ISSN 2181-371X
SJIF: 5.305 VOLUME 4 ISSUE 31
INNOVATIONS IN TECHNOLOGY AND SCIENCE EDUCATION

ОДНА МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СУШКИ ХЛОПКА-СЫРЦА В СЛОЕ

Маматов Алишер Зулунович-
доктор технических наук, профессор
Ташкентского института текстильной и
лёгкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул.Шохжахон, 5),
E-mail: maz54@mail.ru
Пардаев Хонимкул Норматович –
кандидат технических наук, профессор
Ташкентского института текстильной и
лёгкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул.Шохжахон, 5),
Саитмуратов Улмасбек Нурулло угли –
докторант Гулистанский государственный университет
(г. Гулистан,), E-mail: saitmuratovolmas@gmail.com

Аннотация: *В статье рассматривается одна краевая задача параболического типа, состоящие из двух дифференциальных уравнений в частных производных для определения температуры и влагосодержания хлопка-сырца при сушки в сушильных установках. Построены разносные схемы рассматриваемой задачи для численного определения температуру и влагосодержания хлопка-сырца по методу сеток.*

Ключевые слова: *математическая модель, алгоритм, сушилка, температура, влажность, хлопок-сырец.*

Введение. Основными недостатками существующий технологии сушки, приводящими к ухудшению качества волокна при предварительной обработке является неравномерность сушки, перегрев, пересушка волокна. Волокно становится хрупким и ломким, ухудшаются его структурно-механический свойства. При этом, немаловажное роль играют теоретические изучения тепло-влажностного состояния хлопка-сырца при сушке в сушильных установках [1-8].

Постановки задачи. В настоящей работе рассматривается одна краевая задача параболического типа для определения температурных и влажностных полей хлопка-сырца в процессе сушки. Рассматривается процесс сушки хлопка-сырца в слое толщиной L. Сушка осуществляется за счет СВЧ-нагрева, а также за счет конвективного теплообмена от воздуха.

Для определения температуру $T(x,\tau)$ и влагосодержания $U(x,\tau)$ хлопка-сырца рассмотрим систему дифференциальных уравнений параболического типа [9]

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\varepsilon r_{21}}{c}\frac{\partial U}{\partial \tau} + \frac{Q(x,\tau)}{c\rho} \qquad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = a_m\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + a_m\delta\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \varepsilon\frac{\partial U}{\partial \tau} \qquad (2)$$

с начальными $T(x,0)=T_0$, $U(x,0)=U_0$

и граничными условиями

при $x=0$

$$\lambda\frac{\partial T}{\partial x}\Big|_{x=0} = \alpha_1(T-T_{cp}) \qquad (3)$$

$$\lambda_m\frac{\partial U}{\partial x}\Big|_{x=0} = \alpha_m(U-U_{cp}) \qquad (4)$$

при $x=L$

$$\frac{\partial T}{\partial x}\Big|_{x=L} = 0 \qquad (5)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x}\Big|_{x=L} = 0 \qquad (6)$$

Здесь: λ_m - коэффициент массопроводности материала, $кг/(м\cdot с)$

λ - теплопроводность материала, $Вт/м\cdot К$;

c -теплоемкость частицы, $Дж/кг\cdot К$

α_1 - коэффициент конвективной теплоотдачи;

α_m - коэффициент массоотдачи по влагосодержанию, $кг/(м^2\cdot с)$;

U_{cp} - равновесное влагосодержание для параметров окружающего воздуха;

T_{cp} - температура окружающего воздуха.

a - коэффициент температуропроводности, $м^2/с$;

a_m - коэффициент диффузии влаги в материале, $м^2/с$;

ε -относительный коэффициент испарения влаги;

r_{21} - теплота испарения воды, $Дж/кг$

$Q(x,\tau)$ - интенсивность внутренних тепловых источников, обусловленных СВЧ-энергоподводом;

δ - относительный коэффициент термодиффузии влаги в материале, $1/К$;

Для численного решения данной задачи воспользуемся методом сеток.

