

TUT IPAK QURTI PILLALARIGA TERMIK ISHLOV BERISH JARAYONINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Ravshanbek Muminovich MIRSAATOV

professor

texnika fanlari doktori

Toshkent davlat transport universiteti

Toshkent, O'zbekiston

<https://orcid.org/0000-0001-5745-4431>

e-mail: mirsaatov61@mail.ru

Sardorbek Baxodirovich XUDOYBERGANOV

dotsent

texnika fanlari bo'yicha (PhD) falsafa doktori

Toshkent davlat transport universiteti

Toshkent, O'zbekiston

<https://orcid.org/0000-0002-3021-024X>

e-mail: sarrux@inbox.ru

Gulnoza Shuxratovna SULTANXODJAEVA

katta o'qituvchi

Toshkent davlat transport universiteti

Toshkent, O'zbekiston

<https://orcid.org/0009-0004-7201-0803>

e-mail: gsultanxojaeva@gmail.com

Annotatsiya

Pilladan olinadigan ipakning miqdori va sifati dastlabki termik ishlov berish usullariga bevosita bog'liq bo'lib, ushbu usullar pillaning tabiiy xususiyatlarini maksimal darajada saqlab qolishi va hosil bo'lgan ipak ipining asosiy fizik hamda mexanik ko'rsatkichlarini ta'minlashi lozim. Shu bilan birga, energiya resurslarini samarali ishlatish masalasi ham dolzarb hisoblanadi. Shuning uchun tut ipak qurti pillalariga dastlabki ishlov berishda quyosh energiyasidan foydalanish istiqbolli yondashuv sifatida qaraladi. Qurilma ichidagi issiqlik almashinuvi jarayonlarini modellashtirishda kiruvchi va chiqib ketuvchi oqimlarning miqdoriy va harorat ko'rsatkichlari hisobga olinadi. Quyosh qurilmasining ishchi sohasida kechayotgan jarayonlarni bir nechta elementar jarayonlarga ajratish metodologik jihatdan maqbul hisoblanadi. Maqolada 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.

Tayanch so'zlar: harorat, pilla, issiqlik miqdori, texnologik jarayon, oqim, balans, jarayon, energiya, tenglama, sarf.

**Математическое моделирование процесса термической
обработки коконов тутового шелкопряда**

Равшанбек Муминович МИРСААТОВ

профессор

доктор технических наук

Ташкентский государственный транспортный университет

Ташкент, Узбекистан

Сардорбек Баходирович ХУДОЙБЕРГАНОВ

доцент

доктор философии по (PhD) техническим наукам

Ташкентский государственный транспортный университет

Ташкент, Узбекистан

Гулноза Шухратовна СУЛТАНХОДЖАЕВА

старший преподаватель

Ташкентский государственный транспортный университет

Ташкент, Узбекистан

Аннотация

Количество и качество шелка, извлекаемого из кокона, напрямую зависят от методов первоначальной термической обработки, которые должны максимально сохранять природные свойства кокона и обеспечивать основные физико-механические свойства получаемой шелковой нити. Одновременно актуален и вопрос эффективного использования энергетических ресурсов; поэтому использование солнечной энергии в предварительной обработке коконов тутового шелкопряда рассматривается как перспективный подход. При моделировании процессов теплообмена внутри устройства учитываются количественные и температурные показатели входящих и исходящих потоков. Методически допустимо разделить процессы, происходящие в рабочей зоне солнечного устройства, на несколько элементарных процессов. В статье для глубокого анализа и оптимизации процессов разработана математическая модель, описывающая процесс теплообмена внутри устройства, позволяющая контролировать и повышать эффективность производственных процессов.

Ключевые слова: температура, кокон, количество тепла, технологический процесс, поток, баланс, процесс, энергия, уравнение, потребление.

