УДК:677.01:519.7

# АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ОХЛАЖДЕНИЕ СЕМЕНА В ЛЕТУЧКИ ХЛОПКА СЫРЦА

**Маматов Алишер Зунунович**
*Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти, техника фанлари доктори, проф, https://orcid.org/0009-0006-2458-7047 Email: maz54@mail.ru*
**Пардаев Ханимкул Нормаматович**
*Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти, техника фанлари доктори, проф. https://orcid.org/0009-0002-9930-177. Email: hanimkul@bk.ru*
**Бомуротов Шербек Нажмидинович**
*Гулистон давлат педагогика институте , https://orcid.org/0009-0006-2601-9131 Email: bomurotov120592@gmail.com*

**Аннотация:** В работе рассмотрена одна задача решение нестационарного тепло-массообменного процесса, происходящего при охлаждении хлопка-сырца. Предложено математическая модель в виде третьей краевой задачи уравнения теплопроводности для определения температуры семена хлопка-сырца при её охлаждения. Данная задача решена методом Фурье и получен аналитическое решение для вычисления температуры семена хлопка.

**Ключевые слова.** Тепло и массообмен, охлаждения, семена хлопка-сырца, качества волокна, начальная температура, законы термодинамики теплопроводность, Фурье, Ньютон, дифференциальное уравнение, параболический тип, ортогональности функции, характеристическое уравнение.

**Abstract:** The paper considers one problem of solving a non-stationary heat and mass transfer process occurring during cooling of raw cotton. A mathematical model in the form of the third boundary value problem of the heat conductivity equation is proposed to determine the temperature of raw cotton seeds during their cooling. This problem is solved by the Fourier method and an analytical solution is obtained for calculating the temperature of cotton seeds.

**Key words:** Heat and mass transfer, cooling, raw cotton seeds, fiber qualities, initial temperature, laws of thermodynamics, thermal conductivity, Fourier, Newton, differential equation, parabolic type, orthogonality of function, characteristic equation.



ISSN 3030-3907

**Annotatsiya**: Maqolada paxta xom ashyosini sovutish jarayonida yuzaga keladigan statsionar bo'lmagan issiqlik va massa almashish jarayonida yuz beradigan bir masalasi ko'rib chiqilgan. Paxta xomashyosi chigitini sovutish davridagi haroratni aniqlash uchun issiqlik o‘tkazuvchanlik tenglamasining uchinchi chegaraviy masala ko‘rinishidagi matematik model taklif qilingan. Bu masala Fur’ye usuli bilan yechilib, paxta xom ashyosi chigitining haroratini hisoblash uchun analitik yechim olingan.

**Kalit so'zlar.** Issiqlik va massa almashish, sovutish, paxta chigiti, tola sifatlari, boshlang’ich harorat, issiqlik o’tkazuvchanlik termodinamika qonunlari, Furye, Nyuton, differensial tenglama, parabolik tip, funksiya ortogonalligi, xarakteristik tenglama.

**Введение.** В хлопковой промышленности основной проблемой является качество выпускаемой продукции, т.е. волокна и семян. Качество выпускаемой продукции во многим зависит от подготовки хлопка-сырца к переработке на хлопзаводах, и в первую очередь, от процесса сушки и охлаждения хлопка-сырца. Основной задачей сушки хлопка-сырца является доведение его влажности до нормированной. Но эта задача не всегда решается успешно по современной технологии переработки хлопка-сырца. Основным недостатком процесса сушки и охлаждение хлопка-сырца является теоретически мало изученность самого процесса и разработки новые технологии процесса сушки. Отсюда вытекает необходимость построения и исследования математических моделей для определения тепло-влажностного состояния компонентов хлопка-сырца.

**Обзор литератур.** Процесс охлаждения характеризуется взаимодействием внешних и внутренних факторов, теплообменом между воздушно-волокнистой массой и семя. Особое внимание уделено темпу распространения тепла внутри семя, что является критически важным для сохранения качества волокна и семян хлопка. Над совершенствованием технологии очистки и разработки теории сушки хлопка-сырца занимались ученные А.П. Парпиев, М.Т. Хожиев, Н. Мухитдинов, Б.Мардонов, А. Маматов, А.Усманкулов и др. [1-9].

**Методология исследования.** Для анализа процесса охлаждения семян, рассмотрим математическая модель распространения тепла в семени хлопка, представленном в виде шара.

Пусть известна $g(\tau)$ – температура воздушно-волокнистой массы. И пусть происходить теплообмен по закону Ньютона между семена и воздушно-волокнистой массы.



ISSN 3030-3907

Тогда, рассмотрим третью краевую задачу уравнения теплопроводности для определение температуры семена хлопка-сырца при её охлаждения [10]:

$$\begin{cases} c_1\rho_1 \dfrac{\partial T}{\partial r} = \lambda_1 \left( \dfrac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \dfrac{2}{r} \dfrac{\partial T}{\partial r} \right) & 0 < r < R_1 \\ -\lambda_1 \dfrac{\partial T}{\partial r} + \alpha_1 \left( -T + g(\tau) \right) = 0, \quad r = R_1, \quad T(0,r) \neq \infty \end{cases} \tag{1}$$

$$T|_{\tau=0} = T_0$$

где $c_1, \lambda_1, \rho_1$ - соответственно теплоемкость, теплопроводность, плотность семена хлопка соответственно, $\alpha_1$ - поверхностный коэффициент теплообмена между волокнистой массы и семена; $T_0, T$ −начальная и текущая температура семена хлопка.

