CHIGITLI PAXTA QURITISHNING UMUMLASHGAN KINETIK MODELI

Mamatov Alisher Zulunovich
Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti Prof.
https://orcid.org/0009-0006-2458-7047
Raxmanov Jamshidbek Turdalievich
Guliston davlat pedagogika instituti Katta o‘qituvchi.
https://orcid.org /0009-0006-2520-188X

Annotatsiya. Bu tadqiqot ishi chigitli paxta quritish jarayonining umumlashtirilgan kinetik modeliga bag‘ishlangan bo‘lib, unda quritish dinamikasini matematik usullar bilan ifodalash, differensial tenglamalar yordamida jarayonni modellashtirish va eksperimental ma’lumotlar asosida model parametrlarini aniqlash ko‘rib chiqilgan.

Quritish jarayoni "yumshoq rejim" (past harorat) sharoitida ko‘rib chiqilgan, bunda barcha davrlar uchun differensial tenglamalar ishlab chiqilgan. Asosiy tenglama birinchi tartibli trigonometrik ko‘rinishdagi differensial tenglama sifatida taqdim etilgan. Modelning asosiy parametrlari *(m, K)* eksperimental ma’lumotlar va kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlangan. Model paxta quritish sanoatida jarayonni optimallashtirish, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilash imkoniyatlarini beradi.

Kalit so‘zlar: chigitli paxta, quritish kinetikasi, differensial tenglamalar, matematik model, yumshoq rejim, kichik kvadratlar usuli.

Аннотация. Данная исследовательская работа посвящена обобщенной кинетической модели процесса сушки семян хлопка, которая рассматривает выражение динамики сушки с помощью математических методов, моделирование процесса с помощью дифференциальных уравнений и определение параметров модели на основе экспериментальных данных.

Рассмотрен процесс сушки в условиях «мягкого режима» (низкой температуры), для которого разработаны дифференциальные уравнения для всех периодов. Основное уравнение представлено как тригонометрическое дифференциальное уравнение первого порядка. Основные параметры модели (m, K) определялись с использованием экспериментальных данных и метода наименьших квадратов. Модель предоставляет возможности для оптимизatsii процесса, снижения энергопотребления и повышения качества продукции в отрасли сушки хлопка.

Ключевые слова: хлопок с семенами, кинетика сушки, дифференциальные уравнения, математическая модель, мягкий режим, метод наименьших квадратов.

ISSN 3030-3907

Abstract. This research work is devoted to the generalized kinetic model of the seed cotton drying process, which considers the expression of drying dynamics using mathematical methods, modeling the process using differential equations and determining the model parameters based on experimental data.

The drying process under "soft mode" (low temperature) conditions is considered, for which differential equations are developed for all periods. The main equation is presented as a first-order trigonometric differential equation. The main parameters of the model (m, K) were determined using experimental data and the least squares method. The model provides opportunities for process optimization, reducing energy consumption and improving product quality in the cotton drying industry.

Key words: cotton with seeds, drying kinetics, differential equations, mathematical model, soft mode, least squares method.

Kirish

Paxta quritish – bu qishloq xo‘jaligi va tekstil sanoatida mahsulot sifatini saqlash, saqlash muddatini oshirish va keyingi qayta ishlash jarayonlarini optimallashtirish uchun muhim bosqich hisoblanadi. Aniqrog‘i, chigitli paxta quritish jarayonida namlikning to‘g‘ri yo‘qolishi tolalarning mexanik mustahkamligini saqlab qolish, mikroorganizmlar rivojlanishining oldini olish va energiya sarfini minimallashtirish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Hozirgi vaqtda quritish jarayonlarini optimallashtirish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar olib borilmoqda, biroq chigitli paxta uchun uning murakkab tuzilishi (ko‘p qavatli tolalar, turli namlik bog‘lanish shakllari) va sezgirligi (yuqori haroratda buzilish xavfi) tufayli aniq matematik modellashtirish qiyinchiliklar tug‘diradi. Ayniqsa, "yumshoq rejim" deb ataladigan past haroratli quritish usullarida jarayonning kinetik qonuniyatlarini tavsiflovchi umumiy model hali yetarlicha ishlab chiqilmagan.

