

## TUT IPAK QURTI PILLALARIGA TERMIK ISHLOV BERISH JARAYONINI MODELLASHTIRISH

**Mirsaatov Ravshanbek Muminovich**

*Texnika fanlari doktori, professor Toshkent davlat transport universiteti* <https://orcid.org/0000-0001-5745-4431> e-mail: [mirsaatov61@mail.ru](mailto:mirsaatov61@mail.ru)

**Sultanxodjaeva Gulnoza Shuxratovna**

*Kata o'qituvchi Toshkent davlat transport universiteti* <http://orcid.org/0009-0005-3355-790X> e-mail: [gsultankhodjaeva@gmail.com](mailto:gsultankhodjaeva@gmail.com) tel: +99890-946-63-98

**Annotatsiya:** Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berishda quyosh energiyasidan foydalanish istiqbolli yondashuvlardan biridir. Pilladan olinadigan ipakning miqdori va sifati termik ishlov berish usullariga bevosita bog'liq. Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi elektr texnik qurilma ichidagi issiqlik almashinuvi jarayonlarini modellashtirishda kiruvchi va chiqib ketuvchi oqimlarning miqdoriy va harorat ko'rsatkichlari hisobga olinadi. Jarayonlarni chuqur tahlil qilish va optimallashtirish maqsadida qurilma ichidagi issiqlik almashinuvi jarayonini tavsiflovchi matematik model ishlab chiqilgan, bu esa ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilish va samaradorligini oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga imitatsion modellashtirish qurilma ichida kechadigan issiqlik jarayonlarini tadqiq etish, shuningdek, turli omillarning pilla harorat rejimiga ta'sirini baholashga sharoit yaratdi.

**Kalit so'zlar:** texnologik jarayon, oqim, balans, modellashtirish, jarayon, energiya, harorat, pilla, issiqlik miqdori, energiya sarfi.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОКОНОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

**Мирсаатов Равшанбек Муминович**

*Доктор технических наук, профессор Ташкентский государственный транспортный университет* <https://orcid.org/0000-0001-5745-4431> e-mail: [mirsaatov61@mail.ru](mailto:mirsaatov61@mail.ru)  
tel: +99890352-21-61

**Султанходжаева Гулноза Шухратовна**

*Старший преподаватель Ташкентский государственный транспортный университет* <http://orcid.org/0009-0005-3355-790X> e-mail: [gsultankhodjaeva@gmail.com](mailto:gsultankhodjaeva@gmail.com) tel: +99890-946-63-98

**Аннотация:** Использование солнечной энергии при термической обработке коконов тутового шелкопряда является одним из перспективных подходов. Количество и качество получаемого из кокона шёлка напрямую зависят от методов его первичной термической обработки. При моделировании процессов теплообмена внутри электротехнической установки для термической обработки коконов тутового шелкопряда учитываются количественные

*показатели и температура входящих и исходящих потоков. Для глубокого анализа и оптимизации процессов была разработана математическая модель, описывающая теплообмен внутри установки, что позволяет контролировать производственные процессы и повышать их эффективность. Наряду с этим имитационное моделирование создало условия для исследования тепловых процессов, происходящих внутри установки, а также для оценки влияния различных факторов на температурный режим коконов.*

**Ключевые слова:** *технологический процесс, поток, баланс, моделирование, процесс, энергия, температура, кокон, количество теплоты, расход энергии.*

## KIRISH

Pilladan olinadigan ipakning sifatimiqdori va sifati ko'p jihatdan dastlabki termik ishlov berish usullariga bog'liq. Usul pillaning tabiiy xususiyatlarini saqlab qolishi va hosil bo'lgan ipak ipining asosiy fizik va mexanik xususiyatlarini ta'minlashi kerak. Shu bilan birga energiya resurslarining sarfini kamaytirish yo'llarini ham aniqlash asosiy vazifalardan sanaladi.

Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish jarayonlarini amalga oshirishda energiya sarfini kamaytirishning istiqbolli yondashuvlaridan biri quyosh energiyasidan foydalanishdir. Tadqiqotning ilmiy ahamiyati pilla g'umbagiga termik ishlov berish uchun mo'ljallangan qurilmani va jonsizlantirishning yangi texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat. Unga asosan pilla g'umbagini jonsizlantirishda sarf bo'ladigan yoqilg'i energiya sarfini to'liq iqtisod qilinishiga, elektr energiya sarf-xarajatlarini kamayishiga va jarayonning ekologik xavfsizligini oshirilishiga, hamda ishlov berilgan pillalarni uzoq vaqt saqlash maqsadida to'liq quritish jarayonini tezlashtirish bo'yicha amaliy masalalarni hal qilinishiga qaratilgan [1].

