

**QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI**

**QODIROV JOBIR RO‘ZIMAMATOVICH**

**O‘RIKLARNI QURITISH UCHUN MO‘LJALLANGAN TABIIY  
KONVEKSIYA VA HAVO KOLLEKTORLI BILVOSITA QUYOSH  
QURITGICH QURILMASI**

**05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Qarshi – 2023**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Qodirov Jobir Ro'zimamatovich**

О'riklarni quritish uchun mo'ljallangan tabiiy konveksiya va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgich qurilmasi ..... 3

**Кодиров Жобир Рузимамамович**

Косвенная солнечная сушильная установка с естественной конвекцией и воздушным коллектором для сушки абрикосов..... 23

**Kodirov Jobir Ruzimamtovich**

Indirect solar dryer with natural convection and air collector for drying apricots..... 43

**E'lon qilingan ishlar ro'uxati**

Список опубликованных работ

List of published works ..... 47

**QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/30.09.2020.T.111.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI**

**QODIROV JOBIR RO‘ZIMAMATOVICH**

**O‘RIKLARNI QURITISH UCHUN MO‘LJALLANGAN TABIIY  
KONVEKSIYA VA HAVO KOLLEKTORLI BILVOSITA QUYOSH  
QURITGICH QURILMASI**

**05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Qarshi – 2023**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida №B2022.1.PhD/T1154 raqami bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya ishi Buxoro davlat universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.qmii.uz](http://www.qmii.uz)) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Mirzayev Shavkat Mustaqimovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Iskandarov Zafar Samandarovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Fayziyev To'lqin Amirovich**  
texnika fanlari nomzodi, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti”  
Milliy tadqiqot universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti huzuridagi PhD.03/30.09.2020.T.111.03 raqamli Ilmiy kengashning 2023-yil «\_\_\_» \_\_\_\_\_ soat \_\_\_ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy. Qarshi muhandislik-iqtisodiyoti instituti konferensiyalar zali. Tel.: (99875) 224-02-89; faks: (99875) 224-13-95, e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz)).

Dissertatsiya bilan Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin ( №\_\_\_ - raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 180100, Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy. Tel.: (99875) 224-02-89; faks: (99875) 224-13-95, e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz)).

Dissertatsiya avtoreferati 2023-yil «\_\_\_» \_\_\_\_\_ kuni tarqatildi.  
(2023-yil «\_\_\_» \_\_\_\_\_ dagi №\_\_\_ - raqamli reyestr bayonnomasi).

**G'.N. Uzoqov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy  
kengash raisi, t.f.d., professor

**X.A. Davlonov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash  
ilmiy kotibi, texnika fanlari  
bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**B. Urishev**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash  
qoshidagi ilmiy seminar raisi,  
texnika fanlari doktori, professor

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati.** Jahonda qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quritish jarayonlarida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish, quyosh quritgich qurilmalari asosida energiya resurslarini tejash va aholini sifatli quritilgan mahsulotlar bilan ta‘minlash muhim yo‘nalishlar etib belgilangan. Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quritish dinamikasi bo‘yicha olingan ma‘lumotlarga ko‘ra 1 kg quritilgan mahsulot olish uchun 4...11 kg namlikni chiqarib yuborish zarur, bunda energiyaning solishtirma sarfi 2,7...7,4 *kVt* soatni tashkil etadi. Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quritish uchun sarflanadigan yoqilg‘i resurslari qishloq xo‘jalik sektoridagi yoqilg‘i balansining 20% ni egallaydi<sup>1</sup>. Shu sababli, dunyoda qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quritish qurilmalarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish asosida energiya va resurs tejash hamda energiya samaradorligi yuqori bo‘lgan quyosh quritgichlarini joriy etish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda qayta tiklanadigan energiya manbalari asosida ishlovchi bilvosita quyosh quritgichlarining konstruksiyalarini takomillashtirish, ish unumdorligini oshirish hamda konstruktiv parametrlarini optimallashtirishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, bilvosita quyosh quritgichlarining maqbul konstruktiv parametrlarini aniqlash, qurilmadagi konvektiv issiqlik almashinuv jarayonlarini modellashtirish va quyosh quritgichining energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanadi. Shu sababli, tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichlarini takomillashtirish va ularning asosiy issiqlik-texnik parametrlarini optimallashtirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda aholini ishonchli, sifatli va arzon quritilgan qishloq xo‘jalik mahsulotlari bilan ta‘minlash maqsadida energiya sarfi kamayishini ta‘minlovchi yangi zamonaviy energiya samarador quyosh quritgichlarini ishlab chiqish ishlari amalga oshirilib muayyan natijalarga erishilmoqda. 2019-2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining «yashil» iqtisodiyotga o‘tish strategiyasida “...energiya resurslari iste‘molini diversifikatsiyalash va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni rivojlantirish...”<sup>2</sup> bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichlarini takomillashtirish va joriy qilish dolzarb ilmiy-texnik masalalardan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026-yillarda Yangi O‘zbekistonni taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son Farmoni, 2020-yil 10-iyuldagi PQ-4779-son “Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish va qayta tiklanuvchi

---

<sup>1</sup> <https://uza.uz/ru/posts/sushka-selskokhozyaystvennykh-produktov-s-ispolzovaniem-soln-10-11-2015>

<sup>2</sup>O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktabrdagi PQ-4477-son “2019-2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Qarori

energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to'g'risida"<sup>3</sup> va 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-son "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejevchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to'g'risida"<sup>4</sup> gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Dissertatsiya ishi bo'yicha tadqiqotlar fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish usullarini rivojlantirish, nanotexnologiyalar, fotonika va boshqa zamonaviy ilg'or texnologiyalar va qurilmalarni yaratish" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgich qurilmalarini takomillashtirish va konstruktiv elementlarining o'lchamlari va issiqlik-texnik parametrlarini optimallashtirish, shu asosda energiya samaradorligi yuqori bo'lgan quyosh quritgich qurilmalarini ishlab chiqish bo'yicha jahonning ko'plab mamlakatlarida ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu sohada xorijlik olimlar N.M. Maundu, K.S. Kiptu, B.K. Rudenya, O. Adjike, C.P. Phadke, P.V. Uoker, A.S. Lupashko, G. K. Dikumar, A.N.Ostrikov, A.L. Kuznetsov, A. Ashurov tomonlaridan ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilgan.

Respublikamizda quyosh energiyasi asosida ishlaydigan quyosh quritgich qurilmalarini yaratish bo'yicha tadqiqotlar G.Y. Umarov, R.A. Zaxidov, R.R. Avezov, B.E. Xayriddinov, Z.S. Iskandarov, Z.T. Toirov, I.I. Raxmatov, X. Nuriddinov va boshqalar tomonidan olib borilgan.

Tabiiy konveksiyali bilvosta quyosh quritgichlarining samaradorligini oshirish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda erishilgan ijobiy natijalarga qaramasdan, tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichlarini takomillashtirish, kombinatsiyalashgan quyosh quritgich-saqlagich qurilmasini ishlab chiqish, havo kollektorli bilvosita quyosh quritgich tizimida sodir bo'ladigan konvektiv issiqlik almashinuv jarayonlarini modellashtirish hamda energiya samaradorligini oshirish masalalari yetarlicha o'rganilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya ishi Buxoro davlat universitetining ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga asosan 2017-2021-yillarga mo'ljallangan "Qayta tiklanadigan energiyaga asoslangan energoqurilmalar" mavzusidagi №F.01.2017 fundamental loyiha doirasida bajarilgan.

---

<sup>3</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi "Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish orqali iqtisodiyot tarmoqlarining yoqilg'i-energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirishga doir qo'shimcha chora tadbirlar to'g'risida"gi PQ-4779-sonli qarori

<sup>4</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 22-avgustdagi "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejevchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4422-sonli qarori

**Tadqiqotning maqsadi** o'riklarni quritishga mo'ljallangan tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgich qurilmasini takomillashtirish va energetik samaradorligini asoslashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

qishloq xo'jalik mahsulotlarini quritishda issiqlik va massa almashinuv jarayonlarini hamda mavjud quyosh quritgichlarining konstruksiyalarini tahlil qilish;

havoning tabiiy konveksiyasi intensivligini oshirish uchun qo'shimcha shaffof sirtli kombinatsiyalashgan tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgich qurilmasini ishlab chiqish;

mahsulotni quritish uchun kiritilayotgan havoning harorati va tezligini kollektorning uzunligi bo'yicha o'zgarishini matematik modellashtirish;

tabiiy konveksiyali va havo kollektorli quyosh quritgichida o'rik mahsulotlarini quritish jarayonini tajribaviy tadqiqot qilish va natijalarini umumlashtirish asosida empirik tenglamalar ishlab chiqish;

tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgich qurilmasining geometrik va konstruktiv parametrlarini optimallashtirish hamda texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash.

**Tadqiqotning obykti** sifatida tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita va to'g'ridan-to'g'ri quyosh quritgich qurilmalari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita va to'g'ridan-to'g'ri quyosh quritgichlarida konvektiv issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining qonuniyatlarini o'rganish hisoblanadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida matematik modellashtirish, issiqlik va massa almashinuv, termodinamika va jismlarning erkin tushish hodisalari nazariyalari, geliotexnik qurilmalarini tajribaviy tadqiqot qilish va tajriba natijalarini umumlashtirish usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

quritish kamerasida o'rnatilgan shaffof sirt orqali qo'shimcha quyosh nurlanishi hosil bo'lishi hisobiga bug'-havo aralashmasining ichki energiyasi va havoning tabiiy konveksiyasi intensivligini oshirish hamda bir vaqtning o'zida o'rik mahsulotini quritish va saqlash imkonini beradigan qo'shimcha shaffof sirtli kombinatsiyalashgan quritgich-saqлагich qurilmasi ishlab chiqilgan;

quyosh quritgichi harorat-namlilik rejimining tajribaviy tadqiqoti natijalarini umumlashtirish asosida quritish shkafi balandligi, issiqlik akkumulyatorli quyosh havo kollektori issiqlik samaradorlik koeffitsiyenti hamda issiqlik quvvatini aniqlash imkonini beradigan yarim empirik tenglamalar olingan;

tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichning quritish shkafiga kiradigan havoning kirish va chiqish haroratlarini inobatga olgan holda mahsulotlarni bir tekis sifatli quritilishini ta'minlaydigan polkalar orasidagi optimal masofani aniqlash imkonini beradigan dasturiy ta'minot ishlab chiqilgan;

issiqlik akkumulatorli quyosh havo kollektoriga kirayotgan havoning kirish va chiqish haroratlari hamda akkumulator sirtidagi haroratlarning vaqtga bog'liqlik chegaraviy shartlarini inobatga olgan holda havoning harorati va tezligini

kollektorning uzunligi bo'yicha o'zgarishini aniqlash imkonini beradigan matematik modeli chekli elementlar usuli bilan ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

havoning tabiiy konveksiyasi intensivligini oshirish, quyosh energiyasini akkumulatsiyalash va o'rik mahsulotini quritish imkonini beradigan tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgichi ishlab chiqilgan;

bir vaqtning o'zida o'rik mahsulotini quritish va saqlash imkonini beradigan qo'shimcha shaffof sirtli kombinatsiyalashgan quritgich-saqlagich qurilmasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchliligi zamonaviy usul va o'lchash vositalaridan foydalangan holda o'tkazilganligi, olingan natijalarga zamonaviy matematik ishlovlar berish, empirik, kuzatuv va taqqoslash usullarining bir xil sharoitda qo'llanilishi, tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichi sinovlarining ijobiy natijalari va amaliyotga joriy etilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichlarida energiya sarfini kamaytiruvchi omillarni, tashqi havo haroratini va quyosh radiatsiyasini hisobga olgan holda, quyosh kollektori va quritish shkafi ichidagi havo va bug'-havo aralashmasining haroratini aniqlash imkonini beradigan matematik model, havoni kollektorga kirish va chiqish teshiklarining chiziqli o'lchamini aniqlaydigan yarim empirik tenglamalar olinganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichining issiqlik samaradorlik koeffitsiyentini va issiqlik quvvatini oshirish uchun konstruktiv parametrlari optimallashtirilgan va quritish jarayonini jadallashtirish uchun qo'shimcha shaffof sirt o'rnatilgan quyosh quritgich-saqlagich qurilmasi ishlab chiqilgan bo'lib, mazkur qurilma o'xshash qurilmalarga nisbatan issiqlik samaradorligining yuqoriligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** O'riklarni quritish uchun mo'ljallangan tabiiy konveksiya va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgich qurilmasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgich qurilmasi Buxoro viloyatining "Ilhom yulduzi zamini" fermer xo'jaligida joriy etilgan (Qishloq xo'jaligi vazirligining 2022-yil 4-noyabrdagi 04/30-04/8158-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, qurilma yordamida cho'l hududlari va markazlashgan elektr energiyasi ta'minotidan uzoqda joylashgan bog'dorchilik fermer xo'jaliklarida ekologik toza quritilgan mahsulot olish imkoniyati yaratilgan. Bilvosita quyosh quritgich qurilmasini qo'llash orqali mavsum davomida 1 tonna quritilgan o'rik mahsulotini tayyorlash uchun sarf etilayotgan 8280 kVt\*soat energiya tejab qolinishiga hamda fermer xo'jaligida an'anaviy yoqilg'i-energiya resurslarining tejalishi hisobiga yillik 25% iqtisodiy samaradorlikka erishilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Tadqiqot natijalari 6 ta xalqaro va 6 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokama qilingan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami: 26 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy

attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 9 ta maqola, jumladan 6 tasi respublika va 3 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan. O‘zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligining 2 ta EHM dasturiy mahsulot uchun mualliflik guvohnomasi olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 118 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish qismida** dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan, tadqiqot obyekti va predmeti tavsiflangan hamda respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi aniqlangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy qilinishi, ishning aprobatsiyasi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

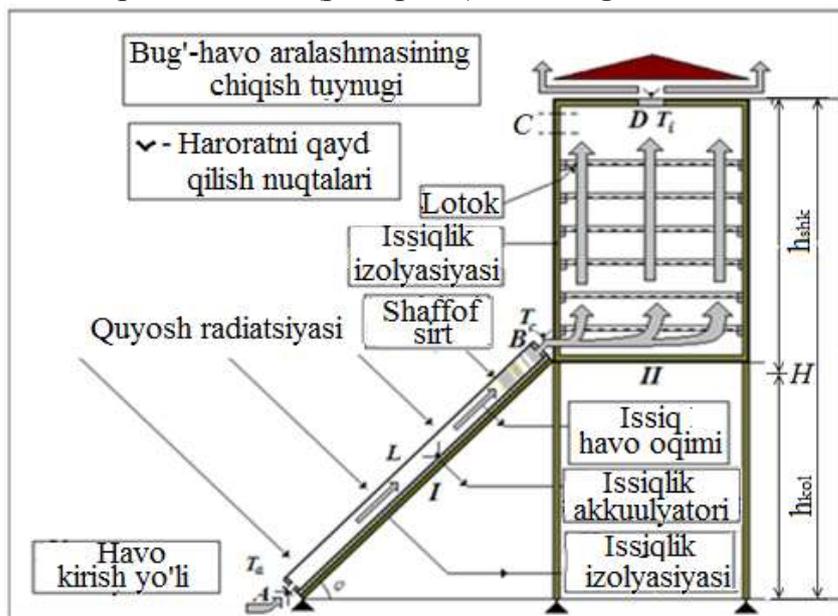
Dissertatsiyaning “**O‘rik mahsulotlarini quritishda quyosh energiyasidan foydalanishning zamonaviy holati tahlili**” deb nomlangan birinchi bobida jahon amaliyotida qayta tiklanadigan energiya manbalaridan qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quritishda foydalanish usullari, mahsulotlarni quritishda issiqlik va massa almashinuv jarayonlari va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini bilvosita quyosh quritgichlari yordamida quritish texnologiyalari va o‘riklarni an‘anaviy usulda va quyoshda quritish texnologiyalari tahlili keltirilgan. Erishilgan muhim natijalarga qaramasdan, tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichlarini takomillashtirish, kombinatsiyalashgan quyosh quritgich-saqlagich qurilmasini ishlab chiqish, havo kollektorli bilvosita quyosh quritgich tizimida sodir bo‘ladigan konvektiv issiqlik almashinuv jarayonlarini modellashtirish hamda energiya samaradorligini oshirish masalalari yetarlicha tadqiqot qilinmagan. O‘tkazilgan ilmiy-tahlil asosida va qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quritishda energiya tejash sohasida tadqiqotlar ko‘lamining kengayish tendensiyalarini hisobga olib dissertatsiyaning maqsadi va vazifalari shakllantirildi.

