

УДК 620:631.365

Х.С.Нурмухамедов, проф., д-р техн. наук; Б.Боботиллаев;
А.Музаффаров магистрант; С.К.Нигмаджанов, доц., канд.техн.наук
(ТХТИ, г.Ташкент)

ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ СУШКЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ ПРИ НАЛОЖЕНИИ АКТИВНЫХ СТРУЙ

Сушка – один из самых энергоемких процессов, поэтому в области техники сушки, экономия энергетических ресурсов всегда является актуальной проблемой. Создание высокоэффективных и экономичных сушильных аппаратов позволит значительно снизить энергоемкость процесса сушки [1]. В последние годы все шире применяются сушилки с активными гидродинамическими режимами. Обработка полидисперсных материалов в поле центробежных сил является одним из способов интенсификации тепло- и массообмена дисперсной фазы с теплоносителем [2]. Мерой активности гидродинамического режима является комплексный показатель, учитывающий технологическую эффективность от применения данного режима и экономичность всего технологического процесса. В существующей технологии переработки масличных семян, после сушки и охлаждения гранул шрота, содержание влаги не должно превышать 8-10%, а предельная влажность - 14-16%. В противном случае, быстро начинает размножаться плесень. Маслосодержащий шрот может храниться ограниченное время, и срок не должен превышать 2-х месяцев в летнее время, и 3-х месяцев в зимнее. Поэтому, разработка энергетически эффективных методов тепловой обработки гранул шрота, полученных скоростным гранулированием [3-4], определение оптимальных режимов процесса, повышение качества и товарного вида продукции имеют существенное значение для масложировой отрасли.

Опыты проведены в цилиндрическом аппарате диаметром 0,15 м и высотой 0,8 м. Для равномерной подачи горячего теплоносителя установлены 2 газораспределительные решетки с живым сечением 7,2 и 25%. Снаружи, под углом 120° вводятся 3 плоские струи. Прорези в цилиндрическом корпусе аппарата начинающиеся от самой газораспределительной решетки и направляющие пластины служат в качестве завихрителя потока теплоносителя. Данный способ завихрения потока наряду с возвратно-поступательным движением обеспечивает и циркуляционное движение частиц слоя. Наряду с движением «вверх-вниз» циркулирующее движение гранул способствует интенсификации процесса перемешивания частиц слоя, а следовательно, и интенсификации тепло- и массообмена в системе «гранула-теплоноситель».

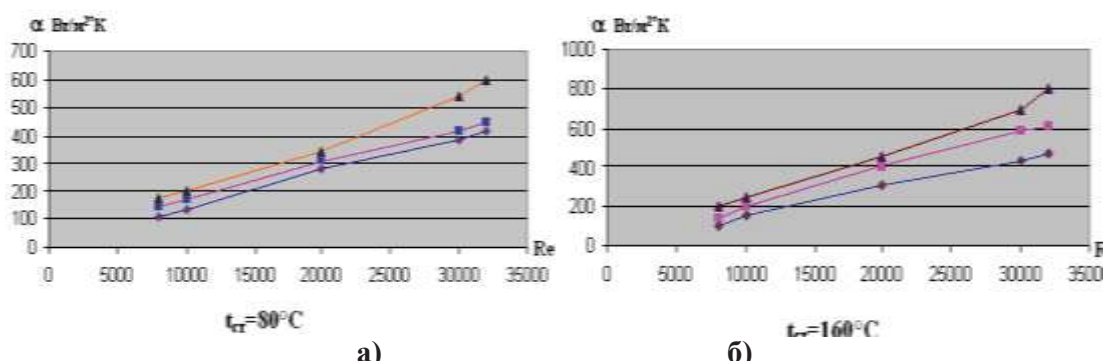
Опыты по сушке гранул различной влажности представлены на

рисунке 1. Эксперименты проводились с гранулами влажностью $U = 26,7-35,2 \%$, при температурах общего потока горячего воздуха $t_{оп} = 60^\circ\text{C}$. Температура струи же изменялась от 80 до 160°C , что позволяло варьировать необходимую температуру в слое. Результаты опытов представлены в виде функции $\alpha=f(\text{Re})$. Опыты проведены в следующем диапазоне изменения режимных параметров: числа псевдоожижения $K_w = 1,5 \div 3,0$; удельной массовой нагрузке $p = 24 \div 130 \text{ кг/м}^2$; диаметра гранул шрота $d_s = 2 \div 6 \text{ мм}$. При этом живое сечение газораспределительной решетки имело численное значение $f = 7,2\%$, а диаметр аппарата - $0,15 \text{ м}$.

