, окна 5, бункера 6, шпозового питателя 7; выравнивающая камера — из транспортирующего канала 8, газораспределительной перегородки 9, направителей потока 10, расположенных в шахматном порядке снизу и сверху канала 8, воздухоподводящего канала 11.

Питающее устройство работает следующим образом: поток газа-теплоносителя с помощью воздуходувки через калорифер направляют в переходной патрубок 1, где он распределяется на два потока. Большая его часть через нижнюю камеру 3 и дальше через окно 5 направляется в воздухоподводящий канал, а меньшая поступает в верхнюю камеру 2, куда шпозовым питателем 7 из бункера 6 подается материал. Здесь материал подхватывается потоками воздуха и, равномерно распределяясь по ширине транспортирующего канала 8, начинает движение по нему. Теплоноситель, проходящий через газораспределительную перегородку 9, рассеивает материал по сечению канала 8, обеспечивая тем самым равномерное его распределение и предотвращая сбивание его в комья. При дальнейшем своем движении материал активно перемешивается за счет направителей потока 10. Затем материал поступает на дальнейшую обработку равномерным, рассеянным потоком. При этом более тяжелые фракции материала подвергаются более тщательной обработке, чем легкие, что гарантирует равномерную его обработку. В данном устройстве предусматривается переход от одного вида материала к другому. Переход осуществляется с помощью регулировочной заслонки 4 изменением количества подаваемого теплоносителя.

Ниже предлагается расчет основных параметров питающего устройства.

Исходными данными для расчета являются производительность устройства для перемещения зерна  $G_0$ , длина транспортирующего канала  $L$  и характеристика перемещаемого материала и газа-теплоносителя: максимальный эквивалентный диаметр зерновок  $d_0$ , насыпная плотность  $\rho_n$ , плотность  $\rho_m$ , порозность  $\epsilon$ , коэффициент трения зерна о стенки транспортирующего канала  $f$ , влажность материала  $W$ ,  $\rho_b$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости воздуха.

Ширину канала  $B$  (рис.) установки (или воздухо-распределительной перегородки) выбирают по удельной производительности

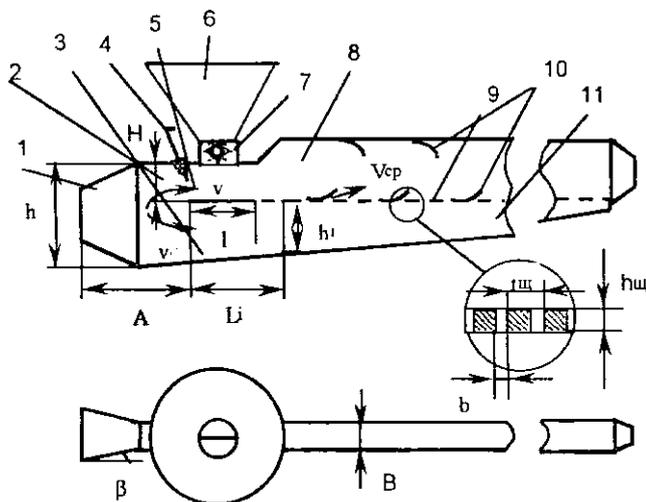


Рис. Схема питающего устройства

$$V = \frac{G_0}{q_{уд}}, \quad (1)$$

где  $q_{уд}$  — удельная производительность, т/(ч·м).

По результатам наших исследований  $q_{уд} = 0,15 \dots 0,17$  т/(ч·м). При этом рекомендуемая длина канала 2-3 м, взята из условия обеспечения нужной для нагрева материала выдержки 2-3 с, при полном давлении на входе в воздухоподводящий канал  $H = 1200 \dots 1400$  Па.

Размеры входного окна воздухораспределительного канала могут быть рассчитаны на основе известного уравнения Дарси для определения потерь скоростных давлений в переходном патрубке от выхлопной коробки вентилятора к входному отверстию воздухораспределительного канала по формуле

$$h = \frac{U}{2} - B, \quad (2)$$

где  $U$  — периметр выхлопной коробки вентилятора, м;  
 $B$  — ширина воздухоподводящего канала, м.

Поскольку для уменьшения затрат энергии на нагрев материала необходимо перемещать слой зерна с минимально допустимой средней скоростью  $v_{cp}$ , не допуская его завала, то для определения средней скорости можно воспользоваться формулой [3]

$$v_{cp} = 5,6 \cdot D^{0,34} \cdot d_p^{0,36} \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_r}\right)^{0,5} \cdot \mu_p^{0,25}, \quad (3)$$

где  $D$  — диаметр трубопровода, м;

$d_p$  — эквивалентный радиус частиц, м;

$\gamma_r$  — удельный вес газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_m$  — удельный вес материала, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_p$  — расходная концентрация материала.