**Анализ и результаты.** Вводя обозначения $\xi = \frac{r}{R_1}$ задачу напишем в виде

$$\begin{cases} \dfrac{\partial T}{\partial r} = \dfrac{a_1}{R_1^2} \left( \dfrac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \dfrac{2}{\xi} \dfrac{\partial T}{\partial \xi} \right) \\ \dfrac{\partial T}{\partial \xi} + HR(g(\tau) - T) = 0 \qquad r = R \\ T(\xi, 0) = T_0, \qquad T(0,r) < \infty \end{cases} \tag{2}$$

Где

$$a_1 = \frac{\lambda_1}{c_1\rho_1}, \qquad H = \frac{\alpha_1}{\lambda_1}$$

Решение ищем в виде

$$T(\xi,\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \overline{T_n}(\tau) \frac{sin\mu_n\xi}{\xi} + g(\tau) \tag{3}$$

Используя краевые условия получим

$$\overline{T_n}(\tau) \cdot [\mu_n cos\mu_n - sin\mu_n + HRsin\mu_n] = 0$$



ISSN 3030-3907

Отсюда

$$tg\mu = -\frac{\mu}{HR-1} \qquad (4)$$

Следовательно, $\mu_n$ −решение характеристического уравнения (4).

Решение (3) подставим в уравнение (2)

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[\overline{T_n'}(\tau) + \frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}T_n(r)\right]\frac{sin\mu_n\xi}{\xi} = -g'(r)$$

Учитывая ортогональности функции $sin\mu_n\xi$, имеем

$$\frac{d\overline{T_n}}{d\tau} + \frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}\overline{T_n}(\tau) = -b_n g'(\tau) \qquad (5)$$

где

$$b_n = \frac{2(sin\mu_n - \mu_n cos\mu_n)}{\mu_n(\mu_n - sin\mu_n cos\mu_n)}$$

Решение однородного уравнения (5) ищем в виде

$$\overline{T_n}(\tau) = Ae^{\lambda\tau}$$

Подставляя её в однородное уравнение (5) имеем

$$\lambda = -\frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}$$

Решение неоднородного уравнения находим по методу вариации постоянной

$$\overline{T}_n(\tau) = A(\tau)e^{-\frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}\tau}$$

Подставляя в уравнение (5) находим

$$\frac{dA(\tau)}{d\tau} = -b_n g'(\tau)e^{-\frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}\tau}$$

Отсюда

$$A(\tau) = -\int_0^r b_n g'(\tau)e^{-\frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}\tau}d\tau + c$$



ISSN 3030-3907

Тогда, общее решение неоднородного уравнения (5) имеет вид

$$\overline{T_n}(\tau) = e^{-\frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}\tau}\left[c - b_n\int_0^{\tau} g'(\theta)e^{-\frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}\theta}d\theta\right]$$

Используя начальные условия, находим

$$c = -b_n g(0) + b_n T_0$$

Следовательно, решение задачи (1) имеет вид

$$T(\xi,\tau) = [T_0 - g(0)]\cdot T_1(\xi,\tau) - \int_0^{\tau} g'(\theta)T_1(\xi,\tau-\theta)\,d\theta + g(\tau)$$

где

$$T_1(\xi,\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \frac{sin\mu_n\xi}{\mu_n\xi} e^{-\frac{a_1\mu_n^2}{R_1^2}\tau}$$

$$A_n = b_n\mu_n\ , \qquad a_n = \frac{a_1\mu_n^2}{R_1}.$$

**Заключение и предложение.** Предложена математическая модель в виде третьей краевой задачи уравнения теплопроводности для определение температуры семена хлопка-сырца при её охлаждения. Задача нестационарного тепло-массообменного процесса, происходящего при охлаждении хлопка-сырца решена методом разделение переменных-методом Фурье и получен аналитическое решение температуры семена хлопка. Данную математическую модель и ее аналитическое решение можно использовать и при определение температуры хлопка-сырца, когда исследуется охлаждения комка в виде шара.

## Список использованных литератур

1. Parpiev A.P., Kayumov A.H., Pardayev H. Effect of temperature of steady heating components of cotton-seed at drying process// European science review, vol.7-8, pp.205-207, 2016.

2. Parpiyev A.P., Kayumov A.H., Akhmatov N. Definition of area of soft temperature drying condition// European science review, vol.7-8, pp.208-211, 2016.



ISSN 3030-3907

3. Parpiyev A.P., Kayumov A.H. Analytical review of the applied temperature in the process of drying raw cotton// Scientific and Technical Journal of FerPI, Vol.1, pp.29-34. 2017.

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

5. 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

6. 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.

7. Mamatov A., Parpiev A., Shorakhmedova M. Mathematical model for calculating the temperature field of a direct-flow drying drum// Journal of Physics: Conference Seriesthis link is disabled, 2021, 2131(5), 052067

8. 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 Science this link is disabled, 2021, 939(1), 012052

9. Mamatov A.Z., Pardaev X.N., Mardonov J., Plekhanov A.F. Determining of the heat-moisture state of raw cotton in a drum dryer// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennostithis link is disabled, 2021, 391(1), C. 46–49

10. Лыков А.В. Тепломассообмен (справочник). М.: Энергия, 1978. – 480с.



ISSN 3030-3907