

ТЕОРИЯ УВЛАЖНЕНИЯ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА**Мардонов Ботир Мардонович**

*д-р физ.-мат. наук, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: batsam@list.ru*

Усманов Хайрулла Сайдуллаевич

*канд. техн. наук, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: usmanov.khayrulla@mail.ru*

Усманов Зувайдулла Сайдуллаевич

*соискатель, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: usmanov.z2019@mail.ru*

Азимов Азимжон Олим угли

*магистр, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: azimjon_96@mail.ru*

Каюмова Дилдора Зафар кизи

*студент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: qayumova2020@mail.ru*

COTTON FIBER MOISTURE THEORY**Botir Mardonov**

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

Khayrulla Usmanov

*Candidate of Technical Sciences, Tashkent Institute of Textile and Light Industry
Uzbekistan, Tashkent*

Zuvaydulla Usmanov

*Applicant, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

Azimjon Azimov

*magistrate, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

Dildora Kayumova

*student, Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ существующих направлений по увлажнению хлопкового волокна. В результате практических исследований разработан портативный вариант увлажнителя волокна. Для описания процесса влагопереноса в слое хлопкового волокна использована диффузионная модель с осредненными параметрами для слоя хлопкового волокна.

ABSTRACT

The analysis of existing areas for moistening cotton fiber has been carried out. As a result of practical research, a portable version of the fiber humidifier has been developed. To describe the moisture transfer process in the cotton fiber layer, a diffusion model with averaged parameters for the cotton fiber layer is used.

Ключевые слова: хлопковое волокно, увлажнение, конденсор хлопкового волокна, влажность.
Keywords: cotton fiber, moistening, cotton fiber condenser, humidity.

Состояние вопроса. До настоящего времени не решена проблема создания эффективной технологии увлажнения волокнистых материалов, а также повышения влажности волокна перед прессованием до нормируемых параметров позволит облегчить процесс прессования, повысить объемную плотность волокна в кипах и снизить затраты по упаковке и транспортировке.

Авторами получен патент на полезную модель FAP 20170133 от 03.05.2019 года на разработанное портативное устройство увлажнения хлопкового волокна в конденсоре [1]. Ниже для описания процесса влагопереноса в слое хлопкового волокна использована диффузионная модель с осредненными параметрами для слоя хлопкового волокна.

Результаты исследований. Для описания процесса влагопереноса в слое хлопкового волокна между сетчатым и перфорированным барабанами рассмотрим нестационарную задачу процесса увлажнения движущегося слоя по наклонной плоскости хлопкового волокна с начальной влажностью w_0 под воздействием потока влаги интенсивностью q_0 на границе OB (рис.1).

Граница CD контактируется со средой, где отсутствует поток влаги. На границе входа в зону увлажнения влажность слоя поддерживается постоянной и равной w_n . На границе выхода из зоны увлажнения происходит контакт с внешней средой, где отсутствует поток влаги. Установим закономерности распределения влаги по толщине и длине слоя для различных моментов времени. Для описания процесса влагопереноса в слое хлопкового волокна используем диффузионную модель с осредненными параметрами для слоя хлопкового волокна.

Установим начало координат на нижней границе слоя, направим ось Ox вдоль зоны увлажнения, ось Oy перпендикулярно к ней сверху вниз. Между концентрацией влаги (в данном случае жидкости в процентах) $C(t, x, y)$ и влажностью хлопка сырца $w_1(t, x, y)$ существует зависимость [2,3] $C = \gamma_0 w_1$, где γ_0 – вес абсолютно сухого хлопкового волокна в единице объема при отсутствии усадки. Полагаем $w_1 = w(t, x, y) + w_n$, где $w(t, x, y)$ в произвольной точке слоя удовлетворяет уравнению диффузии