Выбор клиновидной формы выравнивающего канала питающего устройства определен исходя из обеспечения равномерности распределения воздушного потока по длине и ширине транспортирующего и воздухораспределительного каналов.

На основании уравнения баланса расхода воздушного потока вдоль транспортного канала выявляется зависимость текущего размера  $h_i$  канала по его высоте от скорости воздушного потока, выходящего из отверстий,  $v_{cp}$  и скорости  $v$  воздушного потока, выходящего из выхлопной коробки воздуходувки:

$$h_i = h - \frac{L_i \cdot h_m \cdot v_{cp}}{t \cdot v}, \quad (4)$$

где  $L_i$  — текущий размер длины воздухораспределительного канала, м;

$h_m$  — высота отверстия в газораспределительной перегородке, м;

$t$  — шаг между отверстиями в перегородке, м.

Согласно предложенной методике расчета потерь давления при сужении потока в переходном патрубке по И.Е.Идельчику [4], в частном случае, если допустить, что объем соединительного патрубка достаточно большой, а коэффициент потерь местного сопротивления  $\xi$  в сужающей части  $\xi \rightarrow 1$ , то длина патрубка

$$A = \frac{h}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta}, \quad (5)$$

где  $A$  — длина патрубка, м;

$\beta$  — угол сужения боковин патрубка.

Для того чтобы при частично или полностью оголившейся рабочей поверхности перегородки, разделяющей верхнюю 2 и нижнюю 3 камеры, питающее устройство не снижало подачу материала, необходимо гидравлическое сопротивление газовому потоку в верхней камере сделать как можно меньше. А с целью снижения пыления материала или исключения резкого увеличения его начальной скорости необходимо изменить заслонкой 4 количество дополнительно вводимого воздуха из камеры 2 через окно 5 в начальную часть транспортирующего канала 8.

Шаг щелей (рис.) вычисляют по формуле  $t_{щ} = b/k_{жс}$ , где  $b$  — ширина щели — выбирается из условия  $b < b_{min}$  ( $b_{min}$  — минимальный размер перемещаемого зерна);  $k_{жс} = 0,05 \dots 0,07$ .

Необходимое условие, обеспечивающее сдвиг материала от передней стенки устройства, наблюдается, когда напор газа в камере 2 равен потере давления оголившейся части перегородки. Поэтому высоту верхней камеры находим исходя из соотношения

$$H = \frac{b^3 \cdot l \cdot B}{n \cdot t_{щ}^2 \cdot k_{жс}^2 \cdot B - b^3 \cdot l}. \quad (6)$$

Количество воздуха находят по скорости фильтрации и  $H$ :

$$Q = \left(1 + \frac{H}{h}\right) \cdot \omega_{\phi} \cdot B \cdot L. \quad (7)$$

Скорость фильтрации  $\omega_{\phi}$  вычисляют следующим образом. Сначала находят значение критерия Архимеда [5]

$$A_r = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_m - \rho_r)}{\nu \cdot \rho_r}, \quad (8)$$

где  $d = 0,75 d_{жс}$  [5];  $g$  — ускорение свободного падения. Затем находят значение критерия Рейнольдса [5]

$$Re = \frac{A_r}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{A_r}} \quad (9)$$

и далее критическую скорость начала псевдооживления  $\omega_{cp} = (Re \cdot \nu) / d_{жс}$  и скорость фильтрации  $\omega_{\phi} = (2,2 \dots 3,0) \omega_{cp}$ .

В статье предложена конструкция питающего устройства и методика расчета его основных параметров, правильный выбор которых позволит обеспечить качественную обработку материала в потоке теплоносителя.

### Литература

1. Шаршунов В.А. и др. Направление совершенствования технологии обработки зерна при производстве комбикормов. // Материалы Общего собрания Академии аграрных наук Республики Беларусь. — Минск, 1999. — С. 51-60.
2. Черняев Н.П. Производство комбикормов. — Москва: Агропромиздат, 1989. — 224 с.
3. Соловьев М.И. Горизонтальные пневмотрубы для сушки и нагрева зернистых материалов. Промышленность Белоруссии. — № 7, 1964. — С. 23
4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — Москва: Госэнергоиздат, 1960. — С. 51-54
5. Федик В.В. Исследование процесса транспортирования полидисперсных продуктов в псевдооживленном состоянии. Дис. канд. техн. наук. — Москва, 1968. — С. 78