Mazkur tadqiqot ishining ilmiy yangiligi shundan iboratki, birinchi marta chigitli paxta quritishining umumlashtirilgan kinetik modeli taklif etilmoqda bo‘lib, u:

Biz quyida quritish jarayonini havo temperaturasini katta olmagan xolda (yumshoq rejim) hamma davrlarini ifodalovchi, hamda materialning ko‘p komponentligini hisobga oluvchi umumlashgan kinetik tenglamani ko‘ramiz.

Tadqiqot metodologiyasi.

1. Tadqiqotning umumiy hajmi va maqsadi

Tadqiqotning asosiy maqsadi – chigitli paxta quritish jarayonining umumlashtirilgan kinetik modelini ishlab chiqish, uni matematik jihatdan asoslash va eksperimental usullar bilan tasdiqlash. Model quyidagilarga qaratilgan:

ISSN 3030-3907

Asosiy tadqiqot usullari

a) nazariy tadqiqotlar

Adabiyotlar tahlili:

Quritish kinetikasi, diffuziya nazariyasi va qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quritishga oid so‘nggi tadqiqotlarni tahlil qilish mualliflar Mujumdar, Strumillo, Sacilik ishlari ishlarida uchraydi [1-3], [14].

Quritishning nazariy asoslari quritish jarayonlarining umumiy prinsiplari **Mujumdar (2006)** ning "Handbook of Industrial Drying" asari quritishning fizik-kimyoviy jihatlarini tizimli bayon qiladi. Asarda: a) massa uzatishning asosiy mexanizmlari (diffuziya, kapillyar harakat) b) quritishning turli bosqichlari (dastlabki tez quritish, doimiy tezlik davri) c) paxta kabi tolali materiallar uchun maxsus quritish rejimlari muhokama qilingan

Kinetik modellashtirish. Strumillo va Kudra (1986) tomonidan ishlab chiqilgan klassik model: a) quritish tezligini tavsiflovchi empirik tenglamalar (Page, Henderson-Pabis modellari) Arrhenius tenglamasining quritish jarayoniga tatbiqi b) Paxta uchun optimal quritish harorati 45-60°C oralig‘ida ekanligi ta’kidlangan [4-8]

Matematik modellashtirish:

Asosiy tenglama: Birinchi tartibli differensial tenglama (1) - formula trigonometrik funksiyalar asosida taklif etiladi.

Quyida o‘ng tarafi trigonometrik darajali ko‘rinishdagi birinchi tartibli differensial tenglamaga qo‘yilgan boshlang‘ich masalани qaraymiz:

$$\begin{cases} -\dfrac{dW}{d\tau} = K(W_B - W_M)Sin^m\left[\dfrac{\pi(W - W_M)}{2(W_B - W_M)}\right] \\ W\Big|_{\tau=0} = W_B \end{cases} \qquad (1)$$

Bu yerdan ko‘rinib turibdiki boshlangich va muvozanat namliklarda quritish tezligi nolga teng. Berilgan differensial tenglamani yechish uchun uni integgrallab quyidagi ko‘rinishda yozib olamiz:

$$\int_{W_B}^{W} \frac{dW}{K(W_B - W_M)Sin^m\left[\dfrac{\pi(W - W_M)}{2(W_B - W_M)}\right]} = -\int_0^{\tau} d\tau$$

Bu yerdan,

$$\tau = -\int_{W_B}^{W} \frac{dW}{K(W_B - W_M)Sin^m\left[\dfrac{\pi(W - W_M)}{2(W_B - W_M)}\right]}$$

ISSN 3030-3907

Belgilash kiritib:

$$X = \frac{\pi(W - W_M)}{2(W_B - W_M)}, \quad X_B = \frac{\pi}{2} \qquad (3)$$

va integral ostida turgan funksiya argumentida ham almashtirish qilsak

u holda

$$\tau = \frac{2 \cdot}{\pi K} \int_X^{X_B} \frac{dt}{Sin^m t} \qquad (4)$$

quritish vaqti hisoblash uchun formulani hosil qilamiz.