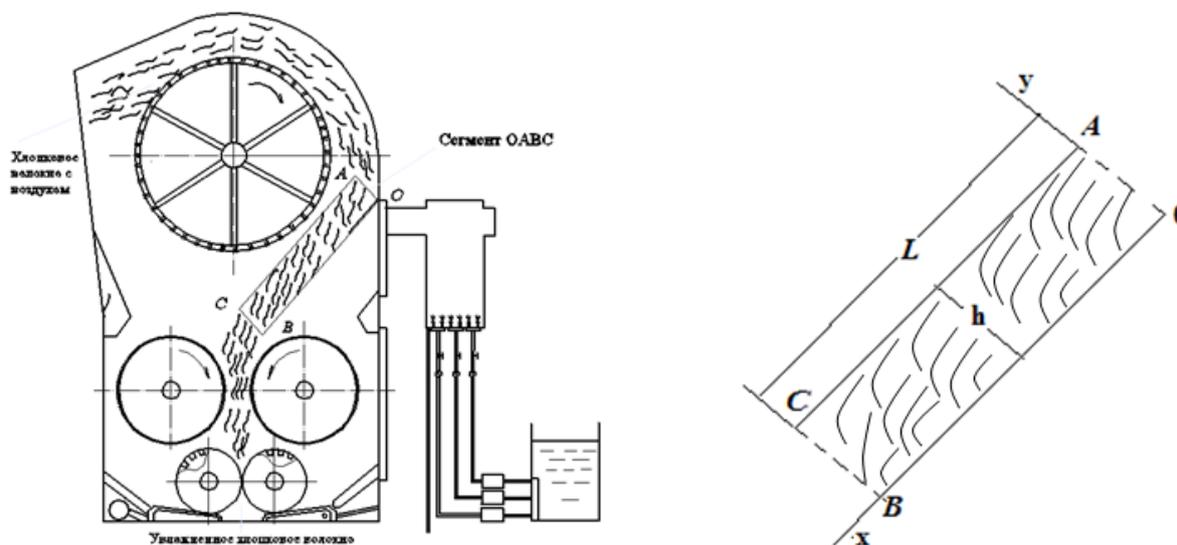


Рисунок 1. Схема для описания процесса влагопереноса в слое хлопкового волокна между сетчатым и перфорированным барабанами

$$m_0 \frac{\partial w}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) - v_0 \frac{\partial w}{\partial x} \quad 0 < x < L, \quad 0 < y < h \quad (1)$$

где m_0 – пористость (доля свободных пор в единице объема) хлопкового волокна, D – коэффициент диффузии хлопкового волокна, v_0 – скорость перемещения частиц слоя в направлении оси Ox , L и h –

длина зоны увлажнения, и толщина слоя, соответственно. Уравнение (1) интегрируется при следующих начальных и граничных условиях

$$w = w_0 - w_n \text{ при } t = 0 \quad (2)$$

$$w = 0 \text{ при } x = 0, \quad D \frac{\partial w}{\partial x} = 0 \text{ при } x = L \quad (3)$$

$$D \frac{\partial w}{\partial y} = -q_0 \text{ при } y = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial y} = 0 \text{ при } y = h, \quad (4)$$

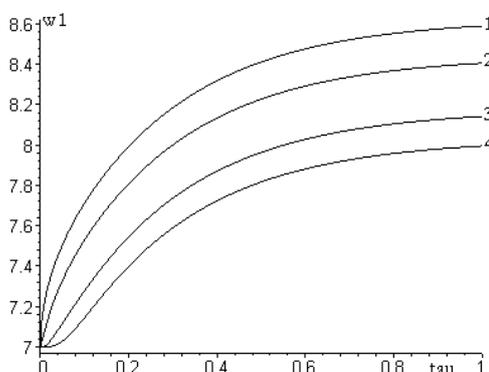
Вводя безразмерные переменные $\tau = Dt / m_0 L^2$, $\xi = x / L$, $\eta = y / L$, параметры $\gamma_0 = v_0 L / 2D$, $\bar{q}_0 = q_0 L / D$, $\eta_0 = h / L$ и новую функцию по формуле $u = w(\tau, \xi, \eta) \exp(-\gamma_0 \xi)$, уравнения (1) и граничные условия (2)-(4) приведем к виду

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} - \gamma_0^2 u \quad (5)$$

$$u = (w_0 - w_n) \exp(-\gamma_0 \xi) \text{ при } \tau = 0 \quad (6)$$

$$u = 0 \text{ при } x = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial \xi} + \gamma_0 u = 0 \text{ при } \xi = 1 \quad (7)$$

а)



$$\frac{\partial u}{\partial \eta} = -\bar{q}_0 \exp(-\gamma_0 \xi) \text{ при } \eta = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial \eta} = 0 \text{ при } \eta = \eta_0, \quad (8)$$