Pillaga ishlov berish usullari va qurilmalarining tahlillariga ko'ra, mamlakatimizda va pilchilik bilan shug'ullanadigan xorijiy davlatlarda pillalarni quritishda asosan issiq havo ishlov berish usuli qo'llaniladi. Ushbu jarayon konvektiv issiqlik tamoyili bo'yicha ishlovchi qurilmalar yordamida amalga oshiriladi. Shu jumladan, CK-150K tipidagi konveyerli pila quritish agregati respublikamizdagi pilalarga dastlabki ishlov berish bazalarida keng qo'llanilgan. Bu agregat bir tonna tirik pillani bug'lash uchun 80–90 kg dizel yoqilg'i va 65–70 kW elektr energiyasini sarflaydi. Pillalarni to'liq quritish jarayonida energiya sarfi va ishlov berish vaqti 2–3 barobar oshadi, bu esa pilaning sifatiga salbiy ta'sir qiladi. Shu sababli CK-150K tipidagi agregat jismonan va texnologik jihatdan eskirgan bo'lib, ishlab chiqarish faoliyati to'xtatilgan [2,3]. Pilla g'umbagini jonsizlantirishda infraqizil nurlaridan foydalanish usuli ham tadqiq qilingan. Bu usulda infraqizil nurlar pilla qobig'idan o'tib, g'umbaklarni qizdiradi va jonsizlantiradi. Pillaga yuqori samara berish uchun nurlanishning maksimal to'liq uzunligi 1 mkm dan katta bo'lmagan yuqori temperaturali nurlatgichlardan foydalanish va nurlanish harorati 70°S atrofida bo'lishi lozim. Soha olimlari infraqizil nurlari bilan pilla g'umbagini jonsizlantirish qurilmalarining tajriba namunalari ishlab chiqdi [4,5]. Ammo, ushbu qurilmalarning unumdorligi past bo'lib, hali amaliyotda keng qo'llanilmaydi, quritish jarayoni esa avvalgidek soyal pilla quritgichlarda

amalgam oshiriladi. Quyosh energiyasiga asoslangan texnologiyalar ipakchilikda Hindiston, Xitoy, Tailand va boshqa rivojlangan mamlakatlarda tadqiq qilingan. Masalan, Kh. Alimov tomonidan quyosh energiyasidan pillaga ishlov berishda samaradorlikni, S. Umarov tomonidan esa qurilmalar harorat va namlik rejimlariga ta'siri o'rganilgan [6-8].

Pillalarga quyosh nuri yordamida dastlabki ishlov berish uchun yaratilgan qurilmalar faqat quyoshli kunlarda ishlov berishga mo'ljallangan bo'lib, ish unumdorligi past bo'lgan. Mazkur tadqiqotni amalga oshirishi natijasida ishlab chiqilgan tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi elektr texnik qurilmasida quyosh nuri energiyasidan bevosita va bilvosita foydalanish hisobiga havo bulutli kunlarda ham qurilma kamerasi ichidagi haroratni tushirmagan holda pilla g'umbagini to'liq jonsizlantirish imkonini beradi. Rejalashtirilgan natijalar jahon miqyosidagi tadqiqot natijalariga muvofiq keladi [9,10].

Texnologik jarayonning statik va dinamik holatlarini o'rganishda matematik modellar muhim vosita bo'lib, ular jarayonning nazariy tahlili va amaliy qo'llanilishiga asos yaratadi [11]. Quyosh energiyasi asosida tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish jarayonlarini matematik modellashtirishda tizimli tahlil usulidan foydalanildi. Har bir elementar jarayon chuqur tahlil qilinib, uning fizik va texnologik xususiyatlarini ifodalovchi matematik model tuzildi. Tuzilgan matematik ifodalar umumlashtirilib, ular asosida butun texnologik jarayonning kompleks matematik modeli ishlab chiqildi. Ushbu model jarayon parametrlarining ta'sirini baholash va optimal ish rejimidagi texnologik yechimlarni aniqlash imkonini beradi.

Material va metodlar.

Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi quyosh qurilmasida sodir bo'ladigan issiqlik jarayonlarini ko'rib o'tamiz. Qurilmaning kirish va chiqish parametrlarning miqdoriy hamda harorat ko'rsatkichlari asosida qurilma ichidagi issiqlik almashinuvi jarayonlar hisoblanadi. Quyosh qurilmasi yordamida tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish jarayonlarni modellashtirishda ularni bir nechta elementar jarayonlarga ajratish maqbul hisoblanadi. Qurilmaga joylashtirilgan pillalarga termik ishlov berish uchun uzatilayotgan issiqlikni va uning taqsimlanishini ko'rib chiqqan holda issiqlik balansini tenglamasini tuzamiz.