Pilladan olinadigan ipakning miqdori 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 dastlabki 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 quyosh qurilmasini 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 kVt 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'lqin uzunligi 1 mkm dan katta bo'lmagan yuqori temperaturali nurlatgichlardan foydalanish va nurlanish harorati 70°C atrofida bo'lishi lozim. Soha olimlari infraqizil nurlari bilan pilla g'umbagini jonsizlantirish qurilmalarining tajriba namunalarini ishlab chiqdi [4, 5]. Ammo, ushbu qurilmalarning unumdorligi past bo'lib, hali amaliyotda keng qo'llanilmaydi, quritish jarayoni esa avvalgidek soyali pilla quritgichlarda amalga oshiriladi.

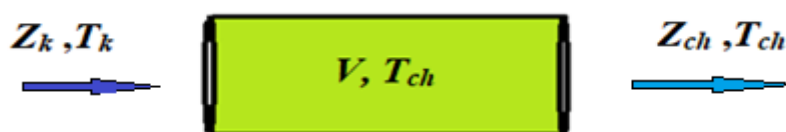
Quyosh energiyasiga asoslangan texnologiyalar ipakchilikda Hindiston, Xitoy, Tailand va boshqa rivojlangan mamlakatlarda tadqiq qilingan. Masalan, Kh. Alimov tomonidan quyosh energiyasidan pillaga ishlov berishda samaradorlikni, S. Umarov tomonidan esa qurilmalar harorat va namlik rejimlariga ta'siri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

Ma'lum bo'ldiki, 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 oshirilishi natijasida ishlab chiqilgan tut ipak qurti pillalariga dastlabki ishlov berish 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. Statik modellar orqali olingan natijalar qurilmalarni optimal o'lcham va shaklda loyihalashga xizmat qiladi. Dinamik modellar asosida olib borilgan tadqiqotlar esa jarayonni boshqarish tizimlarini yaratishda muhim asos bo'lib xizmat qiladi [11]. Quyosh energiyasi asosida tut ipak qurti pillalariga dastlabki ishlov berish jarayonlarini matematik modellashtirishda tizimli tahlil usulidan foydalanildi. Tizimli tahlil jarayonida texnologik jarayonning elementar tarkibiy qismlari aniqlandi va ularning o'zaro bog'lanish mexanizmi belgilandi. 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.

Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov beruvchi quyosh qurilmasida sodir boʻladigan issiqlik jarayonlarini koʻrib oʻtamiz.

Qurilmaning setkali barabaniga tirik pillalar Z_k sarf va T_k haroratda kiritiladi hamda Z_{ch} sarf va T_{ch} haroratda chiqib ketadi. Qurilma ichki muhitidagi harorat T_{ch} bilan tavsiflanadi va butun hajmda bir xil boʻladi (1-rasm). Bu holat qurilma ichidagi pilla harorati hamda qurilmaning har bir nuqtasidagi haroratning bir xilligi bilan asoslanadi [13–14].



1-rasm. Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish jarayoni sxemasi.

Qurilmaning kirish va chiqish parametrlarning miqdoriy hamda harorat koʻrsatkichlari 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 metodologik jihatdan maqbul hisoblanadi. Qurilmaga joylashtirilgan pillalarga termik ishlov berish uchun uzatilayotgan issiqlikni va uning taqsimlanishini koʻrib chiqqan holda issiqlik balansi tenglamasini tuzamiz.

Qurilmaga uzatilayotgan issiqlik miqdori Q_{uzat} quyoshdan toʻgʻridan-toʻgʻri kelayotgan shaffof shisha oynalardan oʻtgan issiqlik miqdori Q_q va qurilmaga elektr isitkichlardan kelayotgan issiqlik miqdori Q_{ist} ning yigʻindisidan iborat ekanligini bilgan holda quyidagi tenglamani yozamiz:

$$Q_{uzat} = Q_q + Q_{ist}$$

Quyosh qurilmasiga uzatilayotgan issiqlik miqdori Q_{uzat} qurilma kamerasi ichidagi havoni isitishga, qurilma kamerasi ichki devorlariga, pillalar joylashtiriladigan aylanuvchi setkali baraban devorlariga va aylanuvchi barabanga joylashtirilgan pillalarga termik ishlov uchun sarflanadigan issiqlik miqdori va qizigan pillalar nurlanishining yigʻindisiga teng boʻladi va quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$Q_{\text{sarf}} = Q_{\text{k.h}} + Q_{\text{d}} + Q_{\text{b}} + Q_{\text{p}} + Q_{\text{n}}$$

Q_{sarf} — pillalarga termik ishlov uchun sarflanadigan issiqlik miqdori, *kall*;

$Q_{\text{k.h}}$ — qurilma kamerasidagi havoni isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori, *kall*;

Q_{d} — qurilma kamerasi ichki devorlarini isitish uchun sarf boʻlgan issiqlik miqdori, (*kall*);

Q_{b} — pillalar joylashtiriladigan aylanuvchi setkali baraban devorlarini isitish uchun sarf boʻlgan issiqlik miqdori, *kall*;

Q_{p} — aylanuvchi barabanga joylashtirilgan pillalarga termik ishlov uchun sarf boʻlgan issiqlik miqdori, *kall*;

Q_{n} — pillalarning nurlanishi uchun sarf boʻladigan issiqlik miqdori, *kall*.

Issiqlik balansi tenglamasiga koʻra, quyosh qurilmasiga uzatilgan issiqlik miqdori uning turli qismlarida sarflanadigan issiqlik miqdorlari yigʻindisiga teng boʻladi. Berilganlar asosida issiqlik balans tenglamasini tuzamiz:

$$Q_{\text{uzat}} = Q_{\text{sarf}}$$

$$Q_{\text{q}} + Q_{\text{ist}} = Q_{\text{k.h}} + Q_{\text{d}} + Q_{\text{b}} + Q_{\text{p}} + Q_{\text{n}}$$

Keltirilgan issiqlik balansi tenglamasidan qurilmaga oʻrnatilgan elektr isitkichlarning parametrlarini aniqlash maqsadida undan kelayotgan issiqlik miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Q_{\text{ist}} = Q_{\text{k.h}} + Q_{\text{d}} + Q_{\text{b}} + Q_{\text{p}} + Q_{\text{n}} - Q_{\text{q}}$$

Qurilma kamerasidagi setkali barabanga joylashtirilgan pillalarni isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori Q_{p} issiqlik balans tenglamasidan aniqlaniladi:

$$Q_{\text{p}} = Q_{\text{q}} + Q_{\text{ist}} - Q_{\text{k.h}} - Q_{\text{d}} - Q_{\text{b}} - Q_{\text{n}}$$

Qurilma ichida moddaning yigʻilish jarayoni kiritiladigan va chiqib ketadigan pillalar oqimining miqdoriy sarfiga bogʻliq boʻlib, bu holat moddiy balans tenglamasi orqali ifodalanadi. Yaʼni, qurilmaga kiruvchi pilla oqimlari yigʻindisi qurilmadan chiqib ketayotgan pilla oqimlar yigʻindisiga teng boʻlishi kerak. Ushbu tenglik moddiy balansning asosiy tamoyili — massa saqlanish qonuniga tayanadi. Qurilma ichida pilla hajmining vaqt boʻyicha oʻzgarishi

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 kamerasidagi pillalar hajmining oʻzgarishi, (m³/s);

Z_k – qurilmaga kiruvchi pillalar oqimi sarfi, (m³/s);

Z_{ch} - qurilmadan chiquvchi pillalar oqimi sarfi, (m³/s).

Qurilmaning setkali barabani gorizontal joylashgan va pillalar butun hajmni egallamaydi. Shuning uchun pilla hajmi pillalar qatlami balandligiga mos keladigan aylana segmenti yuzasi orqali hisoblanadi:

$$V_h = S_{h.seg} \cdot L$$

L - setkali baraban uzunligi, (m);

h – pillalar qatlami balandligi, (m);

$S_{h.seg}$ – pillalar qatlami balandligi h ga mos keladigan aylana segmenti yuzasi (m²).

U holda

$$\frac{dV}{d\tau} = L \cdot \frac{dS_{h.seg}}{dh} \cdot \frac{dh}{d\tau}$$

ga teng boʻladi. Bundan

$$Z_k - Z_{ch} = L \cdot \frac{dS_{h.seg}}{dh} \cdot \frac{dh}{d\tau} \quad \text{ni hosil qilamiz.}$$

Natijada qurilma kamerasida pillalar qatlami balandligining vaqt boʻyicha oʻzgarishini kiruvchi va chiquvchi pillalar oqimi sarflari farqi orqali yozishimiz mumkin:

$$\frac{dh}{d\tau} = \frac{Z_k - Z_{ch}}{L \cdot \frac{dS_{h.seg}}{dh}}$$

Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish jarayonida pillalar massasining oʻzgarishi quyidagicha ifodalanadi :

$$\frac{dm}{d\tau} = \frac{d(\rho V)}{d\tau}$$

Qurilma kamerasidagi barabanga joylashtiriladigan pillalar massasi termik ishlov berishdan avval va keyin tarozida o'lanadi.

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:

$$\frac{dQ_{i.dev}}{d\tau} = Q_{kel} - Q_{chiq}$$

$$Q_{i.dev} = C_d \cdot \rho_d \cdot V_d \cdot T_d$$

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

bunda, $\frac{dQ_{i.dev}}{d\tau}$ – qurilma kamerasi ichki devorlarida issiqlik miqdorining o'zgarish (J/s);

ρ_d – kamera ichki devori materialining zichligi, (kg/ m³);

V_d – kamera ichki devorining hajmi, (m³);

C_d – kamera ichki devori materialining issiqlik sig'imi, (J/kg · K);

T_d – kamera ichki devorining harorati, (K).

Qurilma kamerasining ichki devoriga kelayotgan issiqlik miqdori

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

bunda, λ_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 kamerasining ichki devordan chiqib ketayotgan issiqlik miqdori

$$Q_{chiq} = \lambda_2 \cdot S_2 \cdot (T_d - T_2) \text{ ga teng bo'ladi.}$$

bunda, λ_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 kamerasidagi 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. Bunda ρ – qurilma barabaniga joylashtirilgan pillalar zichligi; V – pillalar hajmi; C_p – pillaning solishtirma issiqlik sig'imi; T_2 (T_{ch}) – pillalarning harorati.

Qurilma kamerasidagi 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 kamerasining ichki devoridan ketayotgan issiqlik miqdori:

$Q_{ket} = Z_{ch} \cdot C_p \cdot T_2$ ga teng bo'ladi.

Qurilma ichidagi pillalarga kelayotgan va ketayotgan issiqlik miqdorlarini issiqlik balansi tenglamasiga qo'yib, quyidagini olamiz:

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

Ushbu tenglamani yechishda qurilma ichidagi pillalarning hajmi va harorati vaqt bo'yicha o'zgaruvchi kattaliklar sifatida inobatga olinib, bunda

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

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

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

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.

Yuqorida ko'rib o'tilgan issiqlik balansi tenglamasiga ko'ra, quyosh qurilmasiga 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, (1,8x1,50) m²;

α_1 – birinchi shisha qatlamning o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;

α_2 – ikkinchi shisha qatlamning o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;

τ – termik ishlov berish vaqti, s.