Решение уравнения (5), удовлетворяющее условиям (6)-(8), получим в виде бесконечных рядов [4]

$$u = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\infty} T_{0k}(\tau) \sin \lambda_k \xi + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} T_{nk}(\tau) \sin \lambda_k \cos \frac{\pi n}{\eta_0} \eta$$

$$\text{где } T_{0k} = 2c_k \left(w_0 - w_n - \frac{\bar{q}_0}{\eta_0 \beta_{0k}} \right) \exp(-\beta_{0k} \tau) + \frac{2\bar{q}_0}{\eta_0 \beta_{0k}},$$

$$T_{nk} = c_k \left(w_0 - w_n - \frac{2\bar{q}_0}{\eta_0 \beta_{nk}} \right) \exp(-\beta_{nk} \tau) + \frac{2\bar{q}_0}{\eta_0 \beta_{nk}}$$

$$c_k = b_k / a_k, \quad b_k = \int_0^1 \exp(-\gamma_0 \xi) \sin \lambda_k \xi d\xi,$$

$$a_k = \int_0^1 \sin^2 \lambda_k \xi d\xi, \quad \beta_{nk} = \lambda_k^2 + \pi^2 n^2 / \eta_0^2 + \gamma_0^2, \quad \lambda_k -$$

корни уравнения $\lambda_k \cos \lambda_k + \gamma_0 \sin \lambda_k = 0$

На рисунке представлены зависимости влаги от безразмерного времени $\tau = \text{tau}$ на выходе из зоны увлажнения $\xi = 1$ на различных расстояниях от верхней границы $\eta = 0$ слоя для двух значений параметра γ_0 .

б)

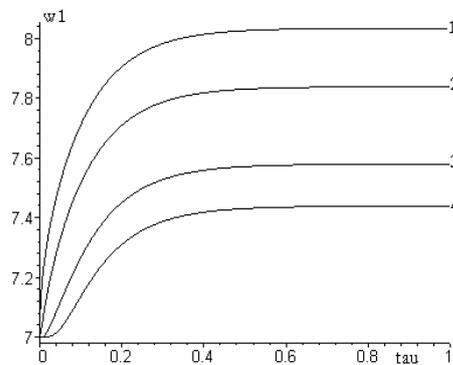


Рисунок 2. Зависимости влаги по времени $\tau = \text{tau}$ при $\gamma_0 = 0.5$ (а) и $\gamma_0 = 4$ (б) на различных расстояниях от верхней границы слоя η : 1- $\eta = 0$, 2- $\eta = 0.3$, 3- $\eta = 0.4$, 4- $\eta = 0.6$

В расчетах принято: $w_0 = w_n = 7$, $\eta_0 = 0.6$, $\bar{q}_0 = 2$. Видно, что с уменьшением значений параметра γ_0 (что может соответствовать снижению скорости движения слоя), интенсивность роста влаги по времени уменьшается, что приводит к увеличению степени увлажненности слоя.

Выводы. Проведенный анализ современного состояния техники и технологии процесса увлажнения хлопкового волокна позволяет сделать следующие выводы:

1. Разработан эффективный портативный способ увлажнения хлопкового волокна в конденсоре волокна, на который получено положительное решение №7262 от 03.05.2019 года о выдаче патента на полезную модель FAP 20170133.

2. Установлена закономерность распределения влаги по толщине и длине слоя для различных моментов времени. Для описания процесса влагопереноса в слое хлопкового волокна использована диффузионная модель с осредненными параметрами для слоя хлопкового волокна.

3. Выявлено, что изменение влажности по времени в слоях хлопкового волокна приблизительно подчиняется экспоненциальному закону и с ростом

параметра γ_0 на верхней границе слоя влажность по времени постоянна.

Список литературы:

1. Гуляев Р.А., Лугачев А.Е., Усманов Х.С., Усманов З.С. Положительное решение №7262 от 03.05.2019 года о выдаче патента на полезную модель FAP 20170133.
2. А.В.Лыков Теория сушки М.Л. 1950.. 416 с.
3. Gulyaev R A, Lugachev A E & Usmanov H S, World Cotton: Yesterday, Today, Tomorrow (Russian) (Lap Lambert Academic Publishing), 2017, 180.
4. А.Н.Тихонов, А.А.Самарский Уравнение математической физики М. «Наука», 1977. 736 с.