Qurilmaga uzatilayotgan issiqlik miqdori  $Q_{uzat}$  quyoshdan to'g'ridan-to'g'ri kelayotgan shaffof shisha oynalardan o'tgan issiqlik miqdori  $Q_q$  va qurilmaga elektr isitkichlardan kelayotgan issiqlik miqdori  $Q_{ist}$  ning yig'indisidan iborat. Issiqlik balansini tenglamasiga ko'ra, quyosh qurilmasiga uzatilgan issiqlik miqdori uning turli qismlarida sarflanadigan issiqlik miqdorlari yig'indisiga teng bo'ladi. Berilganlar asosida issiqlik balans tenglamasini tuzamiz:

$$Q_{uzat} = Q_{sarf}$$

$$Q_q + Q_{ist} = Q_{k.h} + Q_d + Q_b + Q_p + Q_n$$

Keltirilgan issiqlik balansini tenglamasidan qurilmaga o'rnatilgan elektr isitkichlarning parametrlarini aniqlash maqsadida undan kelayotgan issiqlik miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Q_{ist} = Q_{k.h} + Q_d + Q_b + Q_p + Q_n - Q_q$$

Qurilma ichida moddaning yig'ilish jarayoni kiritiladigan va chiqib ketadigan pillalar oqimining miqdoriy sarfiga bog'liq bo'lib, bu holat moddiy balans tenglamasi orqali

ifodalanadi. Ushbu tenglik moddiy balansning asosiy tamoyili - massa saqlanish qonuniga tayanadi. Qurilma ichida pilla hajmining vaqt bo'yicha o'zgarishi kiruvchi va chiquvchi pilla oqimi sarflari farqiga tengligini bilgan holda quyidagi tenglamani yozamiz:  $Z_k - Z_{ch} = \frac{dV}{d\tau}$

$\frac{dV}{d\tau}$  - qurilma kameradagi pillalar hajmining o'zgarishi, (m<sup>3</sup>/s);

$Z_k$  - qurilmaga kiruvchi pillalar oqimi sarfi, (m<sup>3</sup>/s);

$Z_{ch}$  - qurilmadan chiquvchi pillalar oqimi sarfi, (m<sup>3</sup>/s).

Qurilma kamerada pillalar qatlami balandligining vaqt bo'yicha o'zgarishini kiruvchi va chiquvchi pillalar oqimi sarflari farqi orqali yozishimiz mumkin:  $\frac{dh}{d\tau} = \frac{Z_k - Z_{ch}}{L \cdot \frac{dS_{h,seg}}{dh}}$

Qurilma kameradagi barabanga joylashtiriladigan pillalar massasi termik ishlov berishdan avval va keyin tarozida o'lchanadi.

Qurilma kamerasi ichki devorining issiqlik yig'ilishi jarayoni, ya'ni devor haroratining vaqt bo'yicha o'zgarishi devorga kelayotgan va undan chiqayotgan issiqlik oqimlari farqi bilan belgilanadi. Bu jarayon issiqlik balansi tenglamasi orqali ifodalanadi:  $\frac{dQ_{i,dev}}{d\tau} = Q_{kel} - Q_{chiq}$

$$C_d \cdot \rho_d \cdot V_d \cdot \frac{dT_d}{d\tau} = Q_{kel} - Q_{chiq}$$

Qurilma kameraning ichki devoriga kelayotgan issiqlik miqdori

$Q_{kel} = \lambda_1 \cdot S_1 \cdot (T_k - T_d)$  ga teng bo'ladi.

bunda,  $\lambda_1$  - qurilma ichki devoriga issiqlik o'tkazish koeffitsienti;  $S_1$  - ichki devorining issiqlik o'tkazish yuzasi,  $T_k$  - qurilma kameradagi harorat;  $T_d$  - kamera ichki devorining harorati.

Qurilma kameraning ichki devordan chiqib ketayotgan issiqlik miqdori  $Q_{chiq} = \lambda_2 \cdot S_2 \cdot (T_d - T_2)$  ga teng bo'ladi.

bunda,  $\lambda_2$  - qurilma ichki devoriga issiqlik o'tkazish koeffitsienti;  $S_2$  - qurilma ichki devorining issiqlik o'tkazish yuzasi;  $T_2$  - qurilma ichidagi pilla harorati.

Yuqoridagilarni hisobga olib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:  $C_d \cdot \rho_d \cdot V_d \cdot \frac{dT_d}{d\tau} = \lambda_1 \cdot S_1 \cdot (T_k - T_d) - \lambda_2 \cdot S_2 \cdot (T_d - T_2)$

Qurilma kameradagi barabanga joylashtirilgan pillalar issiqligining o'zgarishi, unga kelayotgan va ketayotgan issiqlik miqdorlarining ayirmasiga teng bo'ladi (issiqlik balansi tenglamasi):  $\frac{dQ_p}{d\tau} = Q_{kel} - Q_{ket}$

Pillaga berilgan issiqlik miqdori  $Q = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot T_2$  ga teng bo'ladi. Bunla  $\rho$  - qurilma barabaniga joylashtirilgan pillalar zichligi;  $V$  - pillalar hajmi;  $C_p$  - pillaning solishtirma issiqlik sig'imi;  $T_2$  ( $T_{ch}$ ) - pillalarning harorati.