Dissertatsiyaning “**Tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgichini takomillashtirish va matematik modellashtirish**” deb nomlangan ikkinchi bobida takomillashtirilgan tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichining umumiy tavsifi, tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichida akkumulator massasi va havo kollektori kirish hamda chiqish qismlarining geometrik o‘lchamlarini hisoblash natijalari, issiqlik akkumulatorli yassi quyosh havo kollektorida tabiiy konveksiya jarayonini matematik modeli va nazariy tadqiqot natijalari keltirilgan.

Takomillashtirilgan tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichining tajriba qurilmasi qurilgan bo‘lib, u ikki qismdan iborat: yassi quyosh kollektori va quritish shkafi (1-rasm).

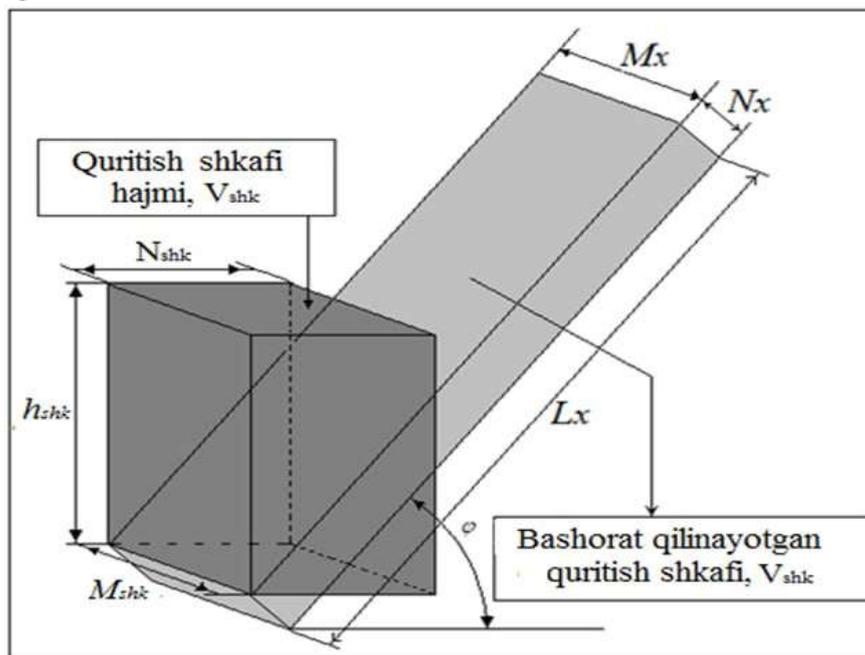
Yassi quyosh kollektori - issiq quti va to‘rtburchak asosli parallelepiped shaklida tayyorlangan, uning pastki va yon tomonlari atrof-muhitga issiqlik

uzatilishidan himoyalangan. Issiqlikni zahiralash uchun kollektorning pastki qismidagi tubida issiqlik akkumulatori oʻrnatilgan. Kollektorning ikki tomonida (pastki va yuqori qismlarida) teshiklar oʻrnatilgan: atrof-muhitdan havoni kiritish uchun teshik (*A*) va isitilgan havoni kollektordan quritish shkafiga oʻtkazish uchun teshik (*B*) (1-rasm). Issiq qutining quyoshga qaragan qismi shisha bilan qoplangan. Qolgan barcha yon devorlarining ichki va tashqi qismlari, pastki (tub) qismi faner bilan qoplangan, issiqlikni tashqi muhitga yoʻqotilishidan himoyalash uchun ular orasida issiqlik izolatori (penoplast) oʻrnatilgan.



**1-rasm. Tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritish qurilmasining sxemasi.**

Quritish shkafi - toʻrtburchak asosli parallelepiped shaklida tayyorlangan va uning barcha devorlari atrof muhitga issiqlik yoʻqotilishidan himoyalangan. Shkafning shimoliy tomonida mahsulotlarni joylashtirish uchun issiqlik izolatsiyali himoya eshigi oʻrnatilgan. Shkafdagi bugʻ-havo aralashmasini atrof-muhitga chiqarish uchun shkafning tomiga teshik (*D*) oʻrnatilgan. Quritish shkafining chiziqli oʻlchamlarini hisoblash 2-rasmda tasvirlangan sxema boʻyicha amalga oshirilgan.



**2-rasm. Quritish shkafining chiziqli oʻlchamlarini hisoblash sxemasi.**

Kollektorni ufqqa nisbatan qiyalik burchagini hisobga olib, quritish shkafining vertikal balandlik uzunligini aniqlash uchun yarim empirik formula quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$h_{shk} = L_{shk} \cdot \sin \varphi = \frac{c_p \cdot m_c \cdot (T_c - T_a)}{p \cdot M_{shk} \cdot N_{shk}} \cdot \sin \varphi \quad (1)$$

Kollektorga kiradigan havo massasi quyidagicha aniqlanadi:

$$m' = \frac{c_p \cdot (T_c - T_a) \cdot m_c}{\sqrt{2gh_c} \cdot (h_c + h_{shk.})} \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

Kollektorning issiqlik samaradorlik koeffitsiyentini aniqlashning yarim empirik formulasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\eta_{kol} = \frac{c_p^{havo} \cdot m' \cdot (T_c - T_a) + c_p^{akkum} \cdot m_{akkum} \cdot (T_{i+1} - T_i)}{R_o \cdot F_a \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2} \quad (3)$$

Istalgan soatdagi vaqt intervalida va issiqlik yo‘qotishlarini hisobga olmagan holda yassi quyosh kollektorining o‘rtacha issiqlik quvvatini quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$Q_{kol.} = \frac{A_{kol.}}{\tau_o} = \frac{c_p^{havo} \cdot m' \cdot (T_c - T_a) + c_p^{akkum} \cdot m_{akkum} \cdot (T_{i+1} - T_i)}{\tau_o} \quad (4)$$

Quritish shkafining issiqlik samaradorlik koeffitsiyentini aniqlashning yarim empirik formulasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\eta_{shk.} = \frac{(T_d - T_a)}{(T_c - T_a)} \quad (5)$$

Vaqt intervalida va issiqlik yo‘qotishlarini hisobga olmagan holda quritish shkafining o‘rtacha soatlik issiqlik quvvatini aniqlashning empirik formulasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$Q_{shk} = \frac{c_p^{havo} \cdot m' \cdot (T_d - T_a)}{\tau_o} \quad (6)$$

Issiqlik akkumulatori (shag‘al tosh) massasini quyidagi yarim empirik formula yordamida aniqlanadi:

$$m = \frac{Q_s}{c_a \cdot \Delta T} = \frac{Q_t \cdot t_s \cdot F_a}{c_a \cdot \Delta T} \quad (7)$$

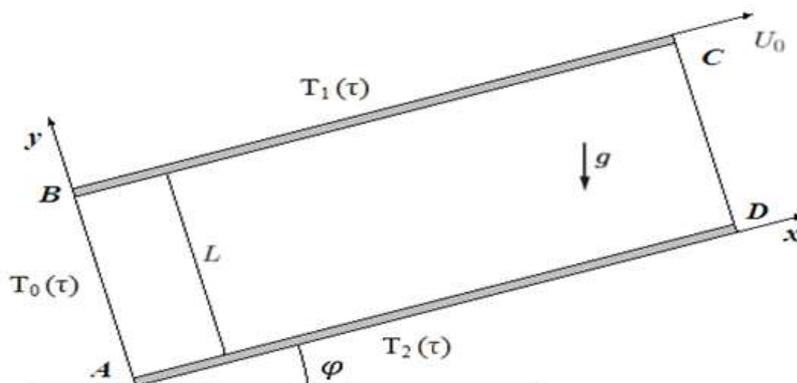
G. Kirxgofning gazlarning issiqlik nurlanishi konsepsiyasi asosida qurilmaning teshiklari o‘lchamlari aniqlandi. Unga ko‘ra kollektor elementlarining dastlabki chiziqli o‘lchamlarini  $M=0,5 m$ ,  $N=0,2 m$ ,  $L=1 m$  ekanligini va  $(100 \div 256) \cdot F_T \leq F_r$  tengsizlikdan foydalanib kollektorni o‘rab turgan sirt yuzasining qiymati  $F_r = 1,6 m^2$  ekanligi aniqlandi. Havo kirish teshigining chiziqli o‘lchami quyidagicha:

$$d_T \leq \sqrt{\frac{F_r}{100}} = \frac{\sqrt{F_r}}{10} \quad \text{ba} \quad d_T \leq \sqrt{\frac{F_r}{256}} = \frac{\sqrt{F_r}}{16} \quad (8)$$

Dastlabki kattaliklar asosida teshiklarning chiziqli o‘lchamlari aniqlandi,  $d_T = 0,079 m$ . Bunday chiziqli o‘lchamga asosan tanlangan havo teshigining sirt yuzasi  $F_T = (8 sm \times 8 sm) = 64sm^2$  ga teng. Agar kollektorda ikkita havo

teshigi o'rnatilgan bo'lsa, u holda har birining chiziqli o'lchamlari  $d \approx 4 \text{ sm}$  va har bir teshikning sirt yuzasi  $16 \text{ sm}^2$  qabul qilindi.

Havoning tabiiy konveksiya jarayonini matematik modellashtirish uchun kollektordan vertikal tekislik bo'yicha vertikal qirqim kesamiz va ikki o'lchovli sohani ko'rib chiqamiz (3-rasm).



3-rasm. Kollektorning koordinatalar tizimidagi sxemasi.

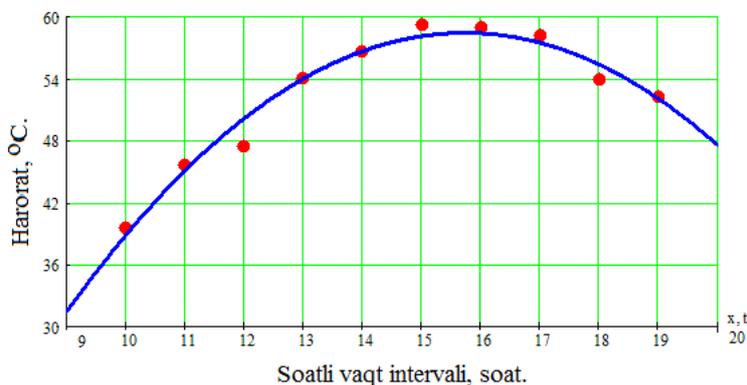
Bunday masalani ikki parallel sterjen orasidagi havo konveksiyasini tadqiq qilish masalasiga olib kelamiz. Konveksiya vaqtida havoning harakatini hisobga olish uchun har doim issiqlik ta'sirida havo zichligining o'zgarishini inobatga olish kerak bo'ladi:

$$\rho = \rho_o \cdot [1 - \beta \cdot (T - T_o)] \quad (9)$$

Bussinesk yaqinlashuvida massa, impuls, energiyaning saqlanish qonunlaridan foydalangan holda havo tabiiy konveksiyasining stasionar bo'lmagan oqimi uchun asosiy tenglamalarni quyidagicha yozish mumkin:

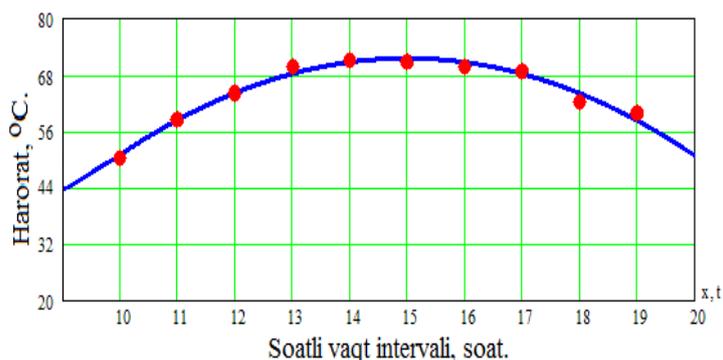
$$\begin{cases} \frac{\partial(u)}{\partial x} + \frac{\partial(v)}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \beta g (T - T_o) \cdot \sin \varphi \\ \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \end{cases} \quad (10)$$

Differensial tenglamani (10) yechish uchun har bir tugun nuqtasidagi (chekli ayirmalarda) ma'lumotlar kerak bo'ladi. Buning uchun eng kichik kvadratlar usuli yordamida regressiya tenglamasidan foydalanildi. Tajriba ma'lumotlardan foydalanib, ko'phad shaklida regressiya tenglamalari tuzildi va haroratlarni vaqt bo'yicha o'zgarish grafiklari 4, 5 va 6-rasmlarda keltirilgan.



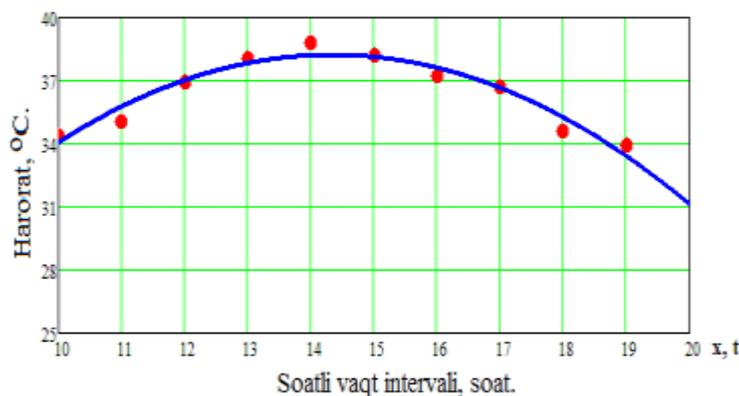
4-rasm. Shisha ostidagi havo haroratining o'zgarish grafigi.

$$T_1(\tau) = -0.59\tau^2 + 18.786\tau - 89.36$$



**5-rasm. Issiqlik akkumulatori sirtidagi haroratning o'zgarish grafigi.**

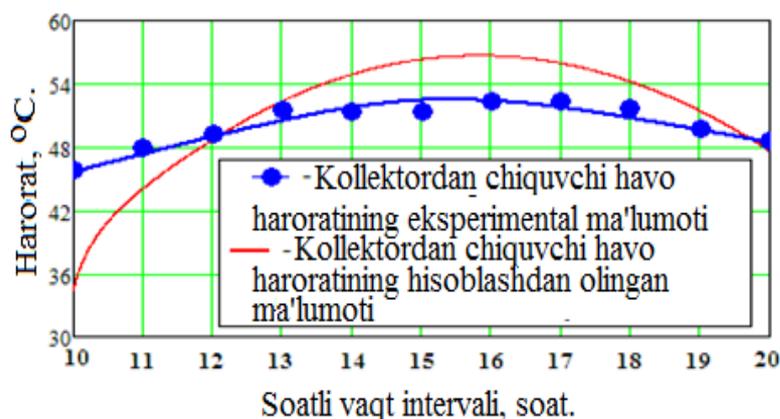
$$T_2(\tau) = -0.826\tau^2 + 24.76\tau - 114.137$$



**6-rasm. Kollektorga kirayotgan havo haroratining o'zgarish grafigi.**

$$T_o(\tau) = -0.221\tau^2 + 6.349\tau + 7.281$$

Kollektorning chiqish teshigi joyidagi havo haroratini kunning vaqtga bog'liqlik grafigiga kiritish orqali tajriba natijalarini nazariy ma'lumotlar bilan taqqoslanganligi 7-rasmida keltirildi.

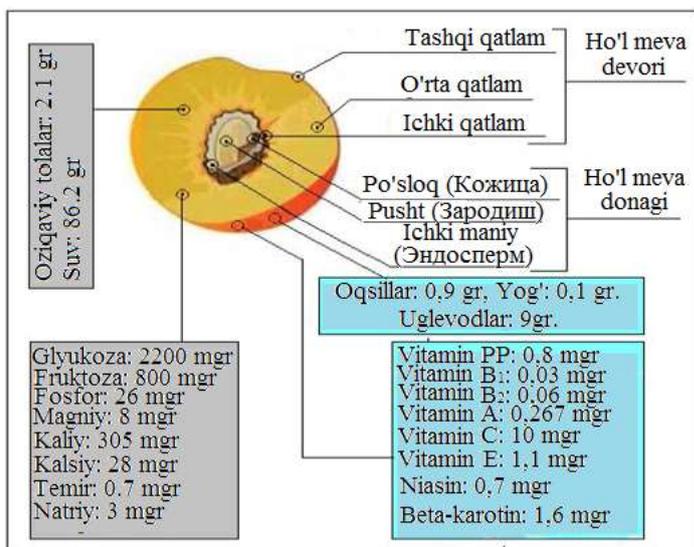


**7-rasm. Kollektorning chiqish teshigidan chiqayotgan havoning tajribaviy va nazariy qiymatlar grafigi.**

Taklif etilgan matematik modelning tajribaviy va nazariy ma'lumotlari o'rtasida o'rtacha approksimatsiya xatoligi 7,7% ni tashkil etadi (7-rasm).