С ростом скорости потока перемешивание частиц слоя и условия омывания их потоком теплоносителя улучшаются. При ожижения сыпучих материалов образуются застойные зоны характерные для классического псевдоожижения. Поэтому, в целях ликвидации застойных зон, образующихся на периферии (у стенки аппарата), в слой с относительно высокими силами сцепления между частицами, предлагается вводить плоские, гидродинамически активные струи. Для материалов, подобных гранулам хлопкового шрота, с относительно большими силами сцепления, по сравнению с зернистыми материалами, достаточно 3-х плоских струй. Такое количество оказалось вполне достаточным для достижения необходимой степени интенсификации процесса перемешивания и ликвидации застойных зон.

Из графиков видно, что при температуре общего потока $t_{оп} = 60^\circ\text{C}$, струи $t_{ст} = 80^\circ\text{C}$, диаметре гранул $d_s = 2 \text{ мм}$, высоте слоя $H = 50 \text{ мм}$, $U = 26,7\%$ и числе $\text{Re} = 8000$ значение коэффициента теплоотдачи составляет $\alpha = 160$, при $\text{Re} = 15000$ величина $\alpha = 310$ и при $\text{Re} = 34000$ соответственно равно $\alpha = 660 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$. Такая же зависимость характерна и для других режимов при различных значениях диаметра гранул. Анализ результатов по теплоотдаче показывает, что с ростом чисел Re , т.е. скорости теплоносителя, происходит увеличение теплоотдачи. Аналогичное увеличение коэффициента теплоотдачи зафиксировано во всех опытах в широком диапазоне изменения режимных параметров. Обобщая данные по влиянию скорости теплоносителя на теплоотдачу при сушке гранул и созданию "идеальных" условий омывания потоком теплоносителя частиц шрота, установлено, что повышение скорости потока теплоносителя всегда ведет к росту обмена тепла между взаимодействующими фазами. Влияние влажности на теплоотдачу однозначно и естественно, ее рост приводит к снижению значений коэффициента теплоотдачи α . На примере рис.1а видно, что при $\text{Re} = 10500$ для гранул с влажностью $U = 26,7\%$ имеем коэффициент теплоотдачи $\alpha = 215$, для $U = 30,1\%$ значение α равно 185 и для $U = 35,2\%$ соответственно $160 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$. Сопоставление численных значений для различных влажностей показывает, что если U воз-

растает с 26,7 до 35,2%, то коэффициент теплоотдачи уменьшается в 1,2-1,3 раза. Повышение влажности материала всегда ведет к снижению величины α .



▲ - $U=26,7\%$; ■ - $U=30,1\%$; ◆ - $U=35,2\%$; $\rho=65,6 \text{ кг/м}^3$

Рисунок 1 - Зависимость теплоотдачи от скорости теплоносителя при сушке гранул шрота в условиях струйно-псевдооживленного слоя

Влияния температуры гидродинамически активной струи можно наблюдать при сопоставлении рисунков 1а и 1б. Так, если сопоставить графики рисунков 1а с 1б, то видно, что для влажности материала $U = 30,1\%$ при числе Рейнольдса $Re = 16200$ и для температуры струи $t=80^{\circ}\text{C}$ значение коэффициента теплоотдачи равно $\alpha = 260 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, то для $t_{ст}=160^{\circ}\text{C}$, соответственно $\alpha=320 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Сопоставление при других значениях Re , влажности материала и числах псевдооживления подтвердили повышение значения коэффициента теплоотдачи с ростом температуры плоской струи. Как показали многочисленные опыты, и теоретический анализ публикаций, влияние температуры теплоносителя однозначно положительно и ведет к росту интенсивности теплообмена. Данный параметр наряду со скоростью теплоносителя оказывает существенное влияние на процесс теплообмена в системе "твердое тело-газ" на $10 \div 20\%$.

Анализ экспериментальных исследований по сушке гранул шрота, полученных скоростным гранулированием, в аппарате струйного псевдооживления показал высокую эффективность использования высокотемпературных плоских струй для интенсификации процесса тепло- и массообмена.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сажин Б.С. Основы техники сушки. - М.: Химия, 1984. - 320 с.
- 2 Гупта А.Н., Лилли Д.Р., Сайред Н.М. Закрученные потоки. - М.: Мир, 1987. - 270 с.
- 3 US Patent №4222727. МКИ⁵ В29С 7/10. Apparatus for producing granults from fine poeder // Adichi R., Hayashi T. - 10p.
- 4 Патент США №3406426. МКИ⁴ США 425-135. Устройство для формирования гранул из порошковых материалов. Н.Дэвид, Ф. Побеш, И Бобби. Дис. Роулэтт. - 25 с. - ил.3.