Qurilma kameradagi barabanga joylashtirilgan pillalarga kelayotgan issiqlik miqdori:  $Q_{kel} = Z_k \cdot C_p \cdot T_1 + \lambda_2 \cdot S_2 \cdot (T_d - T_2)$  ga teng bo'lib, bunda pilla bilan idishga kelayotgan issiqlik miqdori;  $\lambda_2 \cdot S_2 \cdot (T_d - T_2)$  - qurilma devoridan pillaga berilayotgan issiqlik miqdori.

Qurilma kameraning ichki devoridan ketayotgan issiqlik miqdori:  $Q_{ket} = Z_{ch} \cdot C_p \cdot T_2$  ga teng bo'ladi.

Pillalarga kelayotgan va ketayotgan issiqlik miqdorlarini issiqlik balansi tenglamasiga qo'yib, tenglamani yechishda qurilma ichidagi pillalarning hajmi va harorati vaqt bo'yicha o'zgaruvchi kattaliklar sifatida inobatga olinib, bunda

$$\rho C_p T_2 \frac{dT_2}{dt} + \rho V C_p \frac{dT_2}{dt} = Z_k C_p T_1 + \lambda_2 S_2 (T_d - T_2) - C_p Z_{ch} T_2$$

Hosil bo'lgan tenglamani pillalar harorati  $T_2$  ga nisbatan yechish orqali termik ishlov berishda pillalar haroratining o'zgarish jarayonining matematik modeli olinadi:

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{Z_k T_1}{V} + \frac{\lambda_2 S_2 (T_d - T_2)}{\rho V C} - \frac{Z_{ch} T_2}{V} - \frac{T_2 (Z_k - Z_{ch})}{V}$$

Olingan matematik model qurilma ichidagi pillaning issiqlik almashinuvi jarayonlarini batafsil tavsiflaydi, hamda haroratning vaqt bo'yicha o'zgarish qonuniyatlarini aniqlash imkonini beradi. Ushbu model asosida pillalar haroratining o'zgarish tezligini, maksimal harorat qiymatlari va barqarorlashish vaqti kabi muhim texnologik ko'rsatkichlarni baholash mumkin. Shuningdek, model turli boshlang'ich va chegaraviy shartlar uchun hisoblashlar o'tkazishga imkon berib, qurilmaning konstruktiv va ekspluatatsion parametrlarini optimallashtirishga xizmat qiladi. Olingan natijalar issiqlik jarayonlarini boshqarish aniqligini oshiradi, energiya samaradorligini ta'minlaydi hamda amaliy tajribalar bilan solishtirish uchun nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.

Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish jarayonining matematik modeli, qurilma tizimining boshqaruv algoritmi va usullaridan foydalanilgan holda tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi quyosh qurilmasi tizimining imitatsion modelini tuzish mumkin. Bunda quyosh qurilmasida sodir bo'ladigan issiqlik jarayonlari bog'lanishlarini ilmiy nuqtai nazardan tasvirlash qulay bo'lgan Matlab dasturi Simulink paketidan foydalanildi.

Tadqiqot natijalari va ularning tahlili. Qurilmaga uzatilgan issiqlik miqdori va uning turli qismlarida sarflanadigan issiqlik miqdorlarini hisoblaymiz.

1. Tashqi quyosh radiatsiyasi  $I_0$  bo'lsa, shisha oynalardan o'tgan va qurilma kamerasiga uzatilayotgan issiqlik miqdorini quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q_q = I_0 \cdot S_{sirt} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \tau$$

bu yerda,  $S_{sirt}$  – qurilma kamerasi shisha oyna sirtinig maydoni,  $(1,8 \times 1,50) \text{ m}^2$ ;

$\alpha_1$  – birinchi shisha qatlamning o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;

$\alpha_2$  – ikkinchi shisha qatlamning o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;

$\tau$  – termik ishlov berish vaqti, s.

