

УДК 677.074

**ОБОБЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРОЦЕССА СУШКИ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В.А. РЕУТСКИЙ, М.К. КОШЕЛЕВА, А.А. ЩЕГОЛЕВ

**(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,
Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)**

Известно, что обычно при расчете процесса конвективной сушки кинетическую кривую делят на два периода – период постоянной скорости, соответствующий достижению на поверхности высушиваемого материала температуры мокрого термометра (t_m), и период падающей скорости сушки, когда скорость процесса определяется падающей концентрацией влаги внутри материала.

В связи с этим важное значение имеет возможность определения температуры мокрого термометра перед началом расчета процесса сушки.

В [2] показано, что t_m можно рассчитывать исходя из уравнения для расчета относительной влажности воздуха:

$$\varphi = p_m / p_c, \quad (1)$$

где p_m – парциальное давление паров воды при температуре мокрого термометра; p_c – парциальное давление паров воды при температуре сухого термометра, и уравнения Антуана [3]:

$$t_m = \frac{(Mt_c - 273)}{(M + 1)}, \quad (2)$$

где параметр M определяется по эмпирическому уравнению [2]:

$$\tau = \frac{1}{K(A - B)} \ln \frac{(A - U)(U_0 - B)}{(A - U_0)(U - B)} = \frac{1}{K(A - B)} Z, \quad (4)$$

$$M = \frac{5085,9}{\ln\left(\frac{1}{\varphi_n}\right)(273 + t_c)}, \quad (3)$$

где φ_n – приведенная относительная влажность воздуха.

Уравнение (2) позволяет рассчитывать t_m с высокой точностью. Из него следует, что в качестве условно нулевой скорости, соответствующей практически неподвижному воздуху, можно принять скорость $u = 0,26$ м/с.

Однако опыт показывает, что в чистом виде первый период в процессах конвективной сушки тканей и волокнообразующих параметров почти не встречается. Фактически кинетические кривые имеют S-образный вид [4]. Например, при конвективной сушке дисперсного волокнообразующего материала – поливинилхлорида, при относительных влажностях сушильного агента – воздуха $\varphi_1 = 5\%$ и $\varphi_2 = 42\%$, при температуре сухого термометра $t_c = 80^\circ\text{C}$ установлено, что при φ_1 участок разогрева на кинетической кривой отсутствует, а при φ_2 – кинетическая кривая приобретает четко выраженный S-образный характер [4].

Для расчета процесса сушки с такой кинетикой предложено [5] использовать уравнение, называемое обобщенным уравнением массопередачи:

где U_0 и U – начальное и текущее влагосодержание материала; τ – время сушки; Z – безразмерный комплекс; A и B – верхняя и нижняя асимптоты кинетической кривой; K – константа скорости процесса.

Для процессов конвективной сушки нижнюю асимптоту B можно рассматривать как равновесное влагосодержание материала, соответствующее условиям проведения процесса сушки.

Верхнюю асимптоту A можно рассматривать как предельную влажность материала, при которой при неизменном расходе сушильного агента в противотоке фаз в сушильной камере происходит насыщение сушильного агента до $\varphi = 100\%$. Такую влажность можно определить на основе I-x диаграмм Рамзина материального и теплового баланса.

Очевидно, что при влажности материала $U = A$ движущая сила процесса сушки в начальном периоде становится равной нулю. Это графически выражается на кинетической кривой сушки: ее начальный участок проходит параллельно оси абсцисс.

Методика определения параметров A и B сводится к следующему. Вначале задает-

ся произвольное значение параметра A исходя из условия, что это значение должно быть ниже начального влагосодержания на 5...10%.

Значение параметра B определяется методом подбора с учетом того, что оно должно быть всегда ниже конечного влагосодержания объекта сушки u_k на кинетической кривой. В противном случае будет наблюдаться искривление кинетической кривой в ту или другую сторону, что указывает на необходимость корректировки параметра B .

Значение параметра A не влияет на точность выпрямления кинетической кривой, но его неправильный выбор приводит к смещению выпрямленной кинетической кривой относительно начала координат в ту или другую сторону. В связи с этим его легко скорректировать таким образом, чтобы кинетическая кривая проходила через начало координат.

Для расчета времени контактной сушки тканей можно использовать обобщенное уравнение массопередачи в следующем виде:

$$\tau = \frac{1}{K(U_0 - B)} \ln \frac{(U_0 - U)(U_{\text{пр}} - B)}{(U_0 - U_{\text{пр}})(U - B)} = \frac{1}{K(U_0 - B)} Z', \quad (5)$$

где Z' – безразмерный комплекс.

Параметры уравнения (5) $U_{\text{пр}}$ (приведенное влагосодержание), B (нижняя асимптота) определяются по нижеприведенным уравнениям.

При поверхностной плотности ткани $M < 280 \text{ г/м}^2$:

$$U_{\text{пр}} = 0,811 \left(\frac{M}{M_m} \right)^{0,0455} \left(\frac{t}{t_m} \right)^{0,0015} U_0, \quad (6)$$

при поверхностной плотности ткани $M \geq 280 \text{ г/м}^2$:

$$U_{\text{пр}} = 0,909 \left(\frac{M}{M_m} \right)^{-0,546} \left(\frac{t}{t_m} \right)^{-1,548} U_0, \quad (7)$$

при поверхностной плотности ткани от 100 до 400 г/м^3 :

$$B = 0,796 U_k \left(\frac{M}{M_m} \right)^{-0,546} \left(\frac{t}{t_m} \right)^{-1,548} U_0, \quad (8)$$

где U_k – конечная, а U_0 – начальная влажность материала, кг/кг .

Проведено сравнение расчетных и опытных кривых кинетики контактной и конвективной сушки текстильных материалов: хлопчатобумажных и смесовых тканей, тканей из искусственных и синтетических волокон, нетканых клееных материалов, волокнообразующих полимеров [6...9].

Ошибка расчетов составляет 15...20%, что вполне приемлемо для инженерной практики.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика определения параметров уравнения для расчета конвективной сушки текстильных материалов, позволяющего рассматривать процесс сушки как единое целое, без деления его на периоды постоянной и падающей скорости.

2. Показана возможность применения обобщенного уравнения массопередачи для расчета времени процесса контактной сушки тканей. Предложены уравнения для расчета параметров этого уравнения для тканей с различной поверхностной плотностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лыков А.В.* Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.

2. *Реутский В.А., Кошелева М.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, №6. С.93...96.

3. *Коган В.Б.* Теоретические основы типовых

процессов химической технологии. – М.: Химия, 1977, С.52.

4. *Сажин Б.С., Реутский В.А.* О движущей силе процесса сушки дисперсного материала в начальный период // В кн.: Повышение эффективности тепломассообменных процессов в текстильной промышленности. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 1978.

5. *Сажин Б.С. и др.* Новый подход к математическому описанию кинетики сушки и изотерм сорбции // Мат. Всесоюз. конф. по интенсификации процессов сушки и использованию новой техники. – Минск, Институт тепломассообмена АН БССР, Минск, 1977. С.40...48.

6. *Бунин О.А., Малков Ю.А.* Машины для сушки и термообработки ткани. – М.: Машиностроение, 1971.

7. *Кулагин С.М.* Исследование кинетики контактной сушки ткани с целью интенсификации процесса: Дис...канд. техн. наук. – М., 1982.

8. *Власов А.Е.* Разработка обобщенного метода расчета процессов контактной и конвективной сушки нетканых клееных материалов: Дис...канд. техн. наук. – М., 1992.

9. *Кошелева М.К.* Исследование кинетики процесса сушки материалов, различающихся своей структурой: Дис...канд. техн. наук. – М., 1975.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 05.12.03.