

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА МЕЖДУ ТЕПЛОВЫМ АГЕНТОМ И СУХИМИ ЧАСТИЦАМИ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА

Муйдинов Абдусамад Аблукаюм ўғли,
Рўзиматов Иброҳимжон Махмуджон ўғли
Ферганский политехнический институт

Аннотация: В статье приведены результаты экспериментального исследования характеристик теплообмена между тепловым агентом и сухими частицами волокнистого материала. Учитывая то, что при фильтрационной сушке в слое находится одновременно сухой и влажный материалы, которые принимают участие в теплообмене, необходимо исследовать процесс теплообмена между сухими и влажными частицами волокнистого материала.

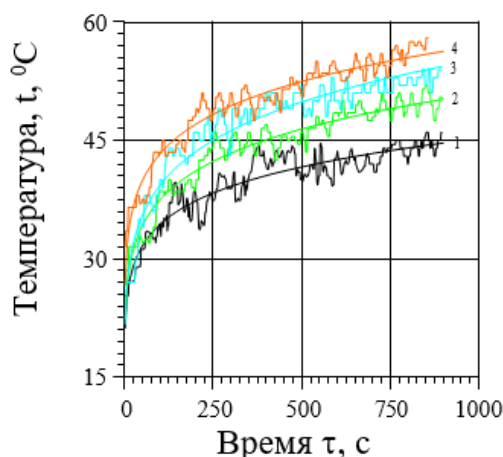
Ключевые слова: теплоноситель, частица, волокнистый материал, теплоотдача, температура слоя, теплоемкость.

Учитывая то, что при фильтрационной сушке в слое находится одновременно сухой и влажный материалы, которые принимают участие в теплообмене (сухой материал нагревается до температуры близкой к температуре теплового агента), необходимо исследовать процесс теплообмена между сухими и влажными частицами волокнистого материала.

Как было сказано ранее, температура на выходе из слоя записывалась в автоматическом режиме с помощью восьмиканального измерителя температуры РТ8-1000 с выводом информации на персональный компьютер в файл данных. Экспериментально определены усредненные значения температуры теплового агента на выходе из слоя сухого волокнистого материала, которые приведены на рисунке 1, при различных температурах теплового агента, которая изменялась в пределах: 15 – 60⁰С, и при различных скоростях движения теплового агента от 0,65 до 2,16 м/с. Значение температур теплового агента выбрано ввиду быстроты процесса нагрева частиц волокнистого материала, усредненный диаметр которых не превышает 1 мм. Представленные графические зависимости изменения температуры теплового агента на выходе из слоя материала позволяют определить коэффициент теплоотдачи от теплового агента в сухих частицах волокнистого материала.

Учитывая то, что тепловой агент фильтруется через слой волокнистого материала и порозность слоя является высокой ($\epsilon = 0,942 - 0,990 \text{ м}^3/\text{м}^3$) принято допущение, что температура теплового агента одинакова со всех сторон частицы. Экспериментально измерить температуру поверхности частиц $\bar{T}_n$ волокнистого материала невозможно, поэтому она оценивалась на основе аналитических зависимостей для средней температуры слоя и температуры на

поверхности твердой частицы, приведенных в [1] для частиц цилиндрической формы.



$$1 - V_0 = 0,65 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 2 - V_0 = 0,96 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 3 - V_0 = 1,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 4 - V_0 = 2,16 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Рисунок 1. Изменение температуры теплового агента на выходе из слоя хлопка-сырца при различных скоростях движения теплового агента (высота слоя материала 16мм)

Вследствие того, что частицы материала омывались тепловым агентом со всех сторон, принимали, что распределение температурного поля по диаметру частицы носит параболический характер. Среднюю температуру поверхности частиц волокон T_0 определяли из уравнения теплового баланса:

$$V_c \rho c (t_n - t_l) = Q - m c_s (\bar{T} - T_0), \quad (1)$$

где: m – масса навески волокнистого материала, кг; c_s – теплоемкость частиц волокнистого материала, кДж/(кг·К); $\bar{T}$ – средняя температура слоя, °C; T_0 – начальная температура волокон, °C.

$$\bar{T} = \bar{t} - (\bar{t} - T_0 \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot Fo}) \left(1 - \frac{r}{R}\right) \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot Fo}, \quad (2)$$

где: $\bar{t}$ – средняя температура теплового агента, °C; R, r – радиус частицы и текущий радиус соответственно ($0 \leq r \leq R$), м; μ_n – корень характеристического уравнения; Fo – критерий Фурье.

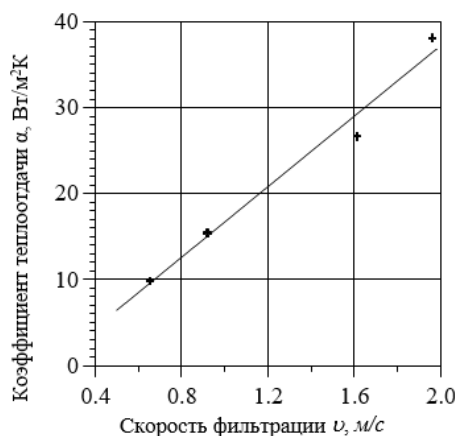


Рисунок 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи α от действительной скорости фильтрации теплового агента сквозь слой сухого хлопка-сырца при температуре 60°C

На основе экспериментальных значений, приведенных на рисунке 1, рассчитывали значения коэффициентов теплоотдачи α согласно уравнению теплоотдачи [2]:

где: Q – рассчитывали согласно уравнению теплового баланса для теплового агента, Дж; $\bar{t}$ – средняя температура теплового агента на выходе из слоя согласно экспериментальных данных, приведенных на рисунке 1, °C; F – эффективная поверхность тепло - и массообмена, м²; Δt – изменение времени, с.

Полученные нами значения коэффициента теплоотдачи являются усредненные по слою, в связи с тем, что тепловой агент движется по сложной траектории каналов между частицами, которые формируют слой материала, его скорость многократно изменяется по отношению к поверхности частиц, поэтому локальный коэффициент теплоотдачи изменяется. На рисунке 2 приведены расчетные значения коэффициента теплоотдачи α от действительной скорости движения теплового агента [3,4].

Как видно из графической зависимости, полученные нами экспериментальные значения коэффициента теплоотдачи от теплового агента в сухих частицах волокнистого материала α в зависимости от действительной скорости фильтрации аппроксимируются прямой линией. Рост скорости приводит к интенсификации процесса теплообмена [5]. Это объясняется тем, что при большей скорости фильтрования через каналы между частицами профильтровывается большее количество теплового агента и в слой материала поступает большее количество тепла.

Литературы:

1. McLoughlin, C.M., McMinn, W.A.M. & Magee, T.R.A. Combined microwave & convective drying of pharmaceuticals. Proceedings of the 13th International Drying Symposium (IDS' 2002) Beijing, China, 27-30 August' 2002, V. C, pp. 1472 -1480.
2. Schwartze J.P. et al. Experimental investigation of the through-drying of fibrous mats with superheated steam. Drying '98, ZITI Editions, Greece, Thessaloniki, 1998, V. B, pp.1637- 1644.
3. Ефремов Г.И. Обобщенные зависимости для первого и второго периодов сушки материала в тонком слое. Тепломассообмен МИФ-2000, Минск, 2000, т.9, с. 129-135.
4. Efremov G.I. Generalized kinetics for external drying task. Proceeding of IDS-2002, Beijing, China, 2002. V. A, pp.563-570.
5. Ефремов Г.И. Макрокинетика процессов переноса. Москва, 2001, изд. МГТУ, 289 с.