Dissertatsiyaning **“Tabiiy konveksiyali va havo kollektorli quyosh quritgichlarida quritish jarayonlarini tajribaviy tadqiq etish”** deb nomlangan uchinchi bobida ho'l o'rik mevasining biologik xususiyati, tabiiy konveksiyali bevosita quyosh quritgichini takomillashtirish va tajribaviy tadqiqot natijalari keltirilgan.

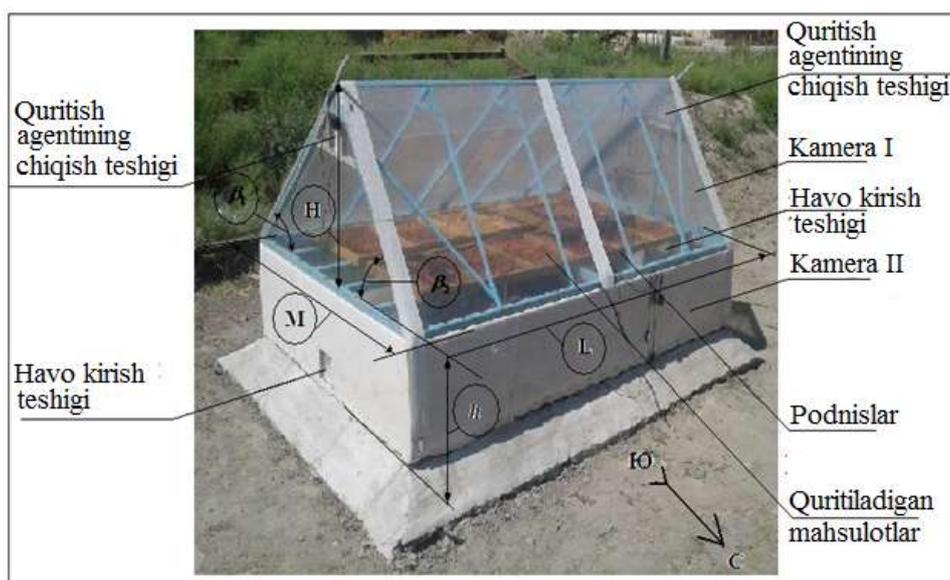
O'rikni quritish jarayonini tajribaviy tadqiqot qilish uchun massasi 100 gr bo'lgan o'rikning oziqaviy qiymati va kimyoviy tarkibi o'rganildi (8-rasm).



**8-rasm. Ho'l o'rik mevasining tarkibiy tuzilish sxemasi.**

Tadqiqot ishida tajriba tadqiqotlarini o'tkazish uchun "Navoiy" navli o'rikdan 32,209 kg ajratib olindi, ularning o'rtacha kattaligi 36x36x31 mm o'rtacha vazni 24-27 gr, oval shaklda, po'stlog'i biroz yaltiroq, to'q sariq rangda, ingichka malina-qizil ranglisi tanlandi. O'rikning danagi nisbatan kichik, o'rtacha kattaligi 27x18x11 mm, og'irligi 3,13 gr.

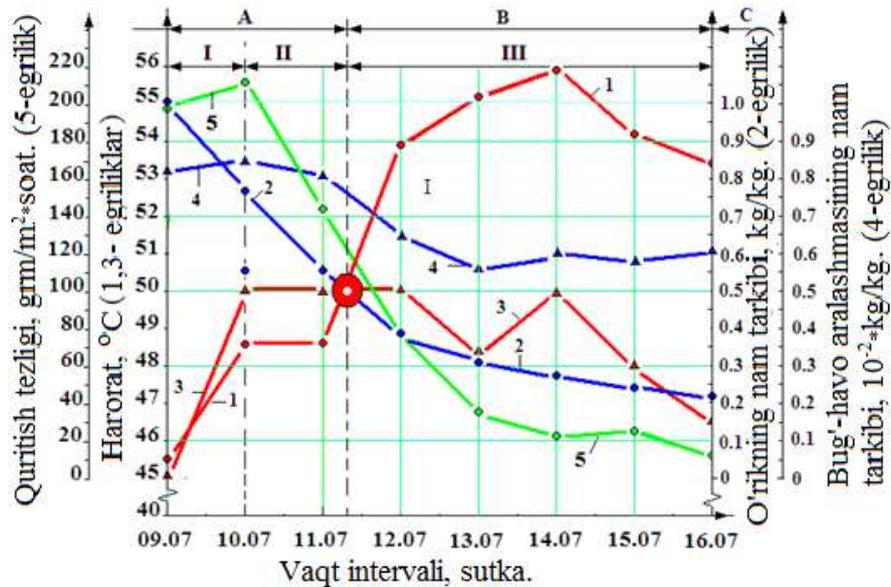
O'rikni quritish bo'yicha dastlabki tajriba tadqiqotlari Buxoro davlat universiteti, "Fizika" kafedrasining ilmiy laboratoriyasida qurilgan tabiiy konveksiyali bevosita quyosh quritgichida (TKBQQ) olib borildi (9-rasm). Qurilma tubini foydali ishlatish koeffitsiyenti 0,36, qurilmaning quyosh radiatsiyasi to'g'ri tushadigan yon tomonlarining ufqqa nisbatan qiyalik burchaklari 38° va 52° (mintaqaning geografik kengligini hisobga olgan holda) qabul qilindi. Qurilmaning umumiy uzunligi 2,5 m, eni 1,55 m, I-kamera balandligining uzunligi 0,75 m va II-kamerasi balandligining uzunligi 0,4 m.



**9-rasm. TKBQQ ning umumiy ko'rinishi.**

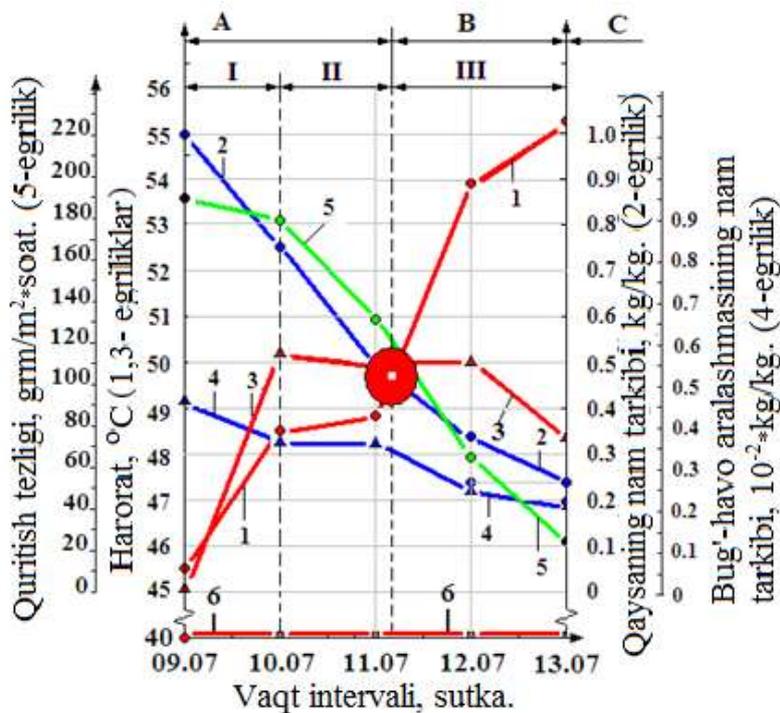
TKBQQ qurilmasida o'rik mahsulotlarini quritish bo'yicha tajriba tadqiqotlari 2020-yilning 9-iyulidan 16-iyuligacha o'tkazildi. Barcha o'lchashlar har kuni soat 9<sup>00</sup> dan 18<sup>00</sup> gacha olib borildi. Quritish jarayonining birinchi bosqichi (A) quritish

tezligi miqdorining o'zgarishiga ko'ra shartli ravishda ikki davrga bo'lingan (10-rasm): o'sish (I) va pasayish (II). Bunday holat quritilayotgan o'rik mahsulotining namlik miqdori 50% bo'lgungacha davom etadi. Ushbu tajribada bunday hodisa ikki sutka 22-23 soatli quyosh radiatsiyasi nurlanishida sodir bo'ladi. Quritishning III davri 3.4-rasmdagi grafikda belgilangan "0" nuqtadan boshlanadi.



A, B va C- o'rikning nam, gigroskopik va muvozanat holatlari bosqichlari; I, II, III –quritish tezligi davrlari; 1 va 2-quritilayotgan o'rikning sirt yuzasida harorat va namlikning o'zgarishi; 3 va 4-quritish agenti harorat va namligining o'zgarishi; 5-quritish tezligi.

**10-rasm. TKBQQda o'rikni quritish jarayonining bosqichlari va davrlari.**



A, B va C-qaysaning nam, gigroskopik va muvozanat holatining bosqichlari; I, II, III – quritish tezligi davrlari; 1 va 2-quritilayotgan qaysaning sirt yuzasida harorat va namlikda o'zgarishi; 3 va 4-quritish agentining harorati va namligining o'zgarishi; 5-quritish tezligi; 6-atrof-muhit harorati.

**11-rasm. TKBQQ da qaysani quritish jarayonining bosqichlari va davrlari.**

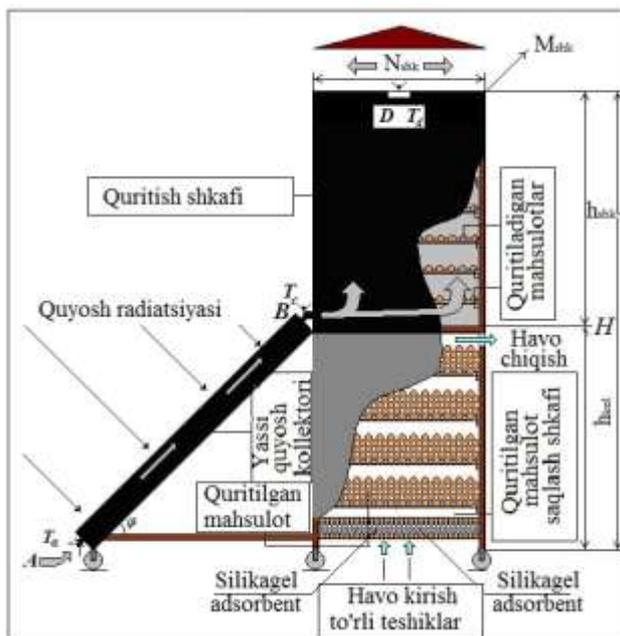
Qaysani quritish jarayonining birinchi bosqichini (A) tezlik miqdorining o'zgarishiga ko'ra shartli ravishda ikki davrga bo'lish mumkin (11-rasm): sekin pasayish (I) va pasayish (II).

12-rasmda ko'rsatilgan quritilgan o'rik mahsulotlarining natijalaridan ko'rish mumkin: a) A-bosqichning oxirida, o'rikning rangi ochiq jigarrang; b) V-bosqichning oxirida o'rikning rangi to'q jigarrang; s) quritish jarayoni boshlanguncha quritilayotgan o'rik mahsulotlarining rangi sariq-ochiq jigarrang.



12-rasm. Quritilgan o'rik mahsulotining quritish jarayonidagi namunalari.

Quyosh quritgichlarining ish rejimini optimal tashkil etish, ularning energetik, texnik-iqtisodiy va ekologik ko'rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilash borasida modernizatsiya qilingan tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritish qurilmasi (Md.TKBQQ) yaratildi. Qurilmaning umumiy ko'rinishi va konstruksion modelining tarkibiy elementlari 13-rasmda keltirilgan.

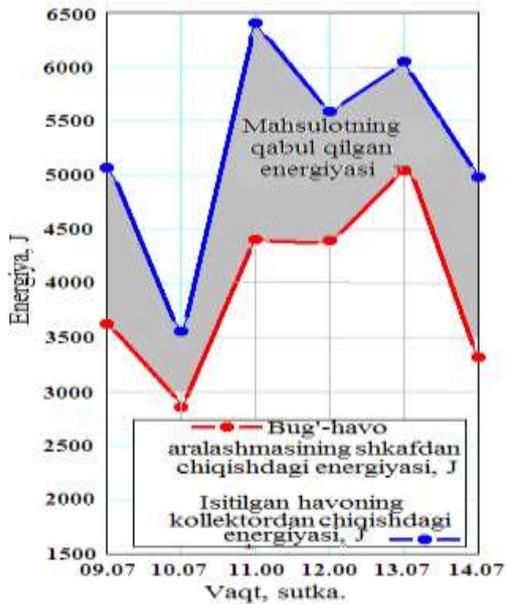


13-rasm. Tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichi.

Mahsulotlarni quritish maqsadida isitish shkafida 6-8 ta lotok va to'rtli patnislar o'rnatilgan. Patnislar orasidagi masofa 15-20 sm. Patnislarning to'rtli nay qamishdan tayyorlangan bo'lib, patnisning sirt yuzasi isitish shkafining eni va bo'yining o'lchamlariga qarab tanlab olingan, ushbu qurilma uchun har bir patnisning sirt yuzasi 0,15 m<sup>2</sup>. Tajriba o'lchashlari sakkiz sutka, quyosh nurlanishi davrida olib borildi.

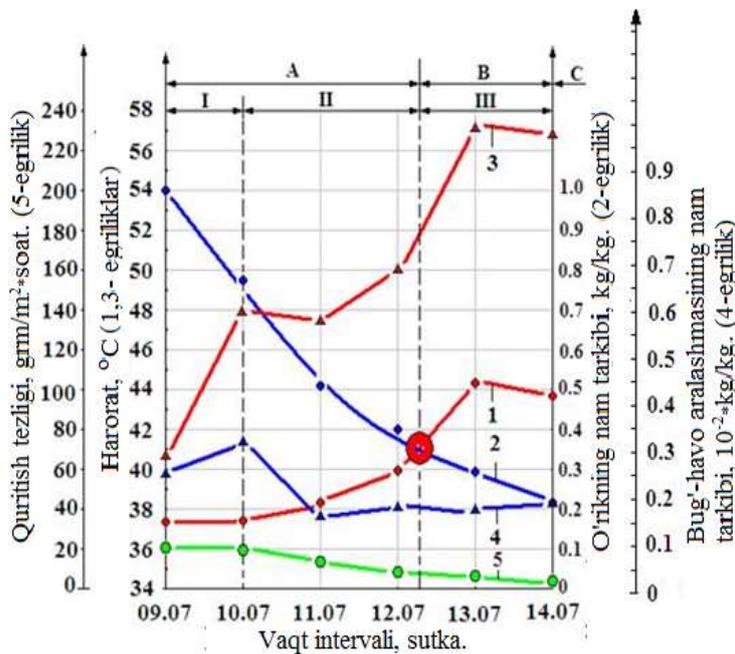
Danaklari bo'lgan o'rik patnislarning 1 m<sup>2</sup> maydoniga 10-15 kg miqdorida, danaksiz bo'lgan o'rik (qaysa) patnislarni 1 m<sup>2</sup> maydoniga 7-14 kg miqdorida joylashtiriladi.

14-rasmda bug'-havo aralashmasining quritish shkafidan chiqishdagi kunlik o'rtacha issiqlik energiyasi va kollektordan quritish shkafiga kirayotgan isitilgan havoning kunlik o'rtacha issiqlik energiyalarining sutkalik o'zgarishi ko'rsatilgan. Bu ikki issiqlik energiyalarining grafik tasvirlari o'rtasida hosil bo'lgan yuza (issiqlik energiyalar ayirmasi) quritilgan o'rikka uzatilgan issiqlik energiyasi miqdorini bildiradi.