Quyosh nurlanishining yer atmosferasiga yetib keladigan intensivligi  $1360-1367 \text{ W/m}^2$  (quyosh doimiysi). Ammo bu miqdor yer yuzasiga yetib kelguncha har xil qarshiliklarga uchraydi hamda yilning fasli va hisob qilinayotgan hududning kengligiga nisbatan uning miqdori o'zgarib turadi. O'zbekiston Respublikasi Toshkent viloyatining tekisliklarida may-iyun oylarida ochiq osmon sharoitida quyosh nurlanishining uzluksiz intensivligi taxminan  $800-940 \text{ W/m}^2$  (o'rtacha  $I_0=870 \text{ W/m}^2$ ) tashkil etadi. Ultrabinafsha nurlar shisha oynalarda qisman yutilishini, hamda har bir shisha oynaning yorug'lik o'tkazuvchanlik koeffisientini bilgan holda  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,82$  tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi

qurilmaga quyoshdan to'g'ridan-to'g'ri kelib shaffof shisha oynalardan o'tgan energiya quyidagicha hisoblanadi[14]:

$$Q_q = 870 \cdot 2,52 \cdot 0,64 \cdot 3600 = 5,05 \cdot 10^6 J$$

Bir soat davomida quyoshdan to'g'ridan-to'g'ri kelayotgan shaffof shisha oynalardan o'tgan energiya miqdori:

$$Q_q = 5,05 \cdot MJ = 1207 \text{ kkal ga teng bo'ladi.}$$

Pillalarga termik ishlov berish 40 minut davom etishini hisobga olib, quyoshdan to'g'ridan-to'g'ri kelayotgan shaffof shisha oynalardan o'tgan issiqlik miqdori:

$$Q_q = 3,4 \text{ MJ} = 812 \text{ kkal ga teng bo'lishi kelib chiqadi.}$$

2. Qurilma kamerasing hajmi o'zgaras va uning ichidagi havoni  $T_1$  haroratdan  $T_2$  haroratgacha isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdorini quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q_{k,h} = m \int_{T_1}^{T_2} C_V (T) dT$$

Bu yerda,  $C_V$  – o'zgaras hajmda havoning solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/kg · grad;

$m$  – qurilma kameradagi havo massasi, kg;

$T_1$  – boshlang'ich harorat, ya'ni pillalarga termik ishlov berish boshlanishidan avvalgi harorat, °K;

$T_2$  – pillalarga termik ishlov berish temperaturasi (pillalarni jonsizlantirish jarayoni harorati), °K;  $Q_{k,h} = m \int_{T_1}^{T_2} [c_{V0} + K_V(T - T_0)] dT$

$$Q_{k,h} = m [c_{V0}(T_2 - T_1) + \frac{K_V}{2} ((T_2 - T_0)^2 - (T_1 - T_0)^2)]$$

$c_{V0}$  – havoning  $T_0$  temperaturadagi izoxorik solishtirma issiqlik sig'imi;

$K_V$  – haroratga bog'liqlik koeffitsiyenti.

Havo uchun berilgan ma'lumotlarga asosan qabul qilingan qiymat [15]:  $K_V = 0,05 \frac{J}{\text{kg} \cdot K^2}$ ,  $c_{V0} = 781 \frac{J}{\text{kg} \cdot K}$ .

$T_0 = T_1$  – chunki boshlang'ich havo temperaturasi va integralning soddalashtirish nuqtasi, ya'ni fizik ma'noda bir xil qiymat va matematik qulaylikni inobatga olingan.

$$Q_{k,h} = 1,48 \cdot \left[ 781 \cdot (368 - 343) + \frac{0,05}{2} (368 - 343)^2 \right] = 28920 J$$

3. Qurilma kamerasi ichki devorlarini isitish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz. Devorlar ma'lum vaqt davomida qizdirilganda, devorda to'plangan umumiy issiqlik miqdori integral ko'rinishda quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_d = \int_0^{\tau} [\lambda_1 \cdot S_1 \cdot (T_k - T_d(\tau)) - \lambda_2 \cdot S_2 \cdot (T_d(\tau) - T_2(\tau))] d\tau$$

Amaliy hisoblarda ushbu integral tenglama soddalashtirilib, devor materialining issiqlik sig'imiga asoslangan klassik ifoda qo'llaniladi:

$$Q_d = C_d \cdot \rho_d \cdot S_d \cdot \sigma (T_{d,o} - T_{d,b})$$

Bu yerda,  $T_{d,b}$  – qurilma kamerasi ichki devorining boshlang'ich harorati, ya'ni may-iyun oylarida havo harorati, 343K;

$T_{d,o}$  – qurilma kamerasi ichki devorining oxirgi harorat, 368K;

$S_d$  – kamera ichki devorlarining yuzasi, 8,68m<sup>2</sup>;

Qurilma kamerasi ichki devori o'lchamlari - (1,73 x 1,23 x 1,23)m<sup>3</sup>

$\sigma$ -qurilma kamerasi ichki devoiri qalinligi, 1mm;

$\rho_d$ - metall devor materiali zichligi, 7800kg/m<sup>3</sup>;

Metall devorning issiqlik sig'imi, 500J/kg °K.

Hisoblash natijasida devorlarni isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori:

$$Q_d = 500 \cdot 7800 \cdot 8,68 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \approx 846300J$$

4. Pillalar joylashtiriladigan aylanuvchi silindrsimon setkali baraban devorlarini isitish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdori aniqlaymiz. Baraban setkali metall konstruksiyadan tayyorlangan bo'lib, uning massasi va issiqlik sig'imi qurilma umumiy issiqlik balansiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. Shu sababli hisoblarda baraban devorning qalinligi va issiqlik yig'ilishi e'tiborga olinmadi, baraban faqat issiqlik almashinuvi yuzasi sifatida qaraldi. Pilla bilan issiqlik almashinuvi uchun barabanning ichki yon yuzasi asosiy

ishchi sirt sifatida qabul qilindi va quyiagiga teng:  $S_b = \Pi \cdot D \cdot L + \frac{\Pi D^2}{2} = 6,28 \text{ m}^2$

Baraban o'lchamlari quyidagicha:

D- diametri, D=1m;

$S_b$ - baraban sirt yuzasi (m<sup>2</sup>); L- baraban uzunligi, L=1,5m;

$\alpha_b$ - metall uchun issiqlik uzatish koeffitsiyenti,  $\alpha_b = 14,75 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ;

$T_{b,b}$  - boshlang'ich harorat, 343K;  $T_{b,o}$  - oxirgi harorat, 368K.

Setkali baraban va qurilma kamerasi ichki muhiti o'rtasidagi konvektiv issiqlik almashinuvi jarayonida barabanga berilgan issiqlik miqdori quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:  $Q_b = \alpha_b \cdot S_b \cdot (T_{b,o} - T_{b,b})\tau = 14,75 \cdot 6,28 \cdot 25 \cdot 2400 = 5557800J$

5. Aylanuvchi setkali barabanga joylashtirilgan pillalarga termik ishlov berish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz. Pilla g'umbagi bilan pilla qobig'ining kimyoviy tuzilishshi bir xil bo'lmaganligi sababli, ularning teplofizik ko'rsatkichlari ham turlicha. Pillani nam biologik material sifatida qarash mumkinligini inobatga olib solishtirma issiqlik sig'imi keltirilgan ma'lumotlarga asoslanib 3300-3700 J/kg grad.ga teng [14,15]. Shu ma'lumotni inobatga olib o'rtacha  $c_p = 3500 \text{ J/kg grad}$  deb olindi.

$$Q_p = m_p \int_{T_1}^{T_2} c_p dT = m_p c_p (T_2 - T_1)$$

Bu yerda,  $T_1$  - pillalarning boshlang'ich harorati, ya'ni may-iyun oylarida havo harorati, 343K;  $T_2$  - pillalarning oxirgi harorat, ya'ni pillalarga termik ishlov berish harorati, 368K;

Qurilmaning setkali barabaniga jolashtirilgan massasi 150kg bo'lgan pillalarga termik ishlov berish uchu sarflanadigan issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$Q_p = 150 \cdot 3500 \cdot 25 = 13,125 \text{ MJ}$$

6. Bir jism boshqa bir jism ichida joylashganda jismlar orasidagi nurlanish issiqlik almashinuviga ko'ra, setkali barabanga joylashtirilgan pillalarning nurlanishi uchun sarflangan issiqlik miqdori quyidagi ifoda orqali aniqlanadi[16] :

$$Q_n = C_k \cdot S \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot \tau$$

$T_1$ -qurilma kamerasidagi setkali barabanga joylashtirilgan pillalar boshlang'ich harorati, 343K;  $T_2$ -qurilma kamerasidagi issiq havo harorati, 368K;

Pillalar nurlanish yuzasi (S) pilla bilan issiqlik almashinuvi uchun barabanning ichki yon yuzasi asosiy ishchi sirt sifatida qabul qilinganini inobatga olsak, 6,28 m<sup>2</sup> ga teng

bo'ldi.  $C_k$  – pillaning keltirilgan nurlanish koeffitsiyenti,  $5,2 \text{ W/ m}^2$ ga teng. U holda pillalarning nurlanishi uchun sarflangan issiqlik miqdori quyidagicha hisoblanadi:  $Q_n \approx 3,53\text{MJ}$