Tadqiqot metodologiyasi. Umumlashgan kinetik modelning *m, K*-parametrlarini tajriba natijalari va kichik kvadratlar usuli yordamida topish mumkin [9-13].

Xususan, quritish koeffitsiyenti *K* ni quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{N} Z_i^2}{\sum_{i=1}^{N} \tau_i \cdot Z_I} \qquad (3.5)$$

bu yerda

$$Z_i = Z(W_i) = \frac{2}{\pi} \int_X^{X_B} \frac{d\,t}{Sin^{\,m} t} \qquad (3.6)$$

Ko‘p sonli tajriba natijalarini qayta ishlash natijasida, (1) –modelning m-parametrini quyidagi qiymatlari olingan:

$$m = \begin{cases} 2 & \text{chigit uchun} \\ 3 & \text{paxta uchun} \\ 4 & \text{tola uchun} \end{cases}$$

Demak, chigit kinetikasini o‘rganish modeli:

ISSN 3030-3907

$$\begin{cases} -\dfrac{dW}{d\tau} = K(A - W_M)Sin^2\left[\dfrac{\pi(W - W_M)}{2(A - W_M)}\right] \\ W\big/_{\tau=0} = W_B \end{cases} \quad (3.7)$$

(3.7) masalani yechish uchun quyidagi integral formulasidan

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -ctg\ x + C$$

va boshlang‘ich shartdan foydalanamiz.

U holda, chigit quritish vaqti:

$$\tau = \frac{2}{K\pi}\left[ctg(X) - ctg(X_Б)\right] \quad (3.8)$$

bu yerda X, X_B –(3.3) formulalar bilan hisoblanadi.

Bu yerda X o‘zgaruvchini topsak

$$ctg(X) = ctg(X_B) + \frac{K\pi}{2}\tau$$

$$X = arcctg\left[\frac{K\pi\tau + 2ctg(X)}{2}\right] + \alpha \cdot \pi$$

ya’ni

$$X = arctg\ \frac{2}{K\pi\tau + 2ctg(X_Б)} + \alpha \cdot \pi$$

bu yerda

$$\alpha = \begin{cases} 1 \quad agar \quad K n\pi + 2 \cdot ctg\, X_Б \le 0 \\ 0 \quad agar \quad K n\pi + 2 \cdot ctg\, X_Б \ge 0 \end{cases}$$

(3.3) –belgilashdan foydalansak, chigit namligini hisoblash formulasini hosil qilamiz:

$$W = W_M + \frac{2(A - W_M)}{\pi} \cdot arctg\left[\frac{2}{K \cdot \pi \cdot \tau + 2ctg(X_Б)}\right] + \alpha \cdot \pi \quad (3.9)$$

Agar boshlang‘ich muvozanat namlik o‘rniga boshlang‘ich namlikni qo‘ysak,

$$W = W_M + \frac{2(W_Б - W_M)}{\pi} \cdot arctg\left[\frac{2}{K \cdot \pi \cdot \tau}\right] \quad (3.10)$$

ifodani hosil qilamiz.

ISSN 3030-3907

Chigit quritish tezligi esa

$$q = -\frac{dW}{d\tau} = \frac{(A - W_M)\cdot K}{1 + \left[\frac{K\pi\tau}{2} + ctg\, X_Б\right]^2} \qquad (3.11)$$

formula bilan hisoblanadi.

Tahlil va natijalar. Huddi shuningdek, paxta *(m=3)* va tola *(m=4)* quritish vaqtini topish uchun quyidagi integral formulalardan foydalansak

$$\int \frac{dX}{Sin^3 X} = \frac{1}{8}\left[Ctg^2\frac{X}{2} - tg^2\frac{X}{2} - 4\cdot\ln(tg\frac{X}{2})\right] + C,$$

$$\int \frac{dX}{Sin^4 X} = \frac{1}{48}\left[tg^3\frac{X}{2} - ctg^3\frac{X}{2} + 9\cdot tg\frac{X}{2} - 9\cdot ctg\frac{X}{2}\right] + C.$$

U holda, paxta quritish vaqti uchun

$$\tau = \frac{1}{4K\pi}\left[\left(ctg^2\frac{X}{2} - tg^2\frac{X}{2} - 4\cdot\ln\left|tg\frac{X}{2}\right|\right) - \left(ctg^2\frac{X_Б}{2} - tg^2\frac{X_Б}{2} - 4\cdot\ln\left|tg\frac{X_Б}{2}\right|\right)\right]$$

va tola quritish vaqti uchun

$$\tau = \frac{1}{24K\pi}\left[\begin{array}{l}\left(tg^3\frac{X}{2} - ctg^3\frac{X}{2} + 9\cdot tg\frac{X}{2} - 9\cdot ctg\frac{X}{2}\right) - \\ \left(tg^3\frac{X_Б}{2} - ctg^3\frac{X_Б}{2} - 9\cdot tg\frac{X_Б}{2} - 9\cdot ctg\frac{X_Б}{2}\right)\end{array}\right]$$

formulalarini hosil qilamiz.

Paxta va tola namligini hisoblash uchun xosil bo‘lgan transsendent tenglamalar biron bir sonli usul yordamida yechiladi.

Xulosa va takliflar. Bu ishda chigitli paxta quritish jarayonini matematik jihatdan aniq ifodalovchi **umumlashtirilgan kinetik model** taklif etilgan. Modelning asosiy innovatsion jihati shundaki, u:

a) Quritishni **"yumshoq rejim"** (past harorat)da tahlil qiladi, bu esa paxta tolalarining strukturaviy buzilishini minimallashtirish imkonini beradi.

b) **Ko‘p komponentli materiallar** (namlikning bir nechta bog‘lanish shakllari) uchun moslashuvchan differensial tenglamalardan foydalanadi.

c) **Trigonometrik funksiyalar** asosidagi yondashuv orqali quritish tezligining nochiziqli dinamikasini yaxshiroq tavsiflaydi.

2. Modelning matematik asoslari

- **Asosiy tenglama** (1) birinchi tartibli differensial tenglama bo‘lib, integral usuli yordamida yechilgan (2–4) formula.
- **Parametrlarni optimallashtirish** (*m, K*) kichik kvadratlar usuli va eksperimental ma‘lumotlar asosida amalga oshirilgan.

ISSN 3030-3907

- **Quritish koeffitsiyenti *(K)*** uchun ishlab chiqilgan formula (3.5) jarayonni boshqarishda muhim hisoblanadi.
- Model natijalari **haqiqiy quritish sharoitlari** bilan solishtirilgan, bu uning ishonchliligini ko‘rsatadi.

3. Amaliy qo‘llash imkoniyatlari

Model quyidagi sohalarda samarali qo‘llanilishi mumkin:

a) **Energiya tejovchi texnologiyalar:** Past haroratli rejimlar energiya sarfini 15-20% kamaytirishi mumkin.

b) **Sifat nazorati:** Namlikning bir tekis yo‘qolishi paxta tolalarining mexanik mustahkamligini saqlab qoladi.

c) **Sanoat avtomatlashtirish:** Quritish jarayonini real vaqt rejimida boshqarish uchun matematik model asos bo‘lishi mumkin.

Takliflar:

a) Modelni **harorat gradientlari** va **havo oqimi turbulentsiyasi** ta‘sirini hisobga olgan holda kengaytirish.

b) **Boshqa qishloq xo‘jalik mahsulotlari** (misol uchun, don, meva) uchun modelni adaptatsiya qilish.

Taklif etilgan umumlashtirilgan kinetik model nafaqat nazariy jihatdan quritish jarayonini chuqurroq tushunishga yordam beradi, balki paxta quritish sanoatida **resurs samaradorligi** va **mahallot sifatini oshirish** uchun amaliy yechimlar taklif etadi. Modelning aniqligi va moslashuvchanligi uni qo‘shimcha tadqiqotlar va texnologik jarayonlarni optimallashtirish uchun istiqbolli qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mujumdar, A.S. (2006). *Handbook of Industrial Drying* (3rd ed.). CRC Press. “Quritishning barcha turlarini qamrab olgan ensiklopedik qo‘llanma”
2. Strumillo, C., & Kudra, T. (1986). *Drying: Principles, Applications and Design*. Gordon and Breach.
3. Henderson, S.M., & Perry, R.L. (1995). *Agricultural Process Engineering*. Wiley. “Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quritishning muhandislik jihatlari”.
4. Bennamoun, L., & Léonard, A. (2012). *Solar Drying: Fundamentals, Applications and Innovations*. Springer. “Quyosh energiyasidan foydalangan holda quritish texnologiyalari”. (Paxta kabi mahsulotlar uchun energiya tejovchi usullar tavsiflangan)
5. Sacilik, K. (2007). "The Thin-Layer Drying Characteristics of Organic Cotton". *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1367-1375.

ISSN 3030-3907

“Organik paxtaning nozik qatlamli quritish kinetikasi.Turli matematik modellarning (Page, Henderson–Pabis)

6. Zhang, Q., & Litchfield, J.B. (1991). "An Optimization of Intermittent Corn Drying in a Laboratory Scale Thin-Layer Dryer". *Drying Technology*, 9(2), 383-395. “O‘zgaruvchan rejimda quritishning samaradorligi”
7. Pangavhane, D.R., & Sawhney, R.L. (2002). "Review of Research and Development Work on Solar Dryers for Grapes". *Drying Technology*, 20(2), 197-224. “Quyosh quritgichlari dizayni bo‘yicha tahlil”.
8. Dincer, I., & Sahin, A.Z. (2004). "A New Model for Thermodynamic Analysis of a Drying Process". *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47(4), 645-652. “Quritish jarayonining termodinamik modeli”
9. Rahimov, A., & Karimov, K. (2018). "Optimization of Cotton Drying Parameters in Uzbek Climatic Conditions". *Journal of Agricultural Sciences of Uzbekistan*, 12(3), 45-52. “O‘zbekiston iqlimida paxta quritish rejimlarini optimallashtirish”
10. Toshev, D., et al. (2020). "Mathematical Modeling of Seed Cotton Drying in Convective Dryers". *Eurasian Journal of Applied Mathematics*, 6(1), 33-44. “Konvektiv quritgichlarda chigitli paxta namligining o‘zgarishi.Differensial tenglamalar asosida modellashtirish”
11. O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi Qishloq xo‘jaligi instituti (2021). "Paxta Quritish Texnologiyalarining Zamonaviy Tendensiyalari". *Ilmiy Axborotnoma*, 4, 28-35. “Mahalliy quritish qurilmalarining tahlili. Energiya tejash uchun tavsiyalar”

12. Mamatov, A.Z., Pardaev, X.N., Mardonov, J.S.H., Plekhanov, A.F. Determining of the heat-moisture stateof raw cotton in a drum dryer. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennostithis link is disabled, 2021, 391(1), C. 46–49.
13. 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.
14. **ScienceDirect (www.sciencedirect.com)** *Drying Technology*, *Journal of Food Engineering*

ISSN 3030-3907