**14-rasm. Kollektordan quritish shkafiga kiruvchi isitilgan havo va shkafdan chiqib ketuvchi bug'-havo aralashmasi energiyalarining o'zgarish grafigi.**

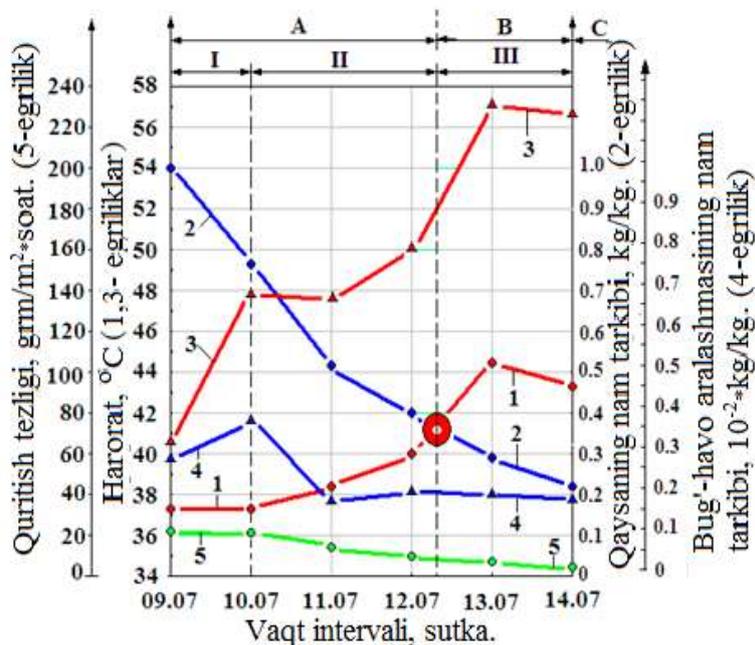
Md.TKBQ quritgichida ho'1 o'rik sirtidagi kunlik o'rtacha harorat va uning namlik miqdori 1 va 2 egriliklar shaklida ko'rsatilgan (15-rasm). Xuddi shunday ho'1 o'rikni quritishda bug'-havo aralashmasining kunlik o'rtacha harorati va namlik miqdori 3 va 4 egriliklar shaklida, quritish tezligi 5 egri chiziq shaklida ko'rsatilgan (15-rasm).



A, B va C- o'rikning nam, gigroskopik va muvozanat holatining bosqichlari; I, II, III –quritish tezligining davrlari; 1 va 2-quritilayotgan o'rik sirti yuzasidagi harorat va namlik miqdori; 3 va 4-quritish agentining harorati va namlik miqdori; 5-quritish tezligi.

**15-rasm. Md.TKBQ qurilmasida o'rikni quritish jarayoni davrlari.**

Ho‘l qaysa sirtidagi kunlik o‘rtacha harorat va uning namlik miqdori 1 va 2 egriliklar shaklida 16-rasmda tasvirlangan. Xuddi shunday ho‘l qaysani quritishda quritish agentining kunlik o‘rtacha harorati va namlik miqdori 3 va 4 egriliklar shaklida, quritish tezligi 5 egri chiziq shaklida ko‘rsatilgan (16-rasm).



A, B va C- qaysaning nam, gigroskopik va muvozanat holatining bosqichlari; I, II, III – quritish tezligining davrlari; 1 va 2-quritilayotgan qaysa sirti yuzasidagi harorat va namlik miqdori; 3 va 4-quritish agentining harorati va namlik miqdori; 5-quritish tezligi.  
**16-rasm. Md.TKBQ qurilmasida qaysani quritish jarayoni davrlari**

Ho‘l meva mahsulotlarini TKBQQ qurilmasida muvozanat holatigacha quritish jarayoni o‘rik uchun 8 sutka va qaysa uchun 5 sutka davom etdi. Md.TKBQ qurilmasida bu jarayonning davomiyligi o‘rik va qaysa uchun 5 sutkani tashkil etdi.

TKBQQda quritish mahsulotlari sirtidagi harorat 50°C ga ko‘tarilgan bo‘lsa, Md.TKBQ qurilmasida bu harorat 41°C bo‘lgan. TKBQQ da mahsulot sirtidagi haroratida TKTQ qurilmadagi haroratga nisbatan 9°C ga ortishi natijasida o‘rik mahsuloti po‘stlog‘i va tashqi qatlamidagi biologik tolalar sifatini buzilishiga olib keldi.

Tabiiy konveksiyali va quyosh havo kollektorli bilvosita quyosh quritgichida va ochiq havoda o‘rik mahsulotlari quritilganda zaharli elementlar miqdori mos ravishda 0,13 mg/kg va 0,22 mg/kg, ion-nitratlar miqdori 8,5 mg/kg va 9,3 mg/kg ni tashkil etgan, natijada o‘rik mahsulotining sifati o‘rtacha 10...12 % ga yaxshilanishiga erishildi.

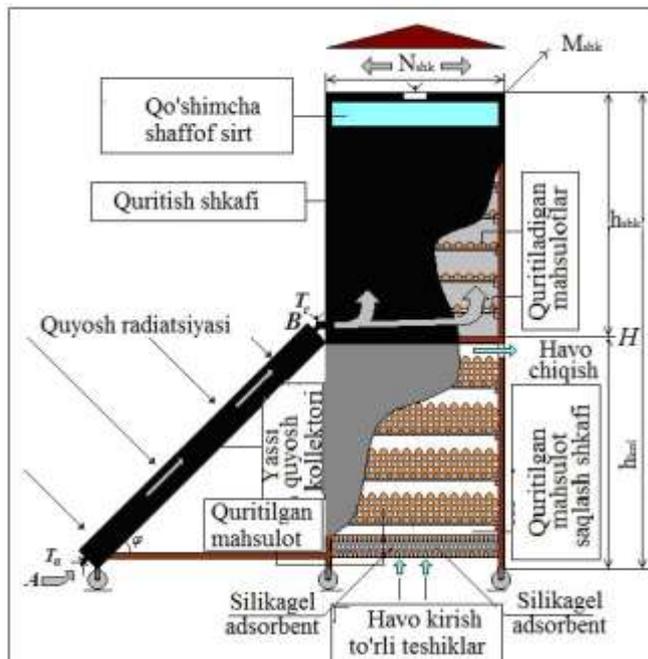
Dissertatsiyaning **“Tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichini takomillashtirish va texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichini takomillashtirish bo‘yicha tajriba tadqiqotlari natijalari, tabiiy konveksiyali bilvosita quyosh quritgichining unumdorligi va issiqlik samaradorligini baholash natijalari va Md.TKBQ ning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlari qiymatlari keltirilgan.

Md.TKBQQ da o‘tkazilgan tajriba tadqiqotlari natijalari asosida qurilmaning issiqlik samaradorlik koeffitsiyentini oshirish maqsadida quritish shkafiga qo‘shimcha shaffof sirt o‘rnatildi. Qo‘shimcha shaffof sirt Md.TKBQQ quritish shkafining uchta yon tomonining yuqori qismida o‘rnatildi (17-rasm). Qo‘shimcha

shaffof sirtning chiziqli o'lchamlari 7 sm dan (sirt balandligining uzunligi) qilib tanlandi. Ushbu qurilmaning qolgan barcha konstruksion modeli elementlari Md.TKBQQ ning barcha elementlariga aynan o'xshash va o'lchamlari jihatdan bir xil.

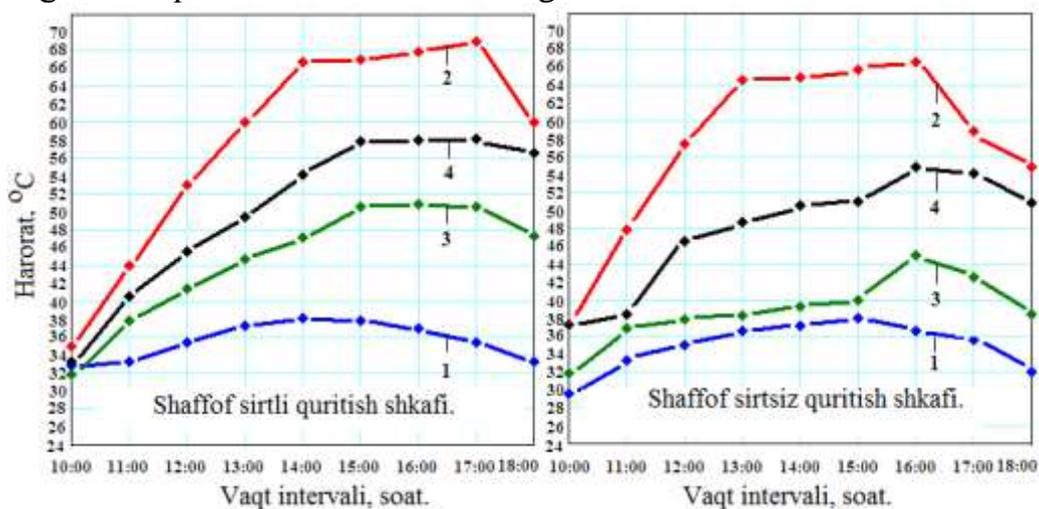


Qo'shimcha shaffof sirt



17-rasm. Qo'shimcha shaffof sirtli Md.TKBQ qurilmasi.

Qo'shimcha shaffof sirdan quyosh nurlanishi hisobidan kirgan to'liq infraqizil nurlar bug'-havo aralashmasining ichki energiyasini yanada oshirib, ularning isitish shkafidan chiqib ketishini jadallashtiradi. Ikkita quritish qurilmalarining belgilangan nuqtalarida o'lchangan haroratlarni quritish vaqtiga bog'liqlik egri chiziqlari 18-rasmda tasvirlangan.

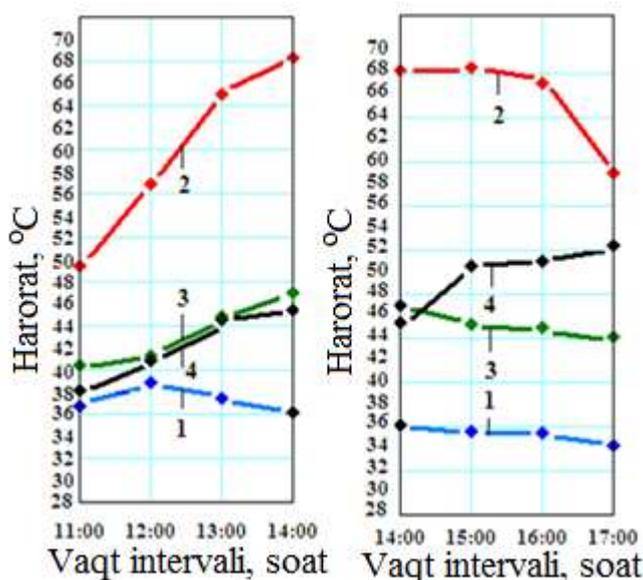


1-kollektorning kirish teshigidagi harorati; 2-kollektorning chiqish teshigidagi harorati; 3-shkafning chiqish teshigidagi harorat; 4-quritish shkafining o'rtasidagi harorat

18-rasm. Mahsulot yuklanmagan quyosh quritgichlarida haroratni vaqtga bog'liqligi.

Mf.TKBQ va Md.TKBQ qurilmalarda quritilayotgan mahsulot bo'yicha o'tkazilgan tajriba tadqiqotlari natijalari 19-rasmda tasvirlangan. 19-rasmda tasvirlangan haroratlarning vaqtga bog'liqlik grafiklaridan kelib chiqib

Mf.TKBQQ ning havo chiqish teshigida bug‘-havo aralashmasining harorati Md.TKBQ qurilmadagi haroratdan 3-4°C yuqori bo‘lsa, shkaf o‘rta qismida 6-7°C ga ortgani kuzatildi. Haroratning bunday o‘zgarishi bug‘-havo aralashmasiga IQ nurlari ta’siri natijasida uning ichki energiyasining ortganligidan dalolat beradi. Binobarin, bug‘-havo aralashmasi ichki energiyasining ortishi quritish jarayonini jadallashtiradi va quritish tezligini oshiradi. Tajriba natijalariga ko‘ra, Mf.TKBQ qurilmasida mahsulotning namligi 51,6%, Md.TKBQ qurilmasida esa 67,8% ni tashkil etgan.



1-kollektorning kirish teshigidagi harorat; 2- kollektorning chiqish teshigidagi harorat; 3-shkafning chiqish teshigidagi harorat; 4-quritish shkafining o‘rtasidagi harorat.

**19-rasm. Mahsulot yuklangan quyosh quritgichlarida haroratning vaqtga bog‘liqlik grafiqi.**

Mf.TKBQ va Md.TKBQ (prototip) qurilmalarni taqqoslash natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

### Hisoblash natijalari

№	Nomlanishi	O‘lchov birligi	Prototip	Qurilma
1.	Kollektorning shaffof yuzasi maydoni	m <sup>2</sup>	0,56	0,5
2.	Yig‘indi quyosh radiatsiyasi	Vt/m <sup>2</sup> .	525,29	539,5
3.	Mahsulotning dastlabki namligi	%	86	85
4.	Quritish vaqti	kun	8	6
5.	Quyosh kollektorining samaradorligi	%	16,47	18,6
6.	Quyosh quritgichining umumiy issiqlik samaradorligi	%	-	5,81
7.	Mahsulotdan chiqarib yuborilgan namlik	%	82,22	O‘rik-62 Qaysa-66
8.	Oxirgi namlik	%	13,74	O‘rik-23 Qaysa-19

Mf.TKBQ qurilmasi shkafining o‘rta qismidagi bug‘-havo aralashmasining harorati chiqish teshigidagi bug‘-havo aralashmasining haroratidan 8°C ga ortgan, natijada material tarkibidan suvning bug‘lanish tezligi Md.TKBQ qurilmadagiga nisbatan 1,4-martaga yuqori bo‘ldi.

Quyosh quritgichlarining tannarxi 2022-yil 18-apreldan 22-aprelgacha O‘zbekiston Respublikasi tovar-xom ashyo birjasidagi narxlar bo‘yicha, 1 AQSH dollari 11220,06 so‘m da baholangan (2-jadval).

2-jadval

### Md.TKBQ qurilmasining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlari

№	Nomlanishi	Prototip	MD.TKBQ Qurilma
1.	Akkumulator sirtiga tushadigan quyosh radiatsiyasi. $Vt/m^2$	460,1	499,1
2.	Elektr energiya, kVt·soat	0,43	0,923
3.	Shartli yoqilg‘i, kg sh.yo	0,162	0,348
4.	Tabiiy gaz, $m^3$	0,14	0,3
5.	Tejalgan gazning narxi, sum/sut.	53,2	114
6.	Umumiy tejab qolingani mablag‘, sum/sut.	1207	2592
7.	O‘z-o‘zini qoplash muddati,	2,2 yil	1 yil

Quritgich kollektorida kun davomida 3313,23 kJ miqdorda issiqlik energiyasi ishlab chiqariladi, natijada 0,923 kVt soat elektr energiyasi yoki 0,34 kg.sh.yo. tejab qolinadi. Massasi 50 kg va boshlang‘ich namligi 90% bo‘lgan o‘rik mahsulotining oxirgi namligini 20% gacha kamaytirish uchun ochiq havoda quritish 80 soatni, bilvosita quyosh quritgichida 60 soatni tashkil etdi, natijada qurilmaning mahsulot bo‘yicha unumdorligini 25% ga oshirish va o‘rikni quritish narxini 1,21...1,33-martagacha kamaytirish imkoniyati yaratildi.

### XULOSA

Dissertatsiya ishida qo‘yilgan vazifalarni hal etish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalar taklif qilindi:

1. Tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgichlarida issiqlik va massa almashinuv jarayonlari, qurilmaning texnik-iqtisodiy samaradorligini oshirish usullari va texnologiyalarini tahlil qilish asosida takomillashgan qo‘shimcha shaffof sirtli quyosh quritgich-saqlagich qurilmasi ishlab chiqildi.

2. Tabiiy konveksiyali va havo kollektorli bilvosita quyosh quritgichning konstruktiv va optimal geometrik o‘lchamlarini, quritish shkafiga kirayotgan va chiqayotgan havo haroratlarini inobatga olgan holda quritish shkafidagi polkalar orasidagi optimal masofani aniqlash imkonini beradigan dasturiy ta‘minot ishlab chikilgan.

3. Issiqlik akkumulatorli quyosh havo kollektori va quritish shkafi balandligi, issiqlik samaradorlik koeffitsenti hamda issiqlik quvvatini aniqlash imkonini beradigan yarim empirik tenglamalar olingan, havoning harorati va tezligini kollektorning uzunligi bo‘yicha o‘zgarishini aniqlash imkonini beradigan matematik model ishlab chiqilgan.

4. Tabiiy konveksiyali va quyosh havo kollektorli bilvosita quyosh quritgichida va ochiq havoda o'rik mahsulotlari quritilganda zaharli elementlar miqdori mos ravishda 0,13 mg/kg va 0,22 mg/kg, ion-nitratlar miqdori 8,5 mg/kg va 9,3 mg/kg ni tashkil etgan, natijada o'rik mahsulotining sifati o'rtacha 10...12 % ga yaxshilanishiga erishilgan.

5. Massasi 50 kg va boshlang'ich namligi 90% bo'lgan o'rik mahsulotini oxirgi namligini 20% gacha kamaytirish uchun ochiq havoda quritish 80 soatni, bilvosita quyosh quritgichida 60 soatni tashkil etdi, natijada qurilmaning mahsulot bo'yicha unumdorligini 25% ga oshirish va o'rikni quritish narxini 1,21...1,33-martagacha kamaytirish imkoniyati yaratildi.

6. Tabiiy konveksiyali va havo kollektorli quyosh quritgich qurilmasini fermer xo'jaligida joriy etish natijasida foydali hajmi 0,36 m<sup>3</sup> bo'lgan bilvosita quyosh quritgichi yordamida mavsum davomida 276,9 kVt energiya yoki 104,4 kg shartli yoqilg'i tejab qolingani, natijada fermer xo'jaligida an'anaviy yoqilg'i-energiya resurslarining tejalishi hisobiga yil davomida 25% samaradorlikka erishilgan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-  
ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**КОДИРОВ ЖОБИР РУЗИМАМатович**

**КОСВЕННАЯ СОЛНЕЧНАЯ СУШИЛЬНАЯ УСТАНОВКА С  
ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИЕЙ И ВОЗДУШНЫМ КОЛЛЕКТОРОМ  
ДЛЯ СУШКИ АБРИКОСОВ**

**05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Карши – 2023**

**Тема диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2022.1.PhD/T1154**

Диссертация выполнена в Бухарском государственном университете.

Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице Научного совета ([www.qmii.uz](http://www.qmii.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** **Мирзаев Шавкат Мустакимович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Искандаров Зафар Самандарович**  
доктор технических наук, профессор

**Файзиев Тўлқин Амирович**  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:** **Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»**

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 года в \_\_\_\_ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте. (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz).)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрировано № \_\_\_\_). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz).)

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 года.  
(реестр протокола рассылки № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 года).

**Г.Н. Узатов**

Председатель научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

**Х.А. Давлонов**

Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., доцент

**Б. Уришев**

Председатель научного семинара при  
научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Использование возобновляемых источников энергии в процессах сушки сельскохозяйственной продукции, экономия энергоресурсов путем применения солнечных сушильных устройств, обеспечение населения качественной сушеной продукцией обозначены в качестве важных направлений во всем мире. Согласно данным о динамике сушки сельскохозяйственной продукции, для получения одного килограмма сухого продукта следует удалить от 4 до 11 килограммов влаги, при этом удельный расход энергии составляет от 2,7 до 7,4 киловатт-час. Это приводит к тому, что энергоёмкость сушильных процессов в сельскохозяйственном секторе составляет около 20 процентов его общего топливного баланса<sup>1</sup>. По этой причине в мире приобретает важное значение экономия энергии и ресурсов путем использования сушильных установок сельскохозяйственной продукции на основе возобновляемых источников энергии и внедрения солнечных сушилок с высокой энергоэффективностью.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование конструкций, повышение производительности и оптимизацию конструктивных параметров солнечных сушилок косвенного действия, работающих на основе возобновляемых источников энергии. В этом направлении, в частности, приоритетными являются исследования по определению оптимальных конструктивных параметров косвенных солнечных сушилок, моделированию процессов конвективного теплообмена в устройстве, повышению энергоэффективности солнечной сушилки. Поэтому особое внимание уделяется совершенствованию косвенных солнечных сушилок с естественной конвекцией и оптимизации их основных теплотехнических параметров.

В нашей республике в целях обеспечения населения надёжной, качественной и дешевой сушеной сельскохозяйственной продукцией осуществляется разработка новых современных энергоэффективных солнечных сушилок, обеспечивающих снижение энергопотребления и достигнуты определенные результаты. В Стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов, в частности, определены важные задачи по направлению «Диверсификация потребления энергоресурсов и развитие использования возобновляемых источников энергии»<sup>2</sup>. В процессе реализации этих задач усовершенствование и внедрение косвенных солнечных сушилок с естественной конвекцией является одним из актуальных научно-технических вопросов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики

---

<sup>1</sup> <https://uza.uz/ru/posts/sushka-selskokhozyaystvennykh-produktov-s-ispolzovaniem-soln-10-11-2015>

<sup>2</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4477 от 4 октября 2019 года «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019- 2030 годов».

Узбекистан от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» № УП-60, Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4779 от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов»<sup>3</sup>, № ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии»<sup>4</sup>, а также других нормативно-правовых документов, принятых в данной области.

**Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Развитие методов использования возобновляемых источников энергии, создание технологий и устройств на основе нанотехнологий, фотоники и других передовых технологий».

**Степень изученности проблемы.** Во многих странах мира ведутся научно-исследовательские работы по совершенствованию естественно-конвекционных косвенных солнечных сушильных устройств и оптимизации габаритов и теплотехнических параметров их конструктивных элементов, на основе этого осуществляется разработка солнечных сушильных устройств с высокой энергоэффективностью. В этой области проводили научные исследования такие зарубежные ученые, как Н.М.Маунду, К.С.Кипту, Б.К. Руденя, О. Аджике, С.П. Фадке, П.В. Уокер, А.С. Лупашко, Г. К. Дикусаров, А.Н.Остриков, А.Л. Кузнецов, А. Ашуров.

В нашей республике исследования по созданию солнечных сушильных установок, работающих на солнечной энергии, проводились такими учеными, как Г.Я. Умаров, Р.А. Захидов, Р.Р. Авезов, Б.Э. Хайриддинов, З.С. Искандеров, З.Т. Тоиров, И.И. Рахматов, Х. Нуриддинов и др.

Несмотря на положительные результаты, полученные в ходе исследований по повышению эффективности естественно-конвекционных косвенных солнечных сушилок, вопросы совершенствования естественно-конвективных косвенных солнечных сушилок, разработки комбинированного солнечного сушильно-хранилищного устройства, моделирования процессов конвективного теплообмена, происходящих в системе солнечного сушильного устройства с воздушным коллектором, а также повышения их энергоэффективности изучены недостаточно.

**Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где**

---

<sup>3</sup>Постановление Президента Республики Узбекистан ПП-4779 от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путём повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов»

<sup>4</sup> Постановление Президента Республики Узбекистан от 22 августа 2019 года № ПП-4422 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии».

**выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы Бухарского государственного университета в рамках научно-исследовательского направления № Ф.01.2017 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» на 2017-2021 годы.

**Целью исследования** является усовершенствование и обоснование энергетической эффективности косвенного солнечного сушильного устройства с естественной конвекцией и воздушным коллектором, предназначенного для сушки абрикосов.

**Задачи исследования:**

анализ процессов тепло- и массообмена при сушке сельскохозяйственной продукции и конструкций существующих солнечных сушилок;

разработка комбинированной косвенной солнечной сушилки с естественной конвекцией, воздушным коллектором и дополнительной прозрачной поверхностью для увеличения интенсивности естественной конвекции воздуха;

математическое моделирование температуры и скорости осушаемого воздуха для сушки продукта по длине коллектора;

проведение экспериментального исследования процесса сушки абрикосовой продукции в солнечной сушилке с естественной конвекцией и воздушным коллектором и разработка эмпирических уравнений на основе обобщения результатов;

оптимизация геометрических и конструктивных параметров косвенной солнечной сушилки с естественной конвекцией и воздушным коллектором, оценка ее технико-экономической эффективности.

**Объектом исследования** являются солнечные сушилки косвенного и прямого действия с естественной конвекцией и воздушным коллектором.

**Предметом исследования** является изучение закономерностей конвективных процессов тепломассообмена в косвенных и прямых солнечных сушилках с естественной конвекцией и воздушным коллектором.

**Методы исследования.** В процессе исследования использовались математическое моделирование, теории тепло- и массообмена, термодинамики и свободного падения тел, экспериментальные исследования гелиотехнических устройств и обобщение экспериментальных результатов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработано комбинированное сушильно-хранилищное устройство с дополнительной прозрачной поверхностью позволяющее сушить и хранить абрикосовую продукцию, а также одновременно повышать внутреннюю энергию паровоздушной смеси и интенсивности естественной конвекции воздуха за счет образования дополнительной солнечной радиации через прозрачную поверхность, установленную на сушильной камере;

на основе обобщения результатов экспериментального исследования температурно-влажностного режима солнечной сушилки получены полуэмпирические уравнения, позволяющие определить высоту сушильного

шкафа, коэффициент тепловой эффективности и тепловой мощности воздушного солнечного коллектора с теплоаккумулятором;

разработано программное обеспечение для определения оптимального расстояния между полками, обеспечивающего равномерную качественную сушку продукции с учетом входной и выходной температур воздуха, поступающего в сушильный шкаф солнечной косвенной сушилки с естественной конвекцией;

методом конечных элементов разработана математическая модель, позволяющая определять изменение температуры и скорости воздуха по длине коллектора с учетом входной и выходной температур воздуха, поступающего в солнечный воздушный коллектор с тепловым аккумулятором, а также граничных условий температур на поверхности аккумулятора в зависимости от времени.

**Практические результаты исследования** следующие:

разработана косвенная солнечная сушилка с естественной конвекцией и воздушным коллектором, позволяющая увеличить интенсивность естественной конвекции воздуха, аккумулировать солнечную энергию и осуществлять сушку абрикосовой продукции;

разработано комбинированное сушильно-хранилищное устройство с дополнительной прозрачной поверхностью, позволяющее одновременно сушить и хранить абрикосовую продукцию.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что оно проводилось с использованием современных методов и средств измерений, современной математической обработки полученных результатов, применением эмпирических, наблюдательных и сравнительных методов в одних и тех же условиях, а также положительными результатами испытаний конвекционной солнечной сушилки косвенного действия и внедрением ее в практику.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в разработке математической модели, позволяющей определить температуру воздушной и паро-воздушной смеси внутри солнечного коллектора и сушильного шкафа с учетом факторов, снижающих энергозатраты в солнечных сушилках с естественной конвекцией, наружной температуры воздуха и солнечной радиации, а также в составлении полуэмпирических уравнений, определяющих линейные размеры отверстий входа и выхода воздуха в коллектор.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что для повышения коэффициента тепловой эффективности и тепловой мощности солнечной сушилки с естественной конвекцией разработана солнечная сушильно-хранилищная установка с оптимизированными конструктивными параметрами и дополнительной прозрачной поверхностью для ускорения процесса сушки. Тепловая эффективность данной установки намного выше по сравнению с аналогичными устройствами.

**Внедрение результатов исследований.** На основе научных результатов, полученных при разработке непрямой солнечной сушильной установки с естественной конвекцией и воздушным коллектором для сушки абрикосов:

в фермерском хозяйстве «Илхом Стар Лэнд» Бухарской области внедрена солнечная сушилка косвенного действия с естественной конвекцией и воздушным коллектором (справка Минсельхоза № 04/30-04/8158 от 4 ноября 2022 года). Данная установка позволяет получить экологически чистую сушеную продукцию в садоводческих фермерских хозяйствах, расположенных в степной зоне, вдали от централизованных сетей электроснабжения. За счет использования устройства косвенной солнечной сушки сэкономлено 8280 кВт\*ч электроэнергии, расходуемой для получения 1 тонны сушеной абрикосовой продукции за сезон, достигнута 25-процентная годовая экономическая эффективность за счет экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов в фермерском хозяйстве.

**Апробация результатов исследований.** Результаты исследования обсуждались на 6 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 26 научных работ, из них 9 статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 6 – в республиканских и 3 - в зарубежных журналах. Получено 2 свидетельства на программный продукт для ЭВМ Агентства по Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

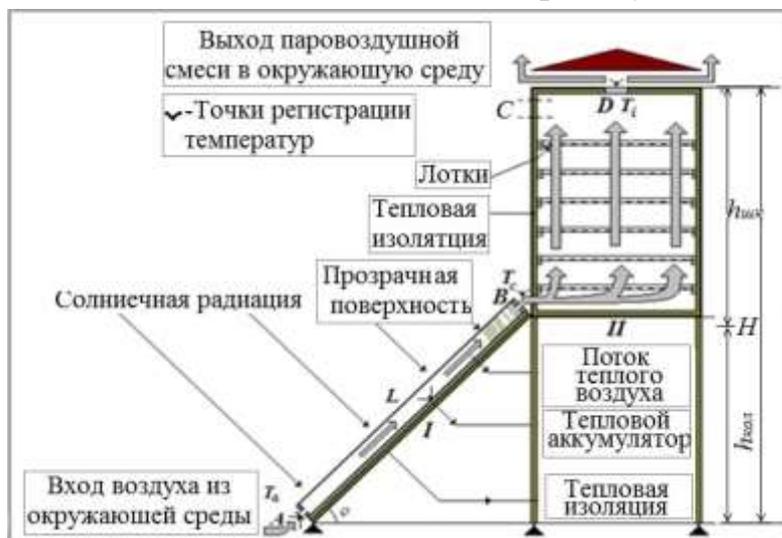
**Во введении** приводится обоснование актуальности и востребованности исследования, охарактеризованы цели и задачи, объект и предметы исследования, показано его соответствие приоритетным направлениям в развитии науки и технологий в нашей республике, приведен обзор зарубежных исследований на тему диссертации, описывается научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, продемонстрировано внедрение исследований на практике, апробация работы, содержатся сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной «**Анализ современного состояния использования солнечной энергии при сушке абрикосовой продукции**», приведены способы использования в мировой практике возобновляемых источников энергии при сушке сельскохозяйственной продукции, тепломассообменные процессы в процессе сушке продукции, технологии сушки сельскохозяйственной продукции с использованием косвенных солнечных сушилок, а также анализ технологий сушки абрикосов

традиционным способом и сушки на солнце. Несмотря на достигнутые важные результаты, вопросы усовершенствования косвенных солнечных сушилок с естественной конвекцией, разработки комбинированного солнечного сушильно-хранилищного устройства, моделирования процессов конвективного теплообмена, происходящих в системе воздушного коллектора косвенной солнечной сушилки, а также повышения их энергоэффективности исследованы недостаточно. На основе проведенного научного анализа с учетом тенденций расширения сферы исследований в области энергосбережения при сушке сельскохозяйственной продукции были сформированы цели и задачи диссертации.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «Усовершенствование и математическое моделирование солнечной сушилки косвенного действия с естественной конвекцией и воздушным коллектором», приведены общее описание усовершенствованной солнечной сушилки непрямого действия с естественной конвекцией, результаты расчета массы аккумулятора и геометрических размеров входной и выходной части воздушного коллектора в солнечной сушилке с естественной конвекцией непрямого действия, математическая модель процесса естественной конвекции в плоском солнечном воздушном коллекторе с аккумулятором тепла и результаты теоретических исследований.

Было построено экспериментальное устройство усовершенствованной косвенной солнечной сушилки с естественной конвекцией, состоящее из двух частей: плоского солнечного коллектора и сушильного шкафа (рис. 1).

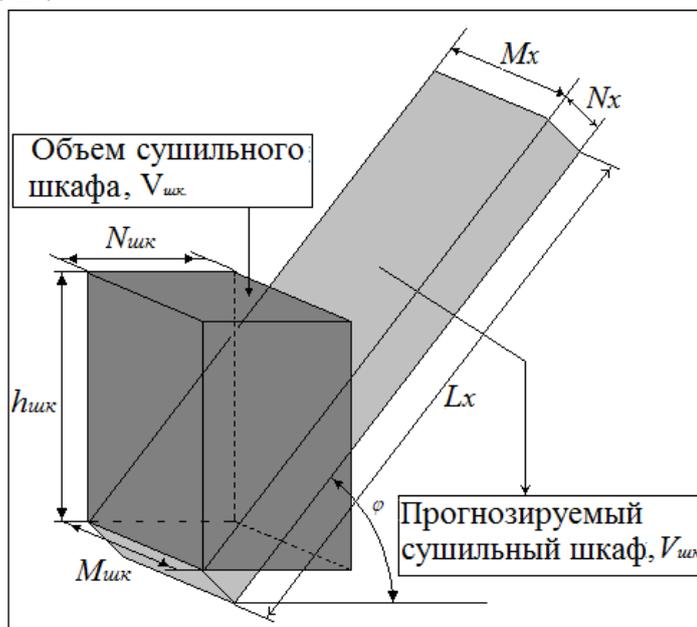


**Рисунок 1. Схема косвенной солнечной сушилки с естественной конвекцией.**

Плоский солнечный коллектор представляет собой горячий ящик и выполнен в виде параллелепипеда с прямоугольным основанием, его дно и бока защищены от передачи тепла в окружающую среду. Для аккумуляции тепла в нижней части коллектора установлен тепловой аккумулятор. С обеих сторон (снизу и сверху) коллектора имеются отверстия: отверстие (A) для забора воздуха из окружающей среды и отверстие (B) для передачи нагретого воздуха из коллектора в сушильный шкаф (рис. 1). Часть горячего ящика, обращенная к солнцу, покрыта стеклом. Внутренняя и наружная части всех остальных боковых стенок, нижняя

(донная) часть обшита фанерой, между ними установлен теплоизолятор (пенопласт) для защиты от потерь тепла в окружающую среду.

Сушильный шкаф выполнен в виде параллелепипеда с прямоугольным основанием, а все его стенки защищены от потерь тепла в окружающую среду. С северной стороны шкафа установлена теплоизолированная защитная дверь для размещения продукции. В крыше шкафа предусмотрено отверстие ( $D$ ) для отвода паровоздушной смеси из шкафа в окружающую среду. Расчет линейных размеров сушильного шкафа производят по схеме, представленной на рис. 2.



**Рисунок 2. Схема расчета линейных размеров сушильного шкафа.**

Полуэмпирическая формула для определения длины вертикальной высоты сушильного шкафа с учетом угла наклона коллектора по отношению к горизонту выглядит следующим образом :

$$h_{шк} = L_{шк} \cdot \sin \varphi = \frac{c_p \cdot m_c \cdot (T_c - T_a)}{p \cdot M_{шк} \cdot N_{шк}} \cdot \sin \varphi \quad (1)$$

Масса воздуха, поступающего в коллектор, определяется следующим образом:

$$m' = \frac{c_p \cdot (T_c - T_a) \cdot m_c}{\sqrt{2gh_c} \cdot (h_c + h_{шк.})} \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

Полуэмпирическая формула для определения коэффициента тепловой эффективности коллектора выглядит следующим образом:

$$\eta_c = \frac{c_p^{возд.} \cdot m' \cdot (T_c - T_a) + c_p^{аккум.} \cdot m_{аккум.} \cdot (T_{i+1} - T_i)}{R_o \cdot F_a \cdot k_1 \cdot k_2} \quad (3)$$

Средняя тепловая мощность плоского солнечного коллектора в любом часовом интервале и без учета тепловых потерь определяется исходя из следующей зависимости:

$$Q_{кол} = \frac{A_{кол}}{\tau_o} = \frac{c_p^{возд.} \cdot m' \cdot (T_c - T_a) + c_p^{аккум.} \cdot m_{аккум.} \cdot (T_{i+1} - T_i)}{\tau_o} \quad (4)$$

Полуэмпирическая формула для определения коэффициента тепловой эффективности сушильного шкафа выглядит следующим образом:

$$\eta_{шк.} = \frac{(T_d - T_a)}{(T_c - T_a)} \quad (5)$$

Эмпирическая формула для определения среднечасовой тепловой мощности сушильного шкафа за временной интервал без учета тепловых потерь выглядит следующим образом:

$$Q_{шк} = \frac{c_p^{возд.} \cdot m' \cdot (T_d - T_a)}{\tau_0} \quad (6)$$

Масса теплоаккумулятора (гравийного камня) определяется по следующей полуэмпирической формуле:

$$m = \frac{Q_s}{c_a \cdot \Delta T} = \frac{Q_t \cdot t_s \cdot F_a}{c_a \cdot \Delta T} \quad (7)$$

Размеры отверстий устройства определялись исходя из концепции Г.Кирхгофа о тепловом излучении газов. В соответствии с ним, учитывая начальные линейные размеры элементов коллектора  $M=0,5$  м,  $N=0,2$  м,  $L=1$  м и с помощью неравенства  $(100 \div 256) \cdot F_T \leq F_r$  было определено значение площади поверхности, окружающей коллектор,  $F_r = 1,6$  м<sup>2</sup>. Линейный размер воздухозаборника следующий:

$$d_T \leq \sqrt{\frac{F_r}{100}} = \frac{\sqrt{F_r}}{10} \quad \text{ва} \quad d_T \leq \sqrt{\frac{F_r}{256}} = \frac{\sqrt{F_r}}{16} \quad (8)$$

По исходным размерам были определены линейные размеры отверстий,  $d_T = 0,079$  м. Исходя из такого линейного размера, площадь поверхности выбранного отверстия воздуха равна  $F_T = (8 \text{ см} \times 8 \text{ см}) = 64 \text{ см}^2$ . Если в коллекторе установлены два отверстия воздуха, то линейные размеры каждого составляют  $d \approx 4$  см, а площадь поверхности каждого отверстия -  $16 \text{ см}^2$ .

Для математического моделирования процесса естественной конвекции воздуха вырезаем из коллектора вертикальный разрез в вертикальной плоскости и рассматриваем двумерную площадку (рис. 3).

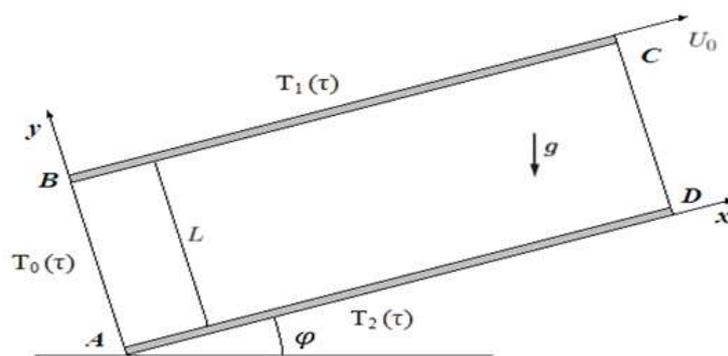


Рисунок 3. Схема коллектора в системе координат.

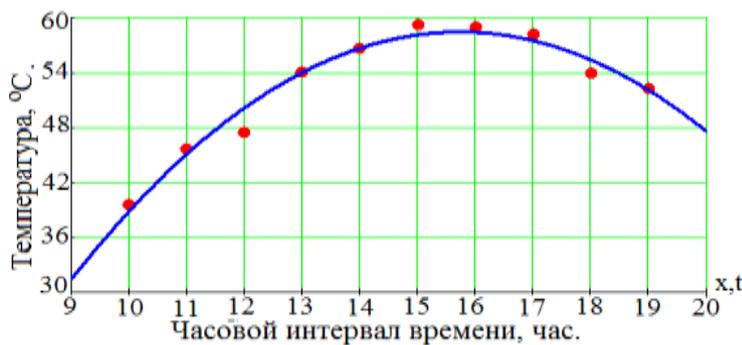
Приведем такую задачу к задаче исследования конвекции воздуха между двумя параллельными стержнями. Для учета движения воздуха при конвекции всегда необходимо учитывать изменение плотности воздуха под действием тепла :

$$\rho = \rho_o \cdot [1 - \beta \cdot (T - T_o)] \quad (9)$$

Используя законы сохранения массы, импульса и энергии в приближении Буссинеска, основные уравнения нестационарного течения естественной конвекции воздуха можно записать следующим образом:

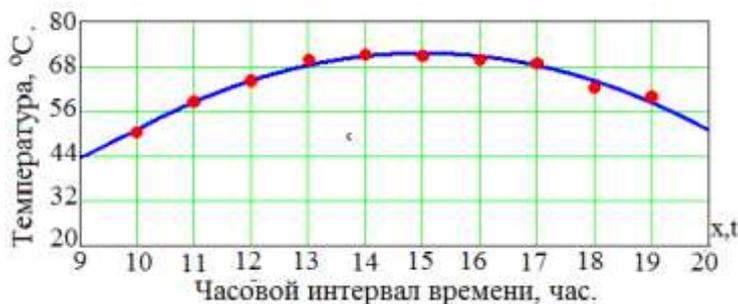
$$\begin{cases} \frac{\partial(u)}{\partial x} + \frac{\partial(v)}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \beta g(T - T_0) \cdot \sin\varphi \\ \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \end{cases} \quad (10)$$

Для решения дифференциального уравнения (10) необходима информация в каждой узловой точке (в конечных разностях). Для этого использовалось уравнение регрессии с использованием метода наименьших квадратов. По экспериментальным данным построены уравнения регрессии в полиномиальной форме, а графики изменения температуры во времени представлены на рисунках 4, 5 и 6.



**Рисунок 4. График изменения температуры воздуха под стеклом.**

$$T_1(\tau) = -0.59\tau^2 + 18.786\tau - 89.36$$



**Рисунок 5. График изменения температуры на поверхности теплоаккумулятора.**

$$T_2(\tau) = -0.826\tau^2 + 24.76\tau - 114.137$$



**Рисунок 6. График изменения температуры воздуха на входе в коллектор.**

$$T_o(\tau) = -0.221\tau^2 + 6.349\tau + 7.281$$

На рис. 7 экспериментальные результаты сравниваются с теоретическими данными путем построения графика температуры воздуха на выходе из коллектора в зависимости от времени суток.

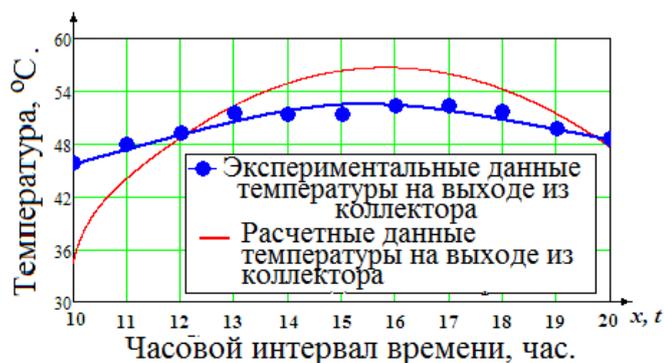


Рисунок 7. График экспериментальных и теоретических значений температуры воздуха, выходящего из выходного отверстия коллектора.

Средняя ошибка аппроксимации экспериментальных и теоретических данных предложенной математической модели составляет 7,7 % (рис. 7) .

В третьей главе диссертации под названием «**Экспериментальное исследование процессов сушки в сушилках с естественной конвекцией и воздушным коллектором**» представлены биологические особенности свежих плодов абрикоса, а также результаты усовершенствования сушилки с прямой солнечной конвекцией и экспериментальных исследований.

С целью экспериментального изучения процесса сушки абрикосов изучена пищевая ценность и химический состав абрикосов массой 100 г (рис. 8).

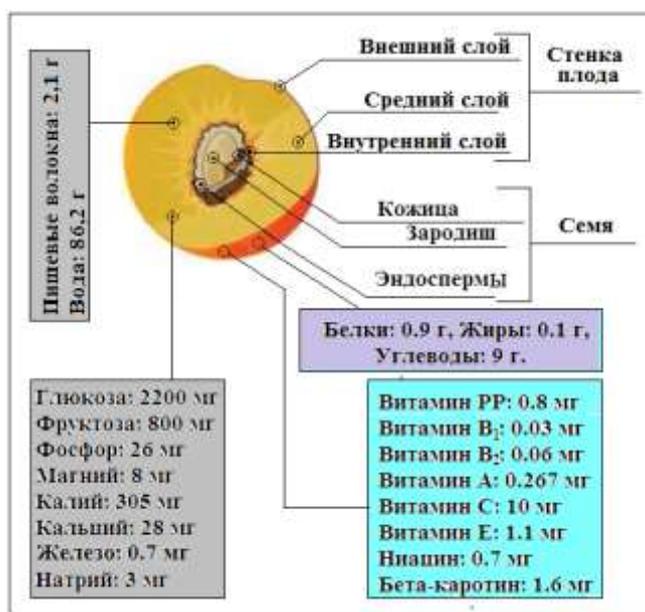


Рисунок 8. Структурная схема свежих плодов абрикоса.

Для опытных исследований отобрано 32,209 кг абрикосов сорта «Навои», их средний размер 36x36x31 мм, средняя масса 24-27 г, форма овальная, кожура слабоблестящая, цвет темно-желтый с малиново-красным оттенком. Косточки абрикоса относительно мелкие, средний размер 27x18x11 мм, масса 3,13 гр.

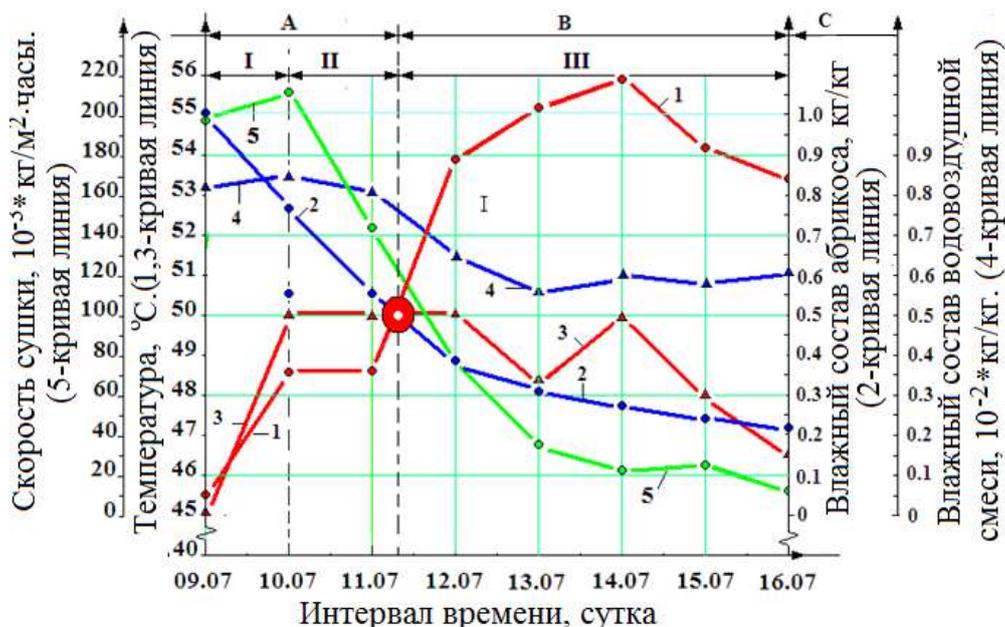
Первоначальные экспериментальные исследования по сушке абрикосов проводились в солнечной сушилке прямого действия с естественной конвекцией (ССПДЕК), построенной в научной лаборатории кафедры физики Бухарского государственного университета (рис. 9). Коэффициент полезного использования дна сооружения равен 0,36, углы наклона боковых сторон установки относительно горизонта, на которые прямо падает солнечная радиация, равны 38 ° и 52 ° (с учетом географической широты региона).

Общая длина установки 2,5 м, ширина 1,55 м, длина высоты I-камеры 0,75 м и длина высоты II-камеры 0,4 м.



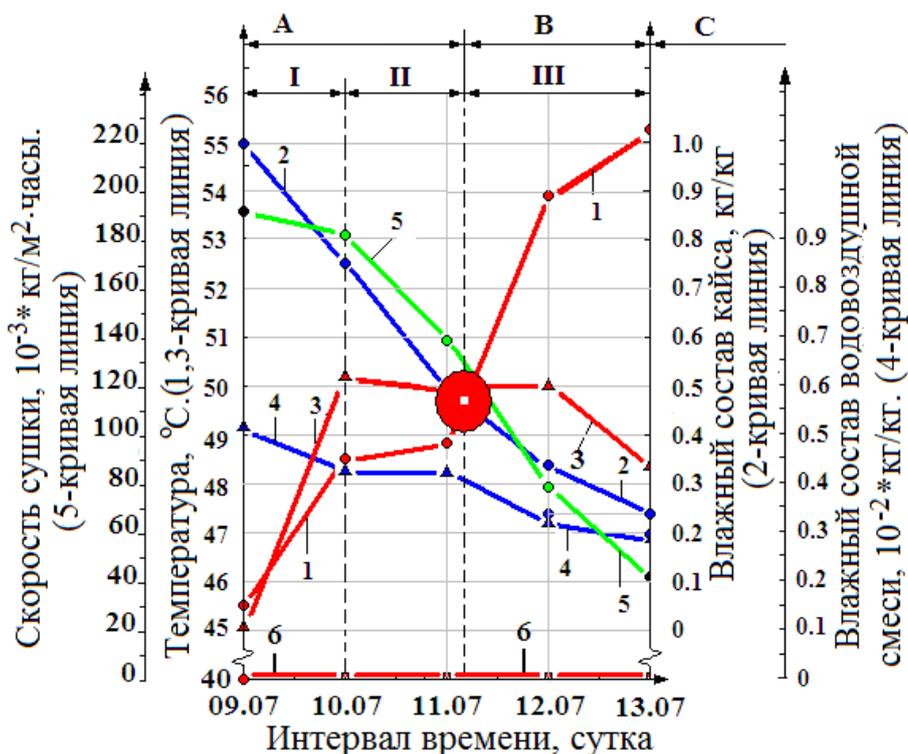
**Рисунок 9. Общий вид ССПДЕК.**

Экспериментальные исследования по сушке абрикосовой продукции на установке ССПДЕК проводились с 9 по 16 июля 2020 года. Все измерения проводились ежедневно с 9:00 до 18:00. Первая стадия процесса сушки (А) условно делится на два периода по изменению величины скорости сушки (рис. 10): возрастание (I) и убывание (II). Такая ситуация продолжается до тех пор, пока влажность высушиваемых абрикосов не достигнет 50%. В данном опыте такое явление происходит в течение двух суток 22-23 часов радиации солнечного излучения. III период сушки начинается с точки “0”, отмеченной на графике рисунка 3.4.



А, В и С — стадии влажного, гигроскопичного и равновесного состояния абрикоса; I, II, III - периоды скорости сушки; 1 и 2 - изменение температуры и влажности на поверхности высушиваемого абрикоса; 3 и 4 - изменения температуры и влажности сушильного агента; 5-скорость сушки.

**Рисунок 10. Этапы и периоды процесса сушки абрикосов в ССПДЕК.**



А, В и С - Стадии влажного, гигроскопичного и равновесного состояния кайсы; I, II, III – периоды скорости сушки; 1 и 2 - изменение температуры и влажности на поверхности высушиваемой кайсы; 3 и 4 - изменение температуры и влажности сушильного агента; 5 - скорость сушки; 6-температура окружающей среды.

**Рисунок 11. Стадии и периоды процесса сушки кайсы в ССПДЕК.**

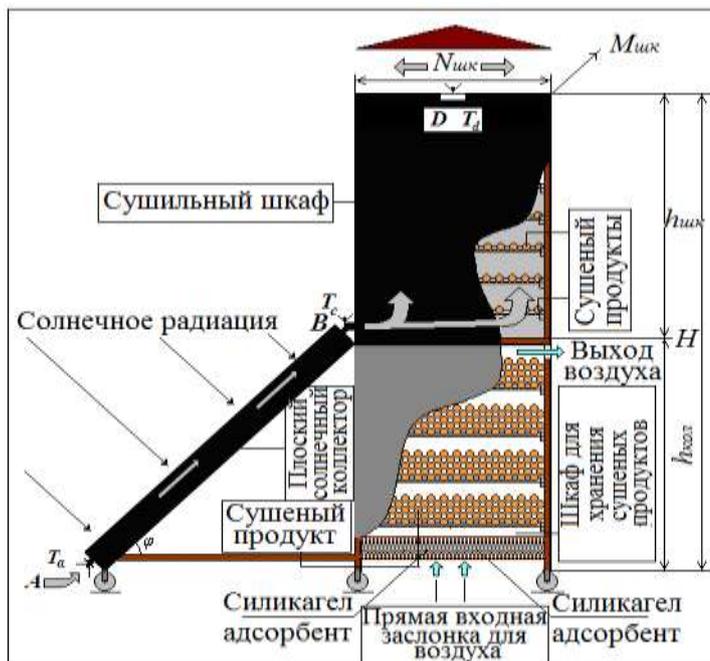
Первую стадию процесса сушки кайсы (А) можно условно разделить на два периода (рис. 11): медленного убывания (I) и убывания (II).

По результатам сушки абрикосов, представленных на рисунке 12, видно: а) по окончании стадии А цвет абрикоса светло-коричневый; б) по окончании стадии В окраска абрикоса темно-коричневая; с) цвет сушеных абрикосов до начала процесса сушки желтый-светло-коричневый.



**Рисунок 12. Образцы сушеного абрикоса в процессе сушки.**

В целях оптимальной организации режима работы солнечных сушилок, значительного улучшения их энергетических, технико-экономических и экологических показателей создана модернизированная солнечная косвенная сушильная установка с естественной конвекцией (МСКСУЕК). Общий вид установки и конструктивные элементы конструктивной модели представлены на рис. 13.

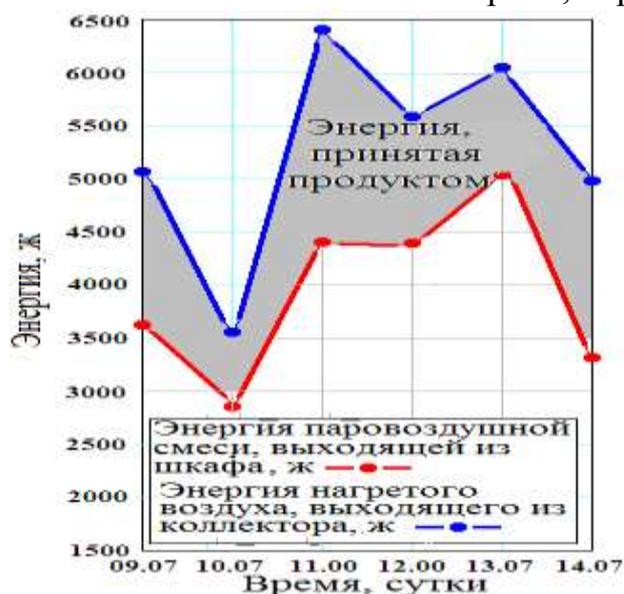


**Рисунок 13. Солнечная косвенная сушильная установка с естественной конвекцией.**

Для сушки продуктов в термошкаф устанавливается 6-8 лотков и сетчатых подносов. Расстояние между подносами (полками) 15-20 см. Сетка подносов изготовлена из камыша, а площадь поверхности подноса выбирается в зависимости от габаритов ширины и высоты нагревательного шкафа, площадь поверхности каждого подноса для данного устройства составляет 0,15 м<sup>2</sup>. Экспериментальные измерения проводились в течение восьми суток в период солнечной радиации.

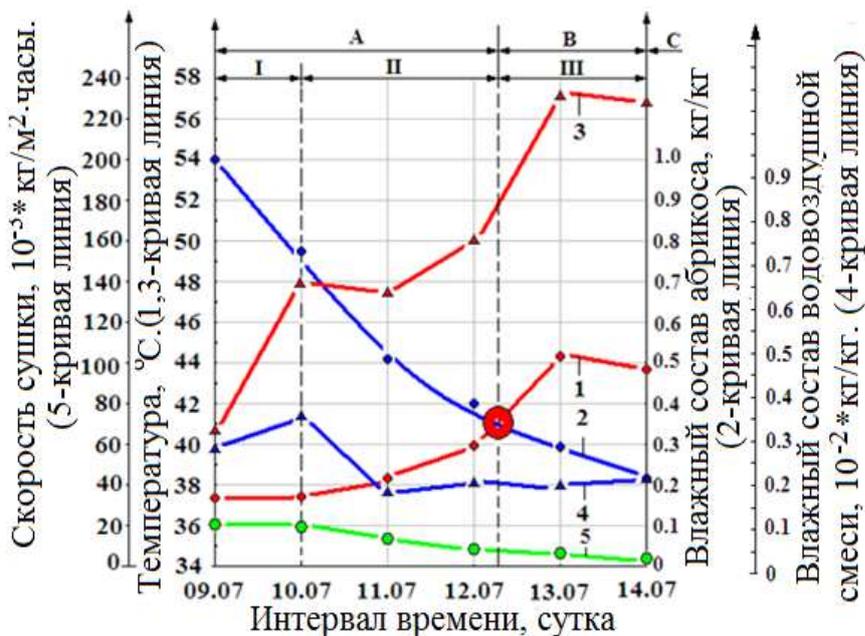
Абрикосы с косточками размещают в количестве 10-15 кг на 1 м<sup>2</sup> площади подносов, абрикосы без косточек размещают в количестве 7 -14 кг на 1 м<sup>2</sup> площади подносов.

На рис. 14 приведены суточные изменения средневенной тепловой энергии паровоздушной смеси, выходящей из сушильного шкафа, и средневенной тепловой энергии нагретого воздуха, поступающего в сушильный шкаф из коллектора. Площадь поверхности, образованная между этими двумя графиками тепловой энергии (разница тепловой энергии), показывает количество тепловой энергии, переданной сушеным абрикосам.



**Рисунок 14. График изменений энергии нагретого воздуха, поступающего в сушильный шкаф из коллектора, и паровоздушной смеси, выходящей из шкафа.**

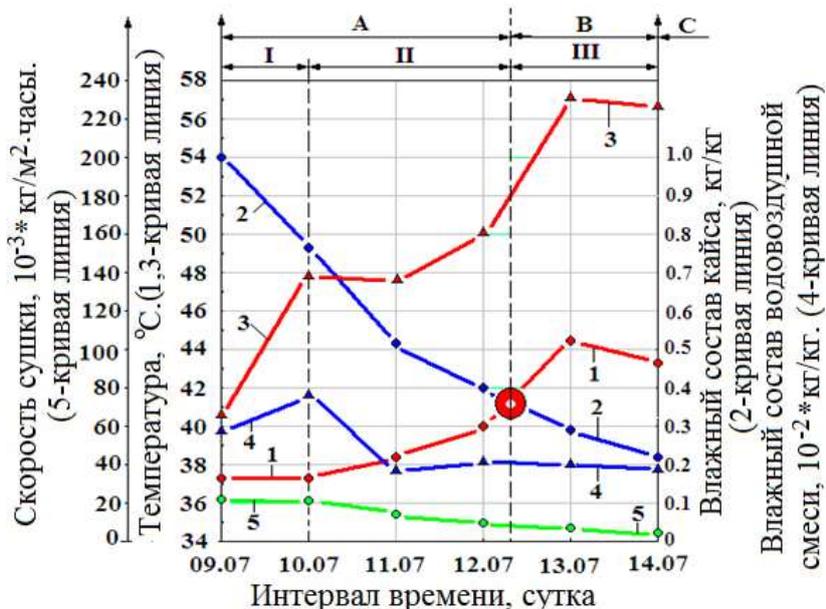
Среднесуточная температура на поверхности влажных абрикосов и их влажность в сушилке МКСУЕК представлены в виде кривых 1 и 2 (рис. 15). Аналогично среднесуточная температура и влажность паровоздушной смеси при сушке свежих абрикосов показаны в виде кривых 3 и 4, а скорость сушки - в виде кривой 5 (рис. 15).



А, В и С – стадии влажного, гигроскопичного и равновесного состояния абрикоса; I, II, III - периоды скорости сушки; 1 и 2 - температура и влажность на поверхности кураги; 3 и 4 - температура и влажность сушильного агента; 5-скорость сушки.

**Рисунок 15. Циклы процесса сушки абрикосов в установке МКСУЕК.**

Среднесуточная температура и влажность поверхности влажной кайсы показаны в виде кривых 1 и 2 на рисунке 16. Аналогично среднесуточная температура и влажность сушильного агента при сушке влажной кайсы показаны на кривых 3 и 4, а скорость сушки – на кривой 5 (рис. 16).



А, В и С — стадии влажного, гигроскопичного и равновесного состояния кайсы; I, II, III - периоды скорости сушки; 1 и 2 - температура и влажность поверхности высушиваемой кайсы; 3 и 4- температура и влажность сушильного агента; 5-скорость сушки.

**Рисунок 16. Циклы процесса сушки в установке МКСУЕК.**

Процесс сушки влажной плодовой продукции на установке ССПДЕК до равновесного состояния длился 8 суток для абрикосов и 5 суток для кайсы. В аппарате МКСУЕК продолжительность этого процесса составила 5 дней для абрикоса и кайсы.

В ССПДЕК температура на поверхности продуктов сушки поднялась до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в МСКСУЕК эта температура составила  $41\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Повышение в ССПДЕК температуры на поверхности продукции на  $9^{\circ}\text{C}$  по сравнению с температурой на устройстве МСКСУЕК привело к разрушению оболочки абрикосового продукта и ухудшению качества биологических волокон внешнего слоя абрикосовой продукции.

При сушке абрикосовой продукции в солнечной сушилке косвенного действия с естественной конвекцией и солнечным коллектором воздуха и на открытом воздухе сумма токсичных элементов составила соответственно  $0,13\text{ мг/кг}$  и  $0,22\text{ мг/кг}$ , а количество ионов-нитратов -  $8,5\text{ мг/кг}$  и  $9,3\text{ мг/кг}$ , в результате чего качество абрикосового продукта улучшилось в среднем на  $10...12\%$ .

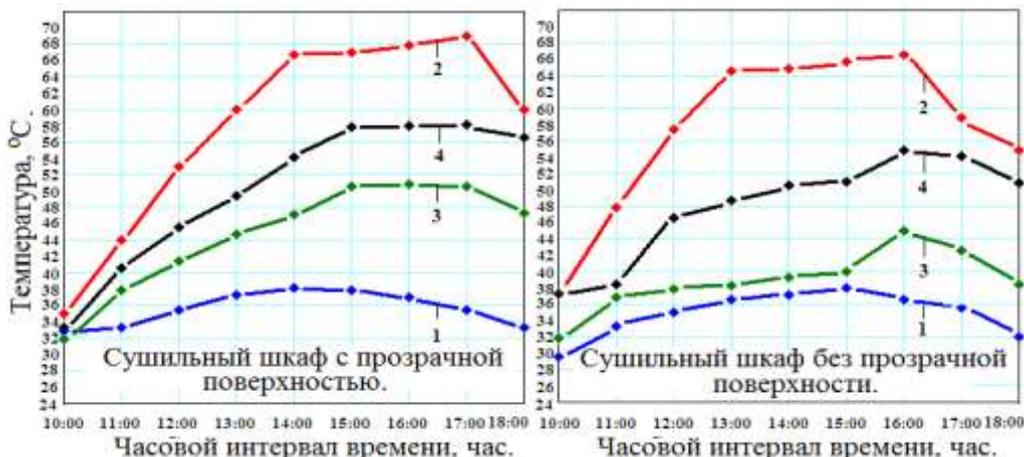
В четвертой главе диссертации под названием «Усовершенствование косвенной солнечной сушилки с естественной конвекцией и оценка технико-экономической эффективности» приведены результаты экспериментальных исследований по усовершенствованию косвенной солнечной сушилки с естественной конвекцией, результаты оценки производительности и теплового КПД солнечной косвенной сушилки с естественной конвекцией, а также дана технико-экономическая оценка значений показателей МСКСУЕК.

По результатам экспериментальных исследований, проведенных в МСКСУЕК, в сушильном шкафу была установлена дополнительная прозрачная поверхность с целью повышения коэффициента тепловой эффективности устройства. Дополнительная прозрачная поверхность была установлена в верхней части трех сторон сушильного шкафа МСКСУЕК (рис. 17). Линейные размеры дополнительной прозрачной поверхности были выбраны равными  $7\text{ см}$  (длина высоты поверхности). Все остальные элементы конструктивной модели этого устройства в точности аналогичны всем элементам МСКСУЕК и имеют такие же размеры.



Рисунок 17. Устройство МСКСУЕКс дополнительной прозрачной поверхностью.

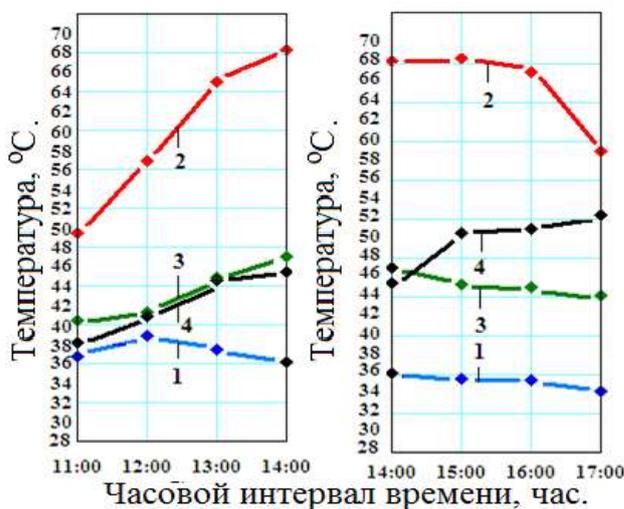
Волновые инфракрасные лучи, поступающие за счет солнечного излучения с дополнительной прозрачной поверхностью, дополнительно увеличивают внутреннюю энергию паровоздушной смеси и ускоряют ее выход из теплового шкафа. Кривые зависимости температур, измеренных в фиксированных точках двух сушильных устройств, от времени сушки представлены на рис. 18.



1-температура у отверстия на входе в коллектор; 2-температура у отверстия на выходе из коллектора; 3-температура на выходе из шкафа; 4-температура в середине сушильного шкафа

**Рисунок 18. Зависимость температуры от времени в солнечных сушилках без загрузки продукта.**

Результаты экспериментальных исследований сушки продукта в установках МфСКСУЕК и МдСКСУЕК представлены на рис. 19. На основании временных графиков температур, изображенных на рисунке 19, отмечено, что температура паровоздушной смеси на выходе воздуха из МфСКСУЕК была на 3-4 °С выше, чем температура в устройстве МдСКСУЕК, при этом увеличилась на 6-7 °С в средней части шкафа. Такое изменение температуры свидетельствует о том, что внутренняя энергия паровоздушной смеси увеличилась в результате воздействия ИК-лучей. Следовательно, увеличение внутренней энергии паровоздушной смеси ускоряет процесс сушки и увеличивает скорость сушки. По результатам эксперимента влажность продукта в аппарате МфСКСУЕК составила 51,6%, а в аппарате МдСКСУЕК– 67,8%.



1-температура у отверстия на входе в коллектор; 2-температура у отверстия на выходе из коллектора; 3-температура на выходе из шкафа; 4-температура в середине сушильного шкафа

**Рисунок 19. График зависимости температуры от времени в солнечных сушилках, загруженных продуктом.**

Результаты сравнения установок МфСКСУЕК и МдСКСУЕК (прототип) представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Расчетные данные**

№	Наименование	Единица измерения	Прототип	Установка
1.	Площадь прозрачной поверхности коллектора	м <sup>2</sup>	0,56	0,5
2.	Суммарная солнечная радиация	Вт/м <sup>2</sup>	525,29	539,5
3.	Исходная влажность продукта	%	86	85
4.	Время сушки	день	8	6
5.	Эффективность солнечного коллектора	%	16,47	18,6
6.	Общая тепловая эффективность солнечной сушилки	%	-	5,81
7.	Влажность, удаленная из продукта	%	82,22	Абрикос-62 Кайса-66
8.	Конечная влажность	%	13,74	Абрикос-23 Кайса-19

Температура паровоздушной смеси в средней части шкафа установки МдСКСУЕК превысила температуру паровоздушной смеси в выходном отверстии на 8°С, в результате чего скорость испарения воды из состава материала была в 1,4 раза выше, чем в устройстве МфСКСУЕК.

Себестоимость солнечных сушилок оценивается по ценам на товарной бирже Республики Узбекистан с 18 по 22 апреля 2022 года (таблица 2) с учетом курса 11 220,06 сум за доллар США.

Таблица 2

**Технико-экономические показатели устройства МдСКСУЕК**

№	наименование	Прототип	Устройство МдСКСУЕК
1.	Солнечная радиация, падающая на поверхность аккумулятора. <i>Вт/м<sup>2</sup></i>	460,1	499,1
2.	Электрическая энергия, <i>кВт*ч</i>	0,43	0,923
3.	Условное топливо, <i>кг у.т.</i>	0,162	0,348
4.	Природный газ, <i>м<sup>3</sup></i>	0,14	0,3
5.	Стоимость сэкономленного газа, <i>сум/сут.</i>	53,2	114
6.	Общее количество сэкономленных средств, <i>сум/сут.</i>	1207	2592
7.	Срок окупаемости	2,2 года	1 год

В течение суток в коллекторе сушилки вырабатывается 3313,23 кДж тепловой энергии, в результате чего экономится 0,923 кВт-ч электроэнергии или 0,34 кг.у.т. Для снижения конечной влажности абрикосового продукта массой 50 кг и исходной влажностью 90% до 20% сушка на открытом воздухе составила 80 часов, а в косвенной солнечной сушилке – 60 часов, что

позволило увеличить производительность устройства по продукции на 25% и снизить стоимость сушки абрикосов в 1,21... 1,33 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов проведенных исследований по решению задач, поставленных в диссертационной работе, были предложены следующие выводы:

1. На основе анализа процессов тепло- и массообмена в косвенных солнечных сушилках с естественной конвекцией и воздушным коллектором, методов и технологий повышения технико-экономической эффективности устройства разработано усовершенствованное солнечное сушильно-хранилищное устройство с дополнительной прозрачной поверхностью.

2. Разработано программное обеспечение для определения оптимального расстояния между полками в сушильном шкафу с учетом конструктивных и оптимальных геометрических размеров солнечной сушилки косвенного действия с естественной конвекцией и воздушным коллектором, температур воздуха на входе и выходе из сушильного шкафа.

3. Получены полуэмпирические уравнения для определения высоты, коэффициента тепловой эффективности и тепловой мощности солнечного воздушного коллектора с аккумулятором тепла и сушильным шкафом, а также разработана математическая модель для определения изменения температуры и скорости воздуха вдоль длины коллектора.

4. При сушке абрикосовых продуктов в солнечной сушилке косвенного действия с естественной конвекцией и солнечным воздушным коллектором и на открытом воздухе количество токсичных элементов составило соответственно 0,13 мг/кг и 0,22 мг/кг, а количество ионов-нитратов составляет 8,5 мг/кг и 9,3 мг/кг, в результате чего качество абрикосовой продукции улучшилось в среднем на 10...12%.

5. Для снижения конечной влажности абрикосового продукта массой 50 кг и исходной влажностью 90% до 20% сушка на открытом воздухе составила 80 часов и 60 часов в косвенной солнечной сушилке, что позволило увеличить производительность устройства по продукции на 25% и снизить стоимость сушки абрикосов в 1,21... 1,33 раза.

6. В результате внедрения в фермерском хозяйстве солнечной сушилки с естественной конвекцией и воздушным коллектором при помощи солнечной сушилки косвенного действия с полезным объемом 0,36 м<sup>3</sup> сэкономлено за сезон 276,9 кВт-ч энергии или 104,4 кг условного топлива, в результате в фермерском хозяйстве за год достигнута эффективность 25 % за счет экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.09.2020.T.111.03 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS  
INSTITUTE**

---

**BUKHARA STATE UNIVERSITY**

**KODIROV JOBIR RUZIMAMATOVICH**

**INDIRECT SOLAR DRYER WITH NATURAL CONVECTION AND AIR  
COLLECTOR FOR DRYING APRICOTS**

**05.05.06 – Power plants on the basis of renewable energy**

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY DISSERTATION (PhD)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**KARSHI – 2023**

**The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2022.1.PhD/T1154.**

The dissertation was completed at the Bukhara State University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the website of the Scientific council ([www.qmii.uz](http://www.qmii.uz)) and on Information-educational portal «ZiyoNet» at the adress ([www.Ziynet.uz](http://www.Ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:**

**Mirzayev Shavkat Mustakimovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Iskandarov Zafar Samandarovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Fayziev Tolkin Amirovich**  
candidate of technical sciences

**Leading organization:**

**National Research University "Tashkent  
Institute of Irrigation and  
Agricultural Mechanization Engineers"**

The defense of dissertation will take place "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023 at \_\_\_\_\_ at a meeting of the Scientific Council number PhD.03/30.09.2020.T.111.03 at the Karshi engineering-economics institute. (Address: 180100, Karshi, Mustakillik street, 225. Phone: (99875) 224-02-89 / Fax: (99875) 224-13-95, e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz).)

The doctoral dissertation can be found at the Information resource centre of the Karshi engineering-economics institute registered with №\_\_\_\_), Address: 180100, Karshi, Mustakillik street, 225. Karshi engineering-economics institute. Phone: (99875) 224-02-89 / Fax: (99875) 224-13-95, e-mail: [kiei\\_info@edu.uz](mailto:kiei_info@edu.uz).)

Abstract of dissertation sent out on "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023.  
(mailing report №\_\_\_ on "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023)

**G.N. Uzakov**

Chairman of scientific council for awarding  
scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

**X.A. Davlonov**

Scientific secretary of the scientific council for awarding  
scientific degrees, doctor of philosophy of technical sciences, docent

**B. Urishev**

Chairman of Scientific Seminar under the scientific  
council for awarding of scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor.

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is the improvement and substantiation of the energy efficiency of an indirect solar dryer with natural convection and an air collector, designed for drying apricots.

**The tasks of the research:**

analysis of heat and mass transfer processes during drying of agricultural products and structures of existing solar dryers;

development of a combined indirect solar dryer with natural convection, an air collector and an additional transparent surface to increase the intensity of natural air convection;

mathematical modeling of the temperature and speed of the dried air for drying the product along the length of the collector;

conducting an experimental study of the process of drying apricot products in a solar dryer with natural convection and an air collector and developing empirical equations based on the generalization of the results;

optimization of geometric and design parameters of an indirect solar dryer with natural convection and an air collector, evaluation of its technical and economic efficiency.

**The object of the research work** are indirect and direct solar dryers with natural convection and air collector.

**The scientific novelty of the research** is as follows:

a combined drying-storage device with an additional transparent surface has been developed that allows drying and storing apricot products, as well as simultaneously increasing the internal energy of the vapor-air mixture and the intensity of natural air convection due to the formation of additional solar radiation through a transparent surface installed on the drying chamber;

based on the generalization of the results of an experimental study of the temperature-humidity regime of a solar dryer, semi-empirical equations were obtained to determine the height of the drying cabinet, the coefficient of thermal efficiency and thermal power of an air solar collector with a heat accumulator;

software was developed to determine the optimal distance between the shelves, which ensures uniform high-quality drying of products, taking into account the inlet and outlet temperatures of the air entering the drying cabinet of a solar indirect dryer with natural convection;

a mathematical model has been developed using the finite element method, which makes it possible to determine the change in temperature and air velocity along the length of the collector, taking into account the inlet and outlet temperatures of the air entering the solar air collector with a thermal accumulator, as well as the temperature boundary conditions on the surface of the accumulator depending on time.

**Implementation of research results.** Based on scientific results obtained in the development of an indirect solar dryer with natural convection and an air collector for drying apricots:

an indirect solar dryer with natural convection and an air collector was introduced at the Ilkhom Star Land farm in Bukhara region (certificate of the Ministry of Agriculture No. 04/30-04/8158 dated November 4, 2022). This installation allows you to get environmentally friendly dried products in horticultural farms located in the steppe zone, far from centralized power supply networks. Through the use of an indirect solar dryer, 8,280 kWh of electricity was saved to produce 1 ton of dried apricot products per season, and 25 percent annual economic efficiency was achieved by saving traditional fuel and energy resources in the farm.

**Approbation of research results.** On the topic of the dissertation, 26 scientific papers were published, of which 9 articles were published in scientific journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of dissertations, including 6 in republican and 3 in foreign journals. Received 2 certificates for a computer software product of the Agency for Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan.

**The structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 118 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (1часть; part 1)**

1. Мирзаев Ш.М., Қодиров Ж.Р., Ибрагимов С.С. Способ и методы определения форм и размеров элементов солнечной сушилки. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2021.09.030-039 б. (05.00.00; №11).

2. Мирзаев Ш.М., Қодиров Ж.Р. Экспериментальное установление технологии процесса сушки абрикосов в солнечных сушилках // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2022.02.032-051 б. (05.00.00; №11).

3. Mirzaev Sh.M., Kodirov J.R., B. Khakimov. Research of apricot drying process in solar dryers. // Harvard Educational and Scientific Review International Agency for Development of Culture, Education and Science. 2021 Volume.1. Issue 1 pp 20-27. (05.00.00; №4).

4. Мирзаев Ш.М., Қодиров Ж.Р. Установление технологии процесса сушки абрикосов на гелиосушилках // «Проблемы информатики и энергетики». Тошкент, 2021, №2, ст.84-93. (05.00.00; №5).

5. Mirzaev Sh.M., Kodirov J.R., Ibragimov S.S. Method and methods for determining shapes and sizes of solar dryer elements. // «Scientific-technical journal». 2021, V4, №4 pp 68-75. (05.00.00; №20).

6. Жумаев Ж., Қодиров Ж., Мирзаев Ш.М. Ясси қуёш коллекторида табиий ҳаво конвекция жараёнини моделлаштириш // «Scientific-technical journal FerPI». 2022, T.26, №6 pp 155-166. (05.00.00; №20).

7. Mirzayev Sh.M., Qodirov J.R., Hakimova S.Sh. Tabiiy konveksion bilvosita quyosh quritgichi uchun havo kollektorini ishlab chiqish va tadqiqot qilish// «Scientific-technical journal FerPI». 2022, T.26, №5 pp 141-154. (05.00.00; №20).

8. Qodirov J., Mirzayev Sh. Quyosh quritgichi tirqishlarining geometrik o'lchamlarini aniqlash. // Agro Ilm – O'zbekiston Qishloq va Suv xo jaligi vazirligi. 2021-yil, №4, б. 96-97. (05.00.00; №3).

9. Kodirov J.R., Khakimova S. Improvement of air-solar apricot drying technology in helioheaders. // « Electronic journal of actual problems of modern science, education and training». October, 2021, pp 85-91. (05.00.00; №26).

**II bo'lim (II част, part II)**

10. Sh Mirzaev., J Kodirov., S.I. Khamraev. Method for determining the sizes of structural elements and semi-empirical formula of thermal characteristics of solar dryers. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. APEC-V-2022. 1070 (2022) 012021. doi:10.1088/1755-1315/1070/1/012021. (Scopus).

11. Кодиров Ж., Мирзаев Ш.М. Қуёш қуритгич қурилмаси элементларининг шакллари ва геометрик ўлчамларини аниқлаш учун компьютер дастури. // Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган

дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома, DGU 14441, 02.02.2022 й.

12. Кодиров Ж.Р., Мирзаев Ш.М., Ҳақимова С.Ш. Табиий ҳаво конвекциясига эга билвосита қуёш қуритгич қурилманинг қурилиш шкафида маҳсулотларни бир текисда қурилиш ва патнисларнинг жойлашиш ўрнини аниқлаш учун компютер дастури. // Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома, DGU 18903, 26.10.2022 й.

13. Кодиров Ж.Р., Мирзаев М.С., Мирзаев Ш.М. Исследование процесса сушки абрикосов в солнечных сушилках. // «Энергои ресурсосбережение: новые исследования, технологии и инновационные подходы» Сборник трудов международной конференции Қарши, 24-25 сентября 2021 г, б. 192-196.

14. Qodirov J.R. O'riklarni havo-quyoshli quritish gelioqurilmasining model konstruksiyasi. // International research and practice conference Engineering & Technology Egypt 2021, pp 6-8.

15. Qodirov J.R. Quyosh quritgich gelioqurilmasi tirqishlarining geometrik o'lchamlarini aniqlash usullari. // International conference science and education/uluslararası konferans bilim ve eğitim july 2021, Antalya, Turkey, pp 148-150.

16. Qodirov J.R., Raupov M.U. Quyosh meva quritgich qurilmasining eksperiment natijalari. // Международная научно-практическая конференция Современные научные решения актуальных проблем. Сборник тезисов научно-практической конференции г. Ростов-на-Дону 2022 г. с 97-101.

17. Жумаев Ж., Кодиров Ж., Мирзаев Ш.М. Математическое моделирование процесса естественной конвекции воздуха в плоском солнечном коллекторе. // Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы прикладной математики и информационных технологий» халқаро илми амали анжуман материаллари 2022 йил, 11-12 май. с.321-322.

18. Мирзаев Ш.М., Кодиров Ж.Р., Ҳақимова С.Ш. Қуёш қурилиш элементларининг шакллари ва ўлчамларини аниқлаш усуллари. // илмий тадқиқотлар САММИТИ Республика кўп тармоқли илмий саммит материаллари тўплами I-жилди. (22 февраль, 2022 йил) 382-387 б.

19. Qodirov J.R Bilvosita quyosh quritgichi uