

механизации животноводства и пчеловодства: Сборник научных трудов Рязанской ГСХА. – Рязань, 2003, с. 10 – 13.

Optimisation of the blade inclination angle of the feed mixer knife

Kurdyumov V.I.,

FSBEA HE «Ulyanovsk state agricultural university of P. A. Stolypin »

Keywords: knife, blade, destructive element, chopper-mixer, tilt angle.

Abstract. The results of studies have shown that one of the ways to reduce the energy consumption of animal feed grinding is to optimize the parameters of the destructive element, working on the principle of (shock) cutting. Ensuring the correct angle of inclination of the blade of the transverse knife of the destructive element ($\approx 30^\circ$) allows not only to reduce energy costs for grinding, but also to ensure the required quality of the finished product.

УДК 631.243.33

ОБОСНОВАНИЕ ТЕПЛО-, МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ КОНТАКТНОЙ СУШКИ

Курдюмов В. И.,

доктор технических наук, профессор;

Павлушин А. А.,

доктор технических наук, доцент;

Сулягин С. А.,

кандидат технических наук, доцент;

Карпенко Г. В.,

кандидат технических наук, доцент;

Ерохин Д. П.,

магистрант

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 89050359200, andrejpavlu@yandex.ru

Ключевые слова: влагообмен, перенос теплоты, контактный нагрев.

Аннотация. Рассмотрены основные тепло-, массообменные процессы, протекающие при контактном способе подвода теплоты к зерну. Выявлено, что основной движущей силой процесса удаления влаги из зерна является градиент влаги. При этом обосновано, что локальная скорость изменения объемной концентрации энтальпии системы равна дивергенции от удельного потока энтальпии.

Введение. Рассмотрим перенос теплоты и влаги связанного вещества в дисперсной среде при наличии фазовых превращений. Дисперсная среда или система капиллярно-пористых тел содержит вещество в парообразном (индекс 1), жидком (2) и твердом (3) состояниях (трехфазная система связанного вещества). Индекс 0 обозначает дисперсную среду, лишенную связанного вещества (скелет дисперсной среды) [1, 2].

Объемная концентрация ω связанного вещества равна произведению удельного массосодержания на плотность среды γ_0 , т.е.

$$\omega = u \gamma_0; \quad u = \sum_{k=1}^3 u_k.$$

При этом локальное изменение связанного вещества в любой фазе может происходить за счет фазового превращения du_{kr} и в результате переноса du_{kf} :

$$du_k = \sum_r du_{kr} + du_{kf}.$$

При этом имеет место равенство (1), отображающее закон сохранения вещества при переходе его из фазы k в фазу r и обратно:

$$du_{kr} = - du_{rk}. \quad (1)$$

Материалы и методы исследования. Используя дифференциальные уравнения переноса вещества, будем иметь:

$$\gamma_0 \frac{\partial u_k}{\partial \tau} = -\nabla \cdot j_{mk} + \sum_r W_{rk},$$

$$\gamma_0 \frac{\partial u}{\partial \tau} = -\nabla \cdot \sum_{k=1}^3 j_{mk},$$

где W_{rk} - удельная мощность источника связанного вещества фазы k (превращение вещества из фазы r в фазу k) [3]:

$$W_{rk} = \gamma_0 \frac{\partial u_{rk}}{\partial \tau}.$$

Дифференциальное уравнение переноса тепла при изобарном сопряжении системы с окружающей средой можно получить из уравнения переноса энтальпии. Локальная скорость изменения объемной концентрации энтальпии γh системы (дисперсная среда и связанное с нею вещество в трехфазном состоянии) равна дивергенции от удельного потока энтальпии. Последний равен сумме удельного потока тепла и произведению удельной энтальпии на удельный поток вещества:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} \left(\gamma_0 h_0 + \sum_{k=1}^3 \gamma_0 h_k u_k \right) = -\nabla \cdot \left(j_q + \sum_{k=1}^3 h_k j_{mk} \right).$$

Обозначим удельную изобарную теплоемкость через c_k , а приведенную удельную теплоемкость через c :

$$c_k = \frac{dh_k}{dt}; \quad c_0 = \frac{dh_0}{dt},$$

$$c = c_0 + \sum_{k=1}^3 c_k u_k.$$

Тогда из уравнения переноса энтальпии получаем уравнение переноса теплоты при контактной сушке [4]:

$$c \gamma_0 \frac{\partial t}{\partial \tau} = -\nabla \cdot j_q + \sum_{k=1}^3 \sum_{r=1}^3 h_k W_{kr}.$$

Представляет интерес рассмотреть частный случай двухфазного состояния ($k = 1, 2$) связанного вещества (жидкость и пар), соответствующего области положительных температур по шкале Цельсия. В этом случае уравнение переноса тепла примет вид:

$$c\gamma_0 \frac{\partial t}{\partial \tau} = - \nabla \cdot j_q + \rho W, \quad (2)$$

где ρ - удельная теплота испарения, равная разности энтальпий;

W - источник или сток жидкости.

Если перенос жидкости и пара происходит под действием капиллярных и гидродинамических сил (молярный перенос массы вещества с линейной скоростью ω_k), то в правой части уравнения (2) надо написать дополнительный член, равный [5]:

$$- \sum_{k=1}^2 c_k \gamma_k \omega_k \nabla t.$$

При выводе уравнения (2) нами было использовано соотношение

$$h_1 W_{12} + h_2 W_{21} = (h_1 - h_2) W_{12} = \rho W.$$

Последнее соотношение справедливо в том случае, когда имеет место термодинамическое равновесие пара и жидкости в капиллярах и порах дисперсной среды, что соответствует действительному процессу тепло- и массообмена при медленном движении жидкости и пара.

Дифференциальное уравнение переноса вещества можно написать так:

$$\gamma_0 \frac{\partial u_1}{\partial \tau} = - \nabla \cdot j_1 + W_{21},$$

$$\gamma_0 \frac{\partial u_2}{\partial \tau} = - \nabla \cdot j_2 + W_{12},$$

$$\gamma_0 \frac{\partial u}{\partial \tau} = - \nabla \cdot (j_1 + j_2),$$

При этом надо иметь в виду, что при обычных условиях (давление пара и газа близко к барометрическому) удельное массосодержание пара u_1 в капиллярах зерновки мало по сравнению с массосодержанием жидкости u_2 . Поэтому при массосодержании u_2 отличном от нуля ($u_2 > 0$), можно приближенно считать общее массосодержание u связанного вещества в дисперсной среде равным массосодержанию жидкости ($u \approx u_2$).

Для процесса контактной сушки зерна источник или сток W жидкости может быть выражен через локальную скорость изменения влагосодержания зерновки - при помощи критерия фазового превращения по соотношению:

$$W = \varepsilon \frac{\partial u}{\partial \tau} \gamma_0.$$

Это обусловлено тем обстоятельством, что пар и жидкость не поступают в пористое тело от внешних источников.

Заключение. Таким образом, для того чтобы система дифференциальных уравнений переноса имела законченный вид, необходимо удельные потоки тепла j_q и вещества j_k выразить через термодинамические движущие силы. Последние можно сделать на основе современных представлений о молекулярном переносе энергии и вещества методами термодинамики необратимых процессов.

Библиографический список

1. Курдюмов В.И. Особенности тепловой обработки зерна в установках контактного типа / В.И. Курдюмов, Г.В. Карпенко, А.А. Павлушин // Международный сельскохозяйственный журнал. 2010. - № 5. - С. 50-53.
2. Курдюмов В.И. Тепловая обработка зерна при подготовке комбикорма для поросят / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2012. - № 3. - С. 102-107.
3. Курдюмов В.И. Особенности тепловой обработки пищевых продуктов в установках контактного типа / В.И. Курдюмов, Г.В., Карпенко, А.А. Павлушин, С.А. Сутягин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2011. - Т. 322. - № 4. - С. 90-92.
4. Курдюмов В.И. Теоретические и экспериментальные аспекты контактного способа передачи теплоты при сушке зерна / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 3. - С. 106-110.

5. Лыков А.В. Теория сушки. - М.: Энергия, 1968. – 425 с.

The rationale of heat and mass transfer processes contact drying

Kurdyumov V. I.; Pavlushin A. A.; Sutyagin S. A.; Karpenko G. V.;

Erokhin D. P.

Key words: moisture exchange, heat transfer, contact heating.

Abstract. The main heat and mass transfer processes occurring in the contact method of heat supply to the grain are considered. It is revealed that the main driving force of the process of removing moisture from the grain is the moisture gradient. It is proved that the local rate of change in the volume enthalpy concentration of the system is equal to the divergence of the specific enthalpy flow.

УДК 631.243.33

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗЕРНОСУШИЛОК

Курдюмов В. И.,

доктор технических наук, профессор;

Павлушин А. А.,

доктор технических наук, доцент;

Сутягин С. А.,

кандидат технических наук, доцент;

Карпенко Г. В.,

кандидат технических наук, доцент;

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 89050359200, andrejpavlu@yandex.ru

Ключевые слова: критерии подобия, контактная зерносушилка, моделирование процесса сушки зерна.

Аннотация. Выявлено, что переходом на новый этап в развитии экспериментально-аналитических методов расчета служит идея совмещения методов