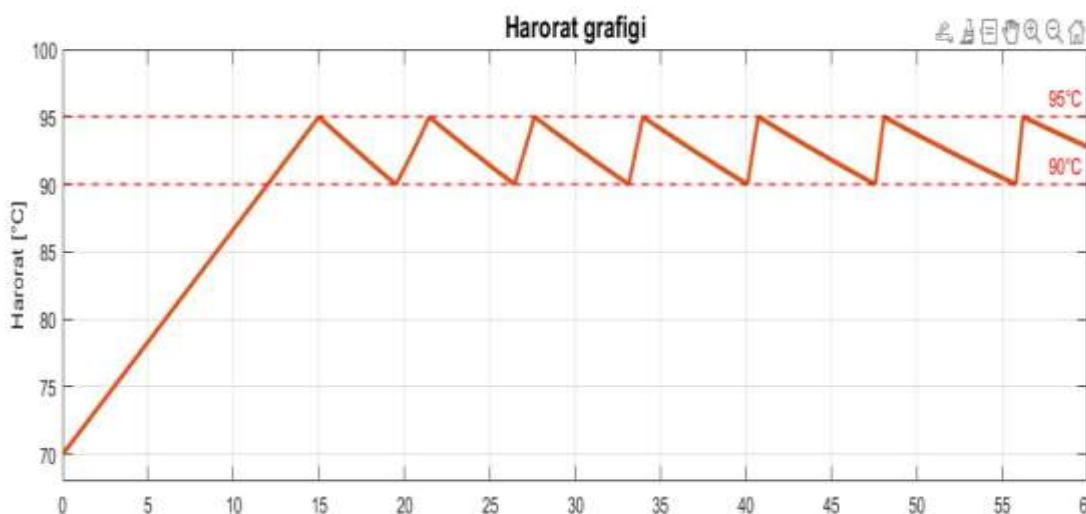
Keltirilgan matematik model hisoblashlariga ko'ra tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish jarayoniga qurilmani tayyorlash uchun sarf bo'ladigan umumiy issiqlik miqdori quyidagiga teng:  $Q_{\text{sarf}} = 16,079\text{MJ}$

Sarflangan umumiy issiqlik miqdorini bilgan holada, keltirilgan issiqlik balansi tenglamasidan tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi quyosh qurilmasiga elektr isitkichlardan kelayotgan issiqlik miqdorini aniqlash mumkin:

$$Q_{\text{ist}} = Q_{\text{sarf}} - Q_q = 16,079 - 3,4 = 12,676\text{MJ}$$

Bundan qurilma kamerasining pastki devoriga bir-biriga parallel ravishda o'rnatilgan U-simon shakldagi trubkali elektr isitkichlarning quvvatini aniqlash mumkin.  $Q_{\text{ist}} = P \cdot t$ ;  $P = \frac{Q_{\text{is}}}{t} = \frac{12,676}{2400} = 5282\text{W}$  ga teng bo'ladi.

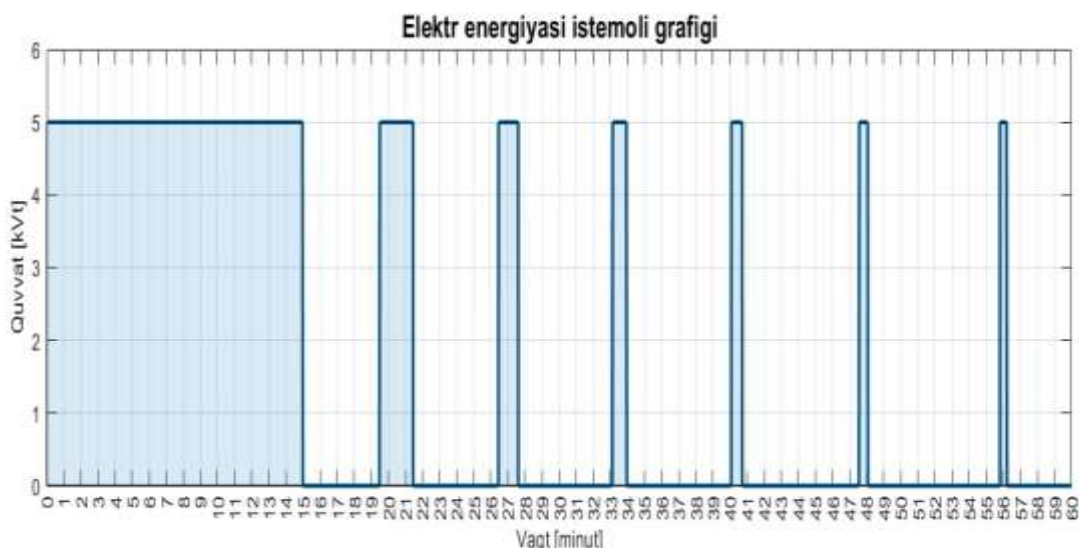
Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi elektr texnik qurilma issiqlikdan izolyasiyalangan kemeradan tashkil topganligini inobatga olsak kamera ichida biz tomondan aniqlangan sarflanadigan issiqlik miqdori termik ishlov berish vaqtida nazariy jihatdan olganda yo'qolmasligi kerak. Amalda, yani termik ishlov berish vaqtida pilla namligi yo'qolishi hisobiga kamera ichidagi harorat pasayganda termik ishlov berish jarayoni mikrokontrollerli elektron boshqaruv bloki orqali termodatchiklardan va kompyuterdan kelayotgan signallar asosida qurilmaning ish rejimini boshqariladi[12].



1-rasm. Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi elektr texnik qurilma kamerasidagi haroratning vaqt bo'yicha o'zgarishi

Pillalarga termik ishlov berish texnologik jarayonining dinamik xarakteristikasi, ya'ni qurilma kamerasidagi havo haroratining vaqt bo'yicha o'zgarishi o'rganildi. 1- rasmda tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi elektr texnik qurilma kamerasidagi haroratning vaqt bo'yicha o'zgarishi keltirilgan.

Pillalarga termik ishlov berish jarayonida elektr energiya istemolining vaqt bo'yicha o'zgarishi 2- rasmida keltirilgan



2-rasm. Elektr energiya istemolining vaqt bo'yicha o'zgarishi

Pillalariga termik ishlov berish jarayonida elektr texnik qurilma energiya iste'molining vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishi keltirilgan.

Xulosa.

Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish uchun ishlab chiqilgan quyosh qurilmasida sodir bo'ladigan texnologik jarayonlar uchun issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining matematik modeli yaratildi.

Pillalarga termik ishlov berish uchun mo'ljallangan quyosh qurilmasida kechadigan har bir elementar jarayonlar uchun sarflanadigan issiqlik miqdorlarining qiymatlarini yaratilgan matematik modellar yordamida hisoblab chiqildi.

Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi elektr texnik qurilma tizimining imitatsion modeli qurilma kamerasidagi havo haroratining vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishini aniqlash imkonini berdi.

Pillalariga termik ishlov berish jarayonida elektr texnik qurilma energiya iste'molining vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishini aniqlash imkonini berdi.

Yaratilgan modellar jarayon parametrlarining ta'sirini baholash va optimal ish rejimidagi texnologik yechimlarni aniqlash imkonini beradi.

#### ADABIYOTLAR:

1. Burkhanov, S.D., Mirsaatov, R.M., Khudoyberganov, S.B., Kadyrov, B.H. (2021). Relationship of parameters that characterize the quality of live cocoons. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 677(4), 042032.

2. Рождественская К.М., Грабов Л.П., Таджиев Э. Х. Агрегат для морки, сушки и охлаждения коконов в комплекте с машиной СК-150К // Шелк 1972. — № 2.

3. P.M. Mirsaatov, G. Sh. Sulthanhodjaeva, X. X. Djabborov, Quyosh energiyasi yordamida tut ipak qurti pillalariga dastlabki ishlov berish // Irrigatsiya va mellioratsiya №3 (37), 2024

4. Avazov K.R., Bastamkulova Kh.D. Puti povysheniya effektivnosti pervichnoy obrabotki kokonov pri vliyaniy infrakrasnykh luchey // Avstriyskiy zhurnal tekhnicheskikh i estestvennykh nauk, ISSN 2310-5607, №1, 2016.

5. Yuldashev Sh., Umarov S., Avezov R.R. (2000.) Temperature and humidity regimes of a solar plant for silkworm cocoon destruction. *Geliotekhnika*. No. 4, Pp.35-39. New York.

6. Lamidi, Rasaq. O., Jiang, L., Pathare, P. B., Wang, Y. D., & Roskilly, A. P. (2019). Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review. *Applied Energy*, 233–234. doi:10.1016/j.apenergy.2018.10.044

7. Алимova X., Авазов К.Р., Файзуллаев Ш.Р., Тураев Ф. Эффективные способы первичной обработки коконов // Проблемы текстиля- Ташкент, 2016, №2

8. Umarov S., Yo'ldoshev Sh., Oripov S., Jabborov X. Pillaga dastlabki ishlov berishda quyosh nuridan foydalanish istiqbollari // *Ipak*. – 2000. - №1. – 10-12 b.

9. Mirsaatov R.M., Abdullayev J.E. Tut ipak qurti pillalariga dastlabki ishlov berish // 05.06.2022y., 19-son, 263-272 b.

10. R. Mirsaatov, G. Sultankhodzhaeva. (2024). Primary Processing of Mulberry Silkworm Cocoons Using Solar Energy // *AGRO ILM* №6 [104].

11. Yusupbekov N. R., Muhamedov B.I., G'ulomov Sh. M. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish. T. 0 'qituvchi, 2 0 1 1 . - 5 7 6 b.

12. Mirsaatov Ravshanbek Muminovich, Sultanxodjayeva Gulnoza Shuxratovna Tut ipak qurti pillalarini bug'lash qurilmasi. Ixtiroga patent // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk markazi. № IAP 7903, 03.01.2025 y.

13. Лыкин А. В. (2009). Математическое моделирование электрических систем и их элементов. учеб. пособие / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009.

14. Mohsenin N.N. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York: Gordon and Breach, 1980.

15. Awad A.S. Development of artificial portable fruits dryer. Ph.D. Thesis, Agri. Eng., Dept., Fac. Of agri. Mansoura Univ., Egypt, 2005.

16. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. Учеб. пособие / М., Высшая школа, 1969.