Quyosh nurlanishining yer atmosferasiga yetib keladigan intensivligi 1360–1367 W/m² (quyosh nuri barqarorligi). 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 W/m² (o'rtacha $I_0=870$ W/m²) 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: $Q_q = 5,05 \cdot \text{MJ} = 1207 \text{ kkal}$ 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 kamerasining 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, $\text{kJ/kg} \cdot \text{grad}$;

m – qurilma kamerasidagi havo massasi, kg ;

T_1 – boshlang'ich harorat, ya'ni pillalarga termik ishlov berish boshlanishidan avvalgi harorat, $^{\circ}\text{K}$;

T_2 – pillalarga termik ishlov berish temperaturasi (pillalarni jonsizlantirish jarayoni harorati), $^{\circ}\text{K}$;

Qurilma kamerasining ichki hajmini (V_k), pillalar joylashgan baraban hajmini (V_b) hamda kameradagi havo zichligini bilgan holda, qurilma kamerasidagi havo massasini hisoblaymiz:

$$V_k = 2,62 \text{ m}^3, V_b = 1,18 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{P\mu}{RT_1} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 29 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 343} = 1,03 \text{ kg/m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot (V_k - V_b) = 1,03 \cdot (2,62 - 1,18) = 1,48 \text{ kg}$$

$$t_1 = 70^{\circ}\text{C}, t_2 = 95^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = t_1 + 273 = 343 \text{ K}, T_2 = t_2 + 273 = 368 \text{ K}$$

$$P = 101325 \text{ Pa (normal atmosfera bosimi)}$$

$$Q_{k.h} = m \int_{T_1}^{T_2} [c_{V0} + K_V(T - T_0)] dT$$

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

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 [14]:

$$K_V = 0,05 \frac{J}{kg \cdot K^2}, \quad c_{V0} = 781 \frac{J}{kg \cdot K}.$$

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

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

Qurilma kamerasi ichidagi havoni isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori: $Q_{k.h} \approx 0,029MJ \approx 6,91kcal$.

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 $T_{d,b} = 343K$;

$T_{d,o}$ - qurilma kamerasi ichki devorining oxirgi harorati, ya'ni $T_{d,o} = 368K$;

S_d - kamera ichki devorlarining yuzasi, $S_d = 8,68m^2$;

Qurilma kamerasi ichki devori o'lchamlari - $(1,73 \times 1,23 \times 1,23)m^3$

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

ρ_d - metall devor materialini zichligi, $\rho_d = 7800kg/m^3$;

Metall devorning issiqlik sig'imi; $C_d = 500J/kg \cdot K$.

Hisoblash natijasida devorlarni isitish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori:

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

$$Q_d \approx 0,85MJ \approx 202,2kcal \text{ ga teng bo'ladi.}$$

4. Pillalar joylashtiriladigan aylanuvchi silindrsimon setkali baraban devorlarini isitish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini 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 devorining 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: $S_b = \Pi \cdot D \cdot L + \frac{\Pi D^2}{2} = 6,28 m^2$

Baraban o'lchamlari quyidagicha:

D- diametri, D=1m;

S_b- baraban sirt yuzasi (m²);

L- baraban uzunligi, L=1,5m;

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

T_{b,b} - boshlang'ich harorat, ya'ni T_{d,o} = 343K;

T_{b,o} - oxirgi harorat, ya'ni T_{d,o} = 368K.

Setkali baraban va qurilma kamerasi ichki muhiti o'rtasidagi konvektiv issiqlik almashinuvi jarayonida barabanga berilgan issiqlik miqdori quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q_b = \alpha_b \cdot S_b \cdot (T_{b,o} - T_{b,b})\tau = 14,75 \cdot 6,28 \cdot 25 \cdot 2400 = 5557800J$$

Hisoblash natijasida pillalar joylashtiriladigan aylanuvchi silindrsimon setkali baraban devorlarini isitish uchun sarf bo'lgan vaqt birligiga to'g'ri keluvchi issiqlik miqdori quyidagiga teng:

$$Q_b = 5,56MJ = 1327,7kcal$$

5. Aylanuvchi setkali barabanga joylashtirilgan pillalarga termik ishlov berish uchun sarf bo'lgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz. Pillaning asosiy teplofizik ko'rsatkichlaridan biri issiqlik sig'imidir. 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 asosanib 3300–3700 J/kg grad.ga teng. 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 bochlang'ich harorati, ya'ni may–iyun oylarida havo harorati $T_1 = 343 \text{ K}$;

