

УДК 66.047.57

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ КРИТЕРИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ СЫПУЧИХ И ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНЕ СО СМЕШАННЫМ РЕЖИМОМ ТЕРМООБРАБОТКИ

Байтуреев А.М.

*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати Министерства образования и науки
Республики Казахстан, Тараз, e-mail: bam150348@mail.ru*

В результате математической обработки экспериментальных данных процесса сушки сыпучих и зернистых материалов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки, получено критериальное уравнение, которое позволит рассчитывать конструктивные параметры сушильного агрегата, производительность и рациональные технологические параметры процесса сушки.

Ключевые слова: сушильный барабан, угол наклона, термообработка, смешанный режим

MATHEMATICAL MODELING AND GETTING CRITERIAL EQUATIONS OF DRYING PROCESS OF GRANULAR MATERIALS IN THE BARREL TYPE DRYER WITH MIXED REGIME OF HEAT TREATMENT

Baitureyev A.M.

*Taraz State University after M.H. Dulaty of the Ministry Science and Education of the Republic of
Kazakhstan, Taraz, e-mail: bam150348@mail.ru*

As a result of mathematical processing experimental process data of drying granular materials in barrel type dryer with mixed regime heat treatment is received. Criterial equation, which will allow to calculate the constructive parameters of the dryers, capacity and rational technological parameters of the drying process.

Keywords: drying drum, grade, heat treatment, mixed regime

Целью данной работы является получение критериального уравнения процесса сушки сыпучих и зернистых материалов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки, которое позволит рассчитать, конструктивные параметры сушильного агрегата, производительность и рациональные технологические параметры процесса сушки [1, 2]. Барабанные агрегаты широко применяются на хлопкоочистительных предприятиях, которые представляют собой горизонтально установленные вращающиеся сушильные барабаны [5].

Объектом экспериментальных исследований процесса сушки был хлопок-сырец. При сушке сырой хлопок-сырец поступает в барабан из загрузочного бункера вместе с горячим сушильным агентом. Хлопок-сырец подхва-

тывается продольными лопастями, поднимается на определенную высоту и падает с лопаток вниз. При этом материал продувается сушильным агентом, на выходе из сушилки происходит разделение продукта и отработанного сушильного агента. Отработанный сушильный агент выбрасывается в атмосферу, а материал выгружается из сушилки. В качестве сушильного агента используется смесь воздуха с продуктами сгорания газообразного, либо жидкого топлива [5].

Выбор сушилки и способа определяется в первую очередь требуемой производительностью и величиной влагоотбора.

Как было показано ранее, критериальное уравнение процесса сушки хлопка-сырца в барабанном агрегате в неявном виде было представлено в виде (1) [3]:

$$E = AKo^a Fo^b (G/L_m)^c Re^d \theta^e Fr^f [\cos(10(\alpha + 3))]^K, \quad (1)$$

где
$$E = \frac{U_{HM} - U_{KM}}{U_{HM}} - \text{симплекс влагосодержания}; \quad (2)$$

$$U_{HM} = \frac{\omega_{HM}}{100 - \omega_{HM}} - \text{начальное влагосодержание материала}; U_K = \frac{\omega_{KM}}{100 - \omega_{KM}} - \text{конечное вла-}$$

госодержание материала; A – неизвестный коэффициент.

Критерий Коссовича Ko представляет собой специфическую форму критерия фазового превращения и определяет соотношение между теплотой, затраченной на испарение и теплотой, необходимой для нагревания влажного тела.

Критерий Коссовича является определяющим, и по физическому смыслу он выражает отношение количества теплоты, необходимой на испарение всей влаги, к количеству теплоты, идущей на нагрев сухого материала.

Критерий Коссовича

$$Ko = \frac{rU_{HM}}{c_M T_{HM}}, \quad (3)$$

где $r = 1920$ при $t_{вх} = 205^\circ\text{C}$ [4] – теплота парообразования, кДж/кг; U_{HM} – влагосодержание материала, %; $c_M = 1,549$ [5] – теплоемкость хлопка-сырца, кДж/(кг×К); T_H – начальная температура материала, К.

Критерий Фурье F_o (теплообменный критерий гомотронности), характеризует связь между скоростью изменения температурного поля, физическими характеристиками и размерами тела.

Критерий Фурье

$$Fo = \frac{\alpha_M \tau_{cp}}{d_n^2}, \quad (4)$$

где $\alpha_M = 18,49 \cdot 10^{-2} / 3600$ – коэффициент теплопроводности, м²·с; τ_{cp} – время пребывания материала в сушилке, с; $d_n = 0,025$ [5] – диаметр летучки хлопка-сырца, м.

Безразмерный симплекс отношения производительности к массовому расходу теплоносителя

$$G / L_M \quad (5)$$

Re – критерий Рейнольдса. для вычисления числа Рейнольдса за определяющий размер принимают величину средней длины скатывания частиц хлопка-сырца, которую находят из соотношения [5]:

$$Re = \frac{\vartheta_{cp} l_o}{\nu}, \quad (6)$$

где ϑ_{cp} – средняя скорость теплоносителя, относительно частиц хлопка-сырца, м/с; l_o – средняя длина скатывания частиц, м; ν – кинематическая вязкость воздуха, принимаемая при температуре теплоносителя в барабане T_{cp} , м²/с.

$$l_o = \frac{2 \frac{S}{D_o} D_o}{z}, \quad (7)$$

$S \approx D_o$ – сумма отрезков в поперечном сечении барабана, характеризующая поверхность хлопка-сырца, лежащего в завале и на насадках; D_o – диаметр барабана, м.

θ – Температурный симплекс, характеризует температурный уровень процесса и косвенно отражает отношение тепловых емкостей потоков газа и материала.

Температурный симплекс

$$\theta = \frac{T_{KM} - T_{HM}}{T_{H.C} - T_{KM}}, \quad (8)$$

где T_{HM} – температура материала начальная, К; T_{KM} – температура материала конечная, К; $T_{H.C}$ – начальная температура сушильного агента, К.

Fr – характеризует продольное перемещение материала,

$$Fr = \frac{2\pi^2 n^2 D_o^2}{g}, \quad (9)$$

где $\omega = 2\pi n$ – угловая скорость, 1/с; D_o – диаметр барабана, м; n – число оборотов барабана, об/мин; $g = 9,81$ – ускорение свободного падения, м/с².

$$[\cos(10(\alpha + 3))]^K \quad (10)$$

характеризует процесс поперечного перемешивания материала, где α – угол наклона барабана к горизонту.

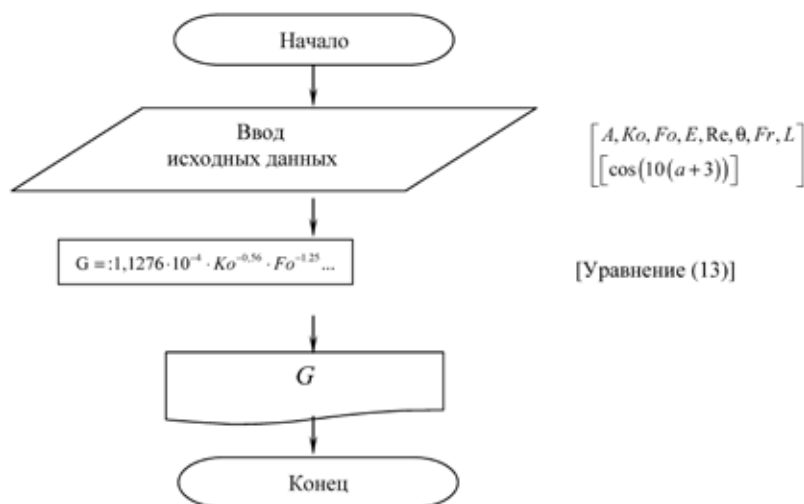
Таким образом, критериальное уравнение (1) дает непосредственно связь между влагосодержанием выгружаемого материала и средним временем пребывания материала в аппарате. При этом исключается необходимость отыскания трудно определяемых параметров, таких как температура, площадь поверхности материала.

Массовый расход воздуха определяется из уравнения:

$$L_M = \nu \frac{\pi \cdot D_o^2}{4} \rho_c (1 - \varphi), \quad (11)$$

где ν – кинематическая вязкость воздуха, м²/с; ρ_c – плотность среды, кг/м³; φ – коэффициент заполнения барабана, %.

В результате преобразования получено критериальное уравнение (12) процесса сушки хлопка-сырца в барабанном агрегате в неявном виде относительно производительности:



Алгоритм вычисления производительности сушильного барабана со смешанным режимом термообработки

$$G = \frac{E^c L_m}{AKo^a Fo^b Re^d \theta^e Fr^f [\cos(10(\alpha + 3))]^k} \quad (12)$$

Для получения уравнения в явном виде были использованы результаты опытно-промышленных испытаний [6].

Подставив значения выше приведенных критериев ($E, Ko, Fo, L, Re, \theta, Fr$) в уравнение (12) и решив его относительно производительности, окончательно получено расчетное критериальное уравнение (13)

$$G = 1,1276 \cdot 10^{-4} \cdot Ko^{-0,56} \cdot Fo^{-1,25} \cdot E^{0,2} \cdot Re^{-0,593} \cdot \theta^{-0,85} \cdot Fr^{-0,21} \cdot L_i^{0,46} \cdot [\cos(10(\alpha + 3))]^{-0,29} \quad (13)$$

Неизвестный коэффициент

$$A = 1,1276 \cdot 10^{-4}$$

и показатели степеней критериального уравнения (13) были получены в результате использования программы электронных таблиц Microsoft Excel как основного инструмента. Обработку исследования вели на ПК в инновационных технологиях Microsoft Excel при помощи численного метода вычисления – «Методом наименьших квадратов».

Полученное критериальное уравнение процесса сушки сыпучих и зернистых материалов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки (13) позволит рассчитывать конструктивные параметры сушилки, производительность и рациональные технологические параметры процесса сушки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инновационный патент Республики Казахстан № 27779. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов (СБ-СРТ) / Байтуреев А.М. и др. «Нац. институт интеллектуальной собственности» (НИИС), опубл. 18.12.13, бюл. № 12.
2. Инновационный патент Республики Казахстан № 27780. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов (Зона падения. СБ-СРТ) / Байтуреев А.М. и др. «Нац. институт интеллектуальной собственности» (НИИС), опубл. 18.12.13, бюл. № 12.
3. Байтуреев А.М. Интенсификация процесса сушки хлопка-сырца как сырья для производства хлопкового масла: дис. ... канд. техн. наук. – Тараз, 1998. – 170 с.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1981. – 560 с.
5. Мирошниченко Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. – М.: Машиностроение, 1972. – 487 с.
6. Куатбеков М.К., Байтуреев А.М. Методическое руководство по модернизации барабанных агрегатов для сушки хлопка-сырца. – Алматы: НПО Казлегпром, 1989. – 55 с.