Численное моделирование процесса сушки.

Для численного интегрирования дифференциальных уравнений (1), (2) воспользуемся методом конечных разностей [10] на дискретной сетке с постоянным шагом по толщине Δx и времени $\Delta\tau$ (рисунок 1).

Запишем выражения дискретных аналогов дифференциальных уравнений (1), (2).

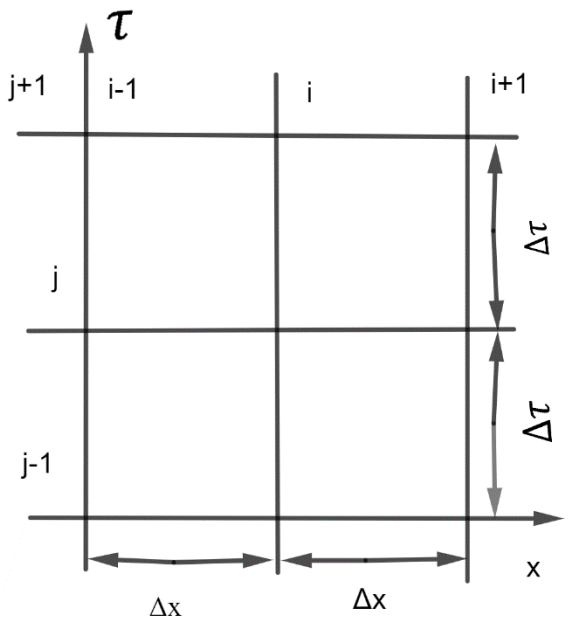


Рис. 1 – Дискретная сетка

Для получения сеточного уравнения производных заменим приближенной разностными формулами

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j}}{\Delta \tau}$$

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \frac{U_{i,j+1} - U_{i,j}}{\Delta \tau}$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}}{(\Delta x)^2}$$

$$T_{i,j} = T(x_i, \tau_j),\ U_{i,j} = U(x_i, \tau_j)$$

Обсуждение. Преобразовав уравнение (2) к виду

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \frac{a_m}{1-\varepsilon}\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{a_m \delta}{1-\varepsilon}\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

и обозначив:

$$A_1 = \frac{a_m}{1-\varepsilon},$$

$$A_2 = \frac{a_m \delta}{1-\varepsilon}$$

Получим

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = A_1\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + A_2\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Тогда, можем написать следующую разностную схему

$$\frac{T_{i,j+1}-T_{i,j}}{\Delta\tau} = a\frac{T_{i+1,j}-2T_{i,j}+T_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} + \frac{\varepsilon r_{21}}{c}\frac{U_{i,j+1}-U_{i,j}}{\Delta\tau} + \frac{Q_{i,j}}{c\rho} \quad (7)$$

$$\frac{U_{i,j+1}-U_{i,j}}{\Delta\tau} = A_1\frac{U_{i+1,j}-2U_{i,j}+U_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} + A_2\frac{T_{i+1,j}-2T_{i,j}+T_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} \quad (8)$$

Уравнения (7), (8) позволяют вычислить значения температуру и влагосодержания на последнем слое по времени $(j+1)$, если известны T и U значения на предшествующем слое (j):

$$T_{i,j+1} = T_{i,j} + \frac{a\Delta\tau}{(\Delta x)^2}(T_{i+1,j}-2T_{i,j}+T_{i-1,j}) + \frac{\varepsilon r_{21}}{c}(U_{i,j+1}-U_{i,j}) + \frac{Q_{i,j}}{c\rho}\Delta\tau \quad (9)$$

$$U_{i,j+1} = U_{i,j} + \frac{A_1\Delta\tau}{(\Delta x)^2}(U_{i+1,j}-2U_{i,j}+U_{i-1,j}) + \frac{A_2\Delta\tau}{(\Delta x)^2}(T_{i+1,j}-2T_{i,j}+T_{i-1,j}) \quad (10)$$

Известно что, устойчивость для вычислительного процесса по формулами (7), (8) обеспечивается при выполнении условий:

$$\frac{a\cdot\Delta\tau}{\Delta x^2} < 0{,}5$$

$$\frac{a_m\cdot\Delta\tau}{\Delta x^2} < 0{,}5$$

Дискретные аналоги граничных условий (3), (4) имеют вид:

$$\lambda \frac{T_{1,j} - T_{0,j}}{\Delta x} = \alpha_1 (T_{0,j} - T_{c\rho})$$

$$\lambda_m \frac{U_{1,j} - U_{0,j}}{\Delta x} = \alpha_m (U_{0,j} - U_{c\rho})$$

отсюда, находим

$$T_{1,j} = (1 + \frac{\alpha_1 \Delta x}{\lambda}) T_{0,j} - \frac{\alpha_1 \Delta x}{\lambda} T_{c\rho}$$

$$T_{0,j} = \frac{1}{1+\beta_1} T_{1,j} + \frac{\beta_1}{1+\beta_1} T_{c\rho} \qquad (11)$$

$$U_{0,j} = \frac{1}{1+\beta_2} U_{1,j} + \frac{\beta_2}{1+\beta_2} U_{c\rho} \qquad (12)$$

где:

$$\beta_1 = \frac{\alpha_1 \Delta x}{\lambda}$$

$$\beta_2 = \frac{\alpha_m \Delta x}{\lambda_m}$$

Заключение. Таким образом исходная дифференциальная задача (1)- (6) сведена к разностной задаче (9)-(12). Полученные формулы (9)-(12) позволяют вычислить значения температуру и влагосодержания хлопка-сырца на текущем слое по времени $(j+1)$, если известны значения их на предшествующем слое (j)

В результате получим численные результаты в виде таблицы, описывающие изменение температуры и влажности хлопка-сырца при ее СВЧ сушки.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Mamatov A., Parpiyev A., Kayumov A. Об одной задачи теплопереноса в комке хлопка-сырца//Ж.Тукимачилик муаммолари.-2018.-№1, Б.4-9.

2. Mamatov A., Parpiyev A., Kayumov A., Analysis of Heat Heat Transmission of Cotton-Raw Components// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 5, Issue 12, December 2018.P.7534- 7542

3. Mamatov A., Parpiyev A., Kayumov A., Mathematical models of the heat and mass exchange process during pneumo-transportation of cotton-raw// International Scientific Journal Theoretical & Applied Science, p-ISSN: 2308- 4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online), Year: 2020 Issue: 11 ,Volume: 91 P.508-513.

4. Mamatov A., Parpiev A., Shorakhmedova M. Mathematical model for calculating the temperature field of a direct-flow drying drum//Joumal of Physics: Conference

Seriesthis link is disabled, 2021, 2131(5), 052067
5. Mamatov A.Z., Usmankulov A.K., Abbazov I.Z., Norboyev U.A., Mukhametshina, E.T. Determination of Temperature of Components of Cotton- Raw Material in a Drum Dryer with a Constant// IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled, 2021, 939(1), 012052
6. Mamatov A., Bakhramov S., Narmamatov A. An approximate solution by the Galerkin method of a quasilinear equation with a boundary condition containing the time derivative of the unknown function//AIP Conference Proceedingsthis link is disabled, 2021, 2365, 070003
7. Mamatov, A.Z., Pardaev, X.N., Mardonov, J.S.H., Plekhanov, A.F. Detennining of the heat-nioisture state of raw cotton in a drum dryer//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2021, 391(1), C. 46-49.
8. Mamatov, A.Z., Zulunov R.. Sodikova M. Application Of Variational Grid Method For The Solution Of The Problem On Determining Mosture Content Of Raw Cotton In A Drum Dryer// The American Journal of Engineering and Technology (ISSN - 2689-0984) Published: February 26, 2021 | Pages: 75-82
9. Лыков А.В. Тепломассообмен (справочник). М.: Энергия, 1978.-480с.
10. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971.