T_2 – pillalarning oxirgi harorat, ya'ni pillalarga termik ishlov berish harorati $T_2 = 368 \text{ K}$;

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

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

$$Q_p \approx 13,13 \text{ MJ} \approx 3135,5 \text{ kkal}$$

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 [15]:

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

Bu yerda, T_1 – qurilma kamerasidagi setkali barabanga joylashtirilgan pillalarning boshlang'ich harorati, $T_1 = 343 \text{ K}$;

T_2 – qurilma kamerasidagi issiq havo harorati, $T_2 = 368 \text{ K}$;

S – nurlanadigan pillalar yuzasi, m^2 .

Pillalar nurlanish yuzasi pilla bilan issiqlik almashinuvi uchun barabanning ichki yon yuzasi asosiy ishchi sirt sifatida qabul qilinganini inobatga olsak, $S = 6,28 \text{ m}^2$ ga teng bo'ladi.

C_k – pillaning keltirilgan nurlanish koeffitsiyenti, $C_k = 5,2 \text{ W/ m}^2 \text{ ga}$ teng. U holda pillalarning nurlanishi uchun sarflangan issiqlik miqdori quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_n = 6,28 \cdot 5,2 \cdot \left[\left(\frac{343}{100} \right)^4 - \left(\frac{368}{100} \right)^4 \right] \cdot 2400 =$$

$$= 32,656 \cdot (38,4 - 183,4) \cdot 2400 \approx 3,53 MJ$$

$$Q_n \approx 3,53 MJ \approx 842,5 kkal.$$

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:

$$Q_{sarf} = 16,079 MJ$$

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

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

Bundan qurilma kamerasining pastki devoriga bir-biriga parallel ravishda o'rnatilgan U simon shakldagi trubkali elektr isitkichlarning quvvatini aniqlash mumkin.

$$Q_{ist} = P \cdot t$$

$$P = \frac{Q_{is}}{t} = \frac{12,676}{2400} = 5282 W \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berish quyosh qurilmasi 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.

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

Pillalarga termik ishlov berishga mo'ljallangan quyosh qurilmasida kechadigan har bir elementar jarayonlar uchun sarflanadigan issiqlik

miqdorlarining qiymatlarini yaratilgan matematik modellar yordamida hisoblab chiqildi.

Yaratilgan modellar tut ipak qurti pillalariga termik ishlov berishda jarayon parametrlarining ta'sirini baholash va optimal ish rejimidagi texnologik yechimlarni aniqlash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN 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* this link is disabled, 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. Мирсаатов Р.М., Султанходжаева Г.Ш., Джабборов Х.Х. Қуёш энергияси ёрдамида тут ипак қурти пиллаларига дастлабки ишлов бериш // Irrigatsiya va mellioratsiya №3 (37), 2024

4. Авазов К.Р., Бастамкулова К.Д. Пути повышения эффективности первичной обработки коконов при влиянии инфракрасных лучей // 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. Алимова Х., Авазов К.Р., Файзуллаев Ш.Р., Тураев Ф. Эффективные способы первичной обработки коконов // Проблемы текстиля. – Ташкент, 2016. – №2.

8. Умаров С., Йўлдошев Ш., Орипов С., Жабборов Х. Пиллага дастлабки ишлов беришда қуёш нуридан фойдаланиш истиқболлари // Ипак. – 2000. — №1. – Б.10-12.

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. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б.И., Фуломов Ш. М. Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. – Тошкент: Ўқитувчи, 2011 . – 576 б.

12. Mirsaatov R.M., Sultanxodjayeva G.Sh. Tut ipak qurti pillalarini bug‘lash qurilmasi. Ixtiroga patent // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellectual 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. – 228 с.

14. Каландаров П.И., Кодиров Д.Б. Технические основы возобновляемых источников энергии: монография. – Ташкент, 2023.