

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРСПЕКТИВНОГО ДЛИННОВОЛОКНИСТОГО СОРТА ХЛОПКА-СЫРЦА РАЗНОВИДНОСТИ 9326-В

Х.И. ИБРОГИМОВ, М.М. САФАРОВ

(Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими,
г. Душанбе, Республика Таджикистан)

Теплофизические свойства хлопко-сырца характеризуются удельной теплоемкостью C_p , теплопроводностью λ , температуропроводностью a и термическим сопротивлением R . Процесс термообработки хлопко-сырца конвективным способом требует знания значений данных параметров. Эти параметры при расчете процесса термообработки на различных его этапах принимаются постоянными. Для определения средних значений теплофизических параметров на этих этапах необходимо знать их температурную зависимость в интервале температур, при которых производится сушка.

Важным является получение эмпирических или полуэмпирических соотношений, связывающих между собой теплофизические параметры хлопко-сырца различных сортов и его компонентов. Это позволит по известным значениям любого теплофизического параметра одного компонента различного сорта хлопко-сырца рассчитать значения других теплофизических параметров других компонентов хлопко-сырца всех сортов. Поэтому изучение теплофизических свойств новых, перспективных и ма-

лоисследованных сортов хлопко-сырца является актуальной задачей.

Для экспериментального определения теплофизических показателей исследуемых образцов применялся метод монотонного разогрева образцов внешним односторонним тепловым потоком (метод динамического C -калориметра) [1].

На экспериментальной установке схемы, приведенной в [2], нами измерена эффективная удельная изобарная теплоемкость C_p хлопко-сырца I, II, III сортов длинноволокнистого хлопко-сырца разновидности 9326-В 1 класса. Эффективной ее принято называть потому, что в измерительной камере, помимо компонентов хлопко-сырца, еще содержится воздух.

Все эксперименты были проведены, исходя из необходимости сохранения природных и технологических свойств волокна и семян, при условии, что допустимый верхний предел нагрева волокна составляет 70°C , а семян 50°C [3].

При исследовании сложных физических и физико-химических процессов, в частности, механических, тепловых и химических явлений, используют метод теории подобия [4], [5]. Часто в рассматри-

ваемых явлениях существует равенство не всех, а лишь некоторых независимых критериев подобия, то есть имеет место частичное (неполное подобие). Теорию подобия в частных случаях теплофизических явлений примем в следующем. Для описания состояния любого компонента хлопко-сырца имеем четыре параметра: давление P , температуру T , плотность ρ и влажность W . Уравнение состояния запишем в виде:

$$P=F(T, \rho, W). \quad (1)$$

Измерение проведено при постоянном давлении. Тогда

$$F(T, \rho, W) = \text{const.}$$

За независимые переменные можно принять любую пару переменных из трех. Если выбрать независимыми переменными T и W , то

$$P = F(T, W). \quad (2)$$

Каждый из компонентов хлопко-сырца имеет различную исходную степень влажности и обладает различной скоростью сорбции влаги. Но в любом случае с течением времени устанавливается равновесная влажность материала, зависящая от температуры и влажности воздуха. Поэтому (2) примет вид:

$$\rho=F(T).$$

$$\tilde{N}_p^{*x/c} = \frac{\tilde{N}_{p1}^{x/c}(T)}{\tilde{N}_{p1}^{x/c}(T_1)} = \frac{\tilde{N}_{p2}^{x/c}(T)}{\tilde{N}_{p2}^{x/c}(T_2)} = \frac{\tilde{N}_{p3}^{x/c}(T)}{\tilde{N}_{p3}^{x/c}(T_3)} = f^{x/c}(T^*), \quad (4)$$

$$\lambda^{*x/c} = \frac{\lambda_1^{x/c}(T)}{\lambda_1^{x/c}(T_1)} = \frac{\lambda_2^{x/c}(T)}{\lambda_2^{x/c}(T_2)} = \frac{\lambda_3^{x/c}(T)}{\lambda_3^{x/c}(T_3)} = f^{x/c}(T^*), \quad (5)$$

$$a^{*x/c} = \frac{a_1^{x/c}(T)}{a_1^{x/c}(T_1)} = \frac{a_2^{x/c}(T)}{a_2^{x/c}(T_2)} = \frac{a_3^{x/c}(T)}{a_3^{x/c}(T_3)} = f^{x/c}(T^*), \quad (6)$$

где $T^* = \frac{T}{T_1}$, $T^* = \frac{T}{T_2}$, $T^* = \frac{T}{T_3}$ являются критериями подобия для I, II, III сортов соответственно.

Значения T_1, T_2, T_3 принимаются в зависимости от исходной влажности хлопко-

сырца. Аналогично этому теплофизические параметры материала будут являться функциями температуры:

$$C_p^i = F_1^i(T), \lambda^i = F_2^i, a^i = F_3^i(T),$$

где $i = 1, 2, 3, 4$ – соответствуют волокну, семенам, коже семян, ядру семени.

Выберем какую-нибудь температуру T_i из интервала, в котором производятся измерения какого-либо теплофизического параметра x . При температуре T_i параметр x_i имеет значение $x_i = F(T_i)$. Примем за критерий подобия безразмерное отношение $T^* = \frac{T}{T_i}$, тогда имеет место соотношение:

$$x^* = \frac{x}{x_i} = f\left(\frac{T}{T_i}\right) = f(T^*). \quad (3)$$

Предположим, что x является теплофизическим параметром, характеризующим соответствующее теплофизическое свойство всех трех сортов хлопко-сырца. Тогда для всех сортов будет выполняться соотношение (3), однако значения x_i и T_i будут разными: x_1, x_2, x_3 и T_1, T_2, T_3 .

Запишем соотношения вида (3) для удельной теплоемкости C_p , коэффициентов теплопроводности λ и температуропроводности a всех сортов хлопко-сырца:

сырца. Аналитические выражения, соответствующие зависимостям (4)...(6), можно легко получить, аппроксимируя экспериментальные значения $\tilde{N}_p^{*x/c}$, $\lambda_p^{*x/c}$, $a_p^{*x/c}$ полиномами вида:

$$x^* = a + bT^* + cT^{*2}. \quad (7)$$

Эти выражения для приведенной теплоемкости, коэффициентов теплопроводности и температуропроводности хлопка-сырца имеют вид:

$$C_p^{*x/c} = 2,625 - 4,1922T^* + 2,8939T^{*2}, \quad (8)$$

$$\lambda^{*x/c} = 2,656 - 13,964T^* + 8,082T^{*2}, \quad (9)$$

$$a^{*x/c} = 1,5535 - 2,3393T^* + 1,5131T^{*2}. \quad (10)$$

Формулы (8)...(10) описывают экспериментальные результаты с точностью до 4...6%. Практическая значимость этих формул заключается в том, что они позволяют определить приведенную теплоемкость, коэффициенты теплопроводности и температуропроводность хлопка-сырца одного сорта.

Переходя от приведенных (безразмерных) значений теплофизических показателей и температуры к истинным, получим температурную зависимость изобарной теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности для других сортов хлопка-сырца. Аппроксимационные уравнения вида (7) для теплофизических характеристик хлопка-сырца имеют вид:

$$C_p^* = 1,1219 + 1,7195T^* + 0,4171T^{*2}, \quad (11)$$

$$\lambda^* = 0,4192 - 1,321T^* + 2,8336T^{*2}, \quad (12)$$

$$a^* = 1,516 - 1,467T^* + 0,9572T^{*2}. \quad (13)$$

Данные зависимости выполняются для исследованных сортов хлопка-сырца с точностью до 6%.

Установление связей между различными теплофизическими параметрами хлопка-сырца и его компонентов, несомненно, является важной задачей, решение которой может найти практическое применение в технологическом процессе термообработ-

ки хлопка-сырца [6], [7]. Последовательность установления связей между теплофизическими показателями заключается в следующем. Используя формулы (8)...(13), строят графики зависимости одного из приведенных параметров, например C_p^* , от двух других приведенных параметров так, чтобы каждая точка на графике соответствовала значениям двух приведенных параметров при одной и той же температуре.

Аналитические зависимости такого типа, учитывающие все возможные попарные комбинации из теплофизических параметров хлопка-сырца, имеют вид:

$$\begin{aligned} C_p^* &= 0,390 + 0,616\lambda^* - 0,028\lambda^{*2}, \\ C_p^* &= -2,930 + 4,156a^* - 0,269a^{*2}. \end{aligned} \quad (14)$$

Если измерена удельная изобарная теплоемкость C_p хлопка-сырца одного сорта, то по формуле (14) можно рассчитать, с погрешностью до 6%, коэффициенты теплопроводности λ и температуропроводности a другого сорта при тех же температурах, при которых проведено измерение C_p .

Проведенные расчеты показали, что доверительная граница погрешности измерений теплофизических параметров C_p и в относительной форме при $\alpha = 0,95$ составляет 2,0%; методическая погрешность 0,2%; инструментальная погрешность 1,1%. Общая погрешность измерения коэффициента температуропроводности на лабораторной установке равна 4,2%.

На рис. 1, 2 и 3 представлены графические зависимости удельной изобарной теплоемкости, теплопроводности и температуропроводности хлопка-сырца соответственно в зависимости от температуры. Кривые 1, 2 и 3 соответствуют первому, второму и третьему сорту хлопка-сырца.

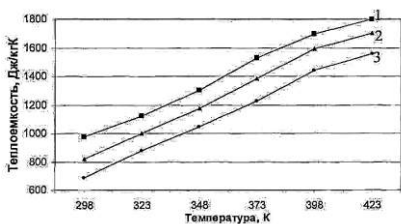


Рис. 1

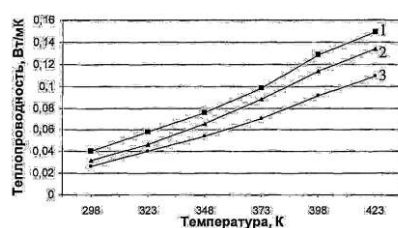


Рис. 2

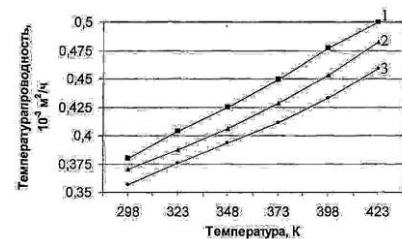


Рис. 3

Анализ диаграмм показывает, что наиболее высокой эффективной удельной изобарной теплоемкостью (рис.1) обладает хлопок-сырец I сорта, наименьшей – III сорта. Разница в удельных теплоемкостях хлопок-сырца смежных сортов составляет 9...11%. Результаты измерений коэффициента теплопроводности хлопок-сырца (рис. 2) показывают, что при температуре 25°C теплопроводность всех трех сортов отличается незначительно, но с повышением температуры появляется все возрастающая разница в теплопроводностях смежных сортов хлопок-сырца. Закономерность изменений температуропроводности хлопок-сырца (рис. 3) показывает, что она качественно такая же, и для удельной теплоемкости, и для коэффициента теплопроводности.

ВЫВОДЫ

1. Измерены важнейшие теплофизические параметры хлопок-сырца разновидности 9326-B, такие как удельная изобарная теплоемкость C_p , коэффициенты теплопроводности температуропроводность α в интервале температур 298...423°K.

2. Получены эмпирические зависимости, связывающие теплофизические параметры хлопок-сырца различных сортов и

его компонентов.

3. Установленные связи между теплофизическими параметрами хлопок-сырца позволяют по измеренным значениям одного из параметров рассчитать, с погрешностью до 6%, значения других теплофизических показателей, что достаточно для выбора рациональных значений режимов термообработки влажного хлопок-сырца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Платунов Е.С. Теплофизические измерения в монотонном режиме. – Л.: Энергия, 1973.
2. Махаренко Е.Ф., Ольшанский В.Н. и др. Методика исследования коэффициента теплопроводности подкладочных материалов и текстильных волокон // Сб. научн. тр. по текстильному материаловедению посв. 100-летию со дня рождения Г.Н.Кукина. – М., 2007. С.251...256.
3. Ульдяков А.И. Сушка хлопок-сырца. – М., 1975.
4. Седов Л.И. Методы теории подобия и размерности в механике. – 9изд. – М., 1981.
5. Дьяконов Г.К. Вопросы теории подобия в области физико-химических процессов. – М., 1956.
6. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.
7. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М., 1984.

Рекомендована кафедрой технологии машин и аппаратов первичной обработки хлопка. Поступила 06.04.09.