

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

теории подобия и математического планирования эксперимента, т. е. получение уравнений регрессии в виде функциональной связи между обобщенными переменными. Этот подход в настоящее время получает все большее применение.

Введение. Переходом на новый этап в трансформации графоаналитических и экспериментальных способов обоснования основных параметров процесса удаления влаги из зерна, при контактном его нагреве стала идея использования теоретических аспектов методологии подобия.

Распределение безразмерных потенциалов переноса энергии и вещества, равно как скоростей их изменения, зависит от большой группы критериев подобия. На высокоинтенсивный тепло- и массообмен влияют критерии подобия, характеризующие молярный перенос (Bu, Lu_p). Перестройка механизма переноса, связанная с образованием молярного потока вещества и теплоты, по-новому начинает проявляться также на влиянии этой группы критериев. Так, критерии внутреннего тепло- и массообмена (Pr, Ko) не автомодельны более по отношению к полям некоторых потенциалов переноса [1, 2, 3].

Материалы и методы исследования. Критерии поверхностного тепло- и массообмена Bi_q и Bi_m сохраняют характер своего влияния на тепло- и массообмен, наблюдавшийся при молекулярном переносе. Малым значениям критериев Bi_o отвечают неразвитые поля потенциалов, перенос вещества и энергии осуществляется медленно. При значениях критериев Bi_o порядка одного или нескольких десятков в зерновке появляются большие градиенты температуры и массосодержания, в силу чего интенсифицируется перераспределение вещества и теплоты. Вместе с тем в материале образуются большие напряжения, создаются условия для его коробления, образования трещин и пор. Как и при молекулярном переносе, после установления квазирегулярного режима, т.е. начиная с $Fo \approx 0,7 \dots 1,0$, теплообменный критерий Bi_o начинает воздействовать только на термическую характеристику, тогда как массообменный критерий Bi_o влияет только на поле безразмерного массосодержания [4].

Совершенно очевидно, что критерии подобия наиболее полно могут быть использованы лишь при отсутствии возможности применить другие методы исчисления.

Поле фильтрационного потенциала становится автомодельным по отношению к обоим критериям. Индеферентность критериев Био к фильтрационному потенциалу, а, следовательно, и к молярному переносу, заставляет предположить о связи критериев поверхностного тепло- и массообмена в основном с молекулярным механизмом переноса. При этом поле безразмерного массосодержания зависит от критерия Bi_m слабее, чем поле безразмерной температуры от критерия Bi_q . Последнее обуславливается большей инерционностью потенциала переноса вещества по сравнению с потенциалом переноса тепла при $Lu < 1$. Анализ полученных решений показывает также [5], что в период регулярного режима скорости измерения потенциала переноса вещества и фильтрационного потенциала линейно убывают с увеличением v и не зависят от величины Bi_q .

В трехмерном координатном пространстве процесс высокоинтенсивного тепло- и массообмена характеризуется некоторой непересекающей кривой, каждая точка которой соответствует своему обобщенному времени (Fo). Меняя один из критериев подобия, мы получаем смещение кривой процесса, образующее поверхность процесса рассматриваемого критерия. Линии, полученные от пересечения поверхностей процесса с координатными поверхностями, дают нам зависимость одних потенциалов от данного критерия при постоянстве других потенциалов [6]. Однозначность получаемой зависимости позволяет сделать выводы о влиянии потенциалов переноса на критерии подобия и на этой основе - сравнить теорию с экспериментом. Так, для критериев поверхностного тепло- и массообмена с ростом v характер изменения критериев хорошо согласуется с результатами экспериментальных исследований, выполненных П.Д. Лебедевым и А.Ф. Чижским [7].

Наличие в материале наряду с молекулярным переносом вещества переноса молярного изменяет зависимость распределения безразмерных потенциалов от критериев внутреннего тепло- и массообмена (Pn, Ko). Молярный перенос

обуславливает появление новой зависимости распределения температур от критерия Rn . При малых Fo температура дисперсной среды заметно увеличивается с ростом Rn , однако течением времени это влияние уменьшается и при значениях критерия Фурье больше 2 приобретает противоположный характер. Зависимость фильтрационного потенциала от Rn вместе с новым характером воздействия критерия на распределение температур указывает на то, что критерий Поснова связан как с молекулярным, так и с молярным механизмом переноса. Аналогичный вывод можно сделать и относительно критерия Коссовича. Появление в материале мощного молярного переноса в первую очередь сказывается на перераспределении вещества, перераспределение же теплоты является следствием первого. Критерий Поснова, являющийся при молекулярном переносе характеристикой внутренних массообменных процессов, должен отразить появление нового механизма резче, чем критерий Коссовича, характеризующий внутренние теплообменные процессы. Изменение, происшедшее в характере влияния критерия Rn на теплообменный показатель процесса, оказалось более сильным, чем изменение, происшедшее с критерием Ko по отношению к массообменному показателю. С ростом критерия Rn безразмерный потенциал переноса уменьшается.

В связи с разработкой метода определения термических коэффициентов влажных тел некоторый интерес представляет упрощенная схема механизма переноса пара, предложенная О. Кришером и Г. Ронгальтером [7]. Согласно их схеме, перемещение влаги по направлению потока теплоты происходит в виде пара и жидкости со взаимными превращениями одного в другое. На поверхности более нагретой части поры вода испаряется, а на противоположной, менее нагретой части - конденсируется. В этом случае для воздуха, находящегося в порах зерновки, коэффициент равен единице, а удельное теплосодержание пара приблизительно равно удельной теплоте испарения, поскольку перепад температуры в поре очень мал. Температурный коэффициент вычисляется по соответствующим таблицам. Все остальные физические величины и являющиеся функциями температуры, также определяют по таблицам.

Заключение. Следовательно, e критерий определяет количество движущегося пара в пористом влажном теле по отношению к общему потоку жидкости и пара. Если $e = 1$, то перенос вещества происходит только за счет переноса пара ($u_2 = 0$). При $e = 0$ перенос вещества осуществляется путем переноса жидкости. В данном случае источник вещества отсутствует и уравнения, характеризующие контактную сушку превращаются в одно уравнение переноса вещества. При значении e , лежащего в пределах $0 < e < 1$, можно пользоваться обоими уравнениями переноса.

При этом следует отметить, что использование расчетов переменных режимов теплового воздействия на зерно, нужно оценивать с коррелирующим изменением текущих свойств высушиваемого продукта.

Процесс тепловой сушки зерна принято рассматривать как макропроцесс, а объект теплового обезвоживания (зерно) - как непрерывную модель, в которой обособленные фазы представлены в виде однородной среды, дискретно размещённой в объёме обрабатываемого в процессе сушки зерна. С развитием взглядов на обоснование тепло-, массообменных процессов при сушке зерна под действием внешних полей необходимо более глубоко рассматривать природу микропроцессов и высушиваемое зерно, как некую корпускулярную модель. При этом становится возможным изучить процессы теплового воздействия на зерно не только как внешний влагообмен, но и как внутренний.

Постоянное развитие технологий и средств механизации сушки зерна, повышение эффективности их работы с обеспечением требуемого качества обрабатываемого зерна, а также обеспечение таких факторов как: экономичность, экологичность и автоматизация производства значительно усложняют этапы создания и внедрения новых зерносушилок.

Использование при теоретическом обосновании и проектировании контактных зерносушилок критериев подобия позволяет снизить сроки разработки.

Библиографический список

1. Курдюмов В.И. Обоснование теплофизических параметров установки

для сушки зерна контактного типа / В.И. Курдюмов, Г.В. Карпенко, А.А. Павлушин, М.А. Карпенко // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК». - 2009. С. 84-87.

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. Энергозатраты на процесс сушки зерна / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А. // Вестник ВИЭСХ. - 2012. - Т 2. № 7. - С. 52-54.

4. Курдюмов В.И. Теоретическое обоснование динамики сушки зерна при контактном способе теплоподвода / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3 (31). С. 125-130.

5. Курдюмов В.И. Влияние параметров воздушной среды на энергозатраты в зерносушилках контактного типа / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1 (29). С. 114-119.

6. Курдюмов В.И. Обоснование оптимальных режимов работы зерносушилок контактного типа / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4 (28). С. 160-165.

7. Лебедев П.Д. Расчёт и проектирование сушильных установок. - М.: Госэнергоиздат, 1963. – 258 с.

Using similarity criteria when designing grain dryers

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

Key words: similarity criteria, contact grain dryer, grain drying process modeling.

Annotation. It is revealed that the transition to a new stage in the development of experimental and analytical methods of calculation is the idea of combining the methods of similarity theory and mathematical planning of the experiment, i.e. obtaining regression equations in the form of a functional relationship between the generalized variables. This approach is now increasingly being applied.

УДК 631.333.816.31

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ "AMAZONEN-WERKE" ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПО РАЗ- ЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Милюткин В. А.,

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, тел.:
8(927)2644188, oiapp@mail.ru.

Буксман В. Э.,

Dr.-ing., почетный профессор КубГАУ, Амазоне ООО "Подольск" (Рос-
сия), генеральный директор по реализации компании "AMAZONEN-Werke"
(Германия), тел.: +49(0)1739339461.

Длужевский Н. Г.,

зам.дир. ООО "СВРП ОАО "КуйбышевАзот", тел.: 8(927)7847911.

Цирулев А. П.,

канд. с/х наук, доцент, директор ООО «МИП «АгроАкадемия», тел.:
8(927)6524043.

Толпекин С. А.,

технолог, старший преподаватель ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

Ключевые слова: плодородие, удобрения, опрыскиватели, машины, урожайность, качество.

Аннотация. В работе рассматриваются технические средства для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) по различным технологиям, в том числе показана тенденция увеличения урожайности и качества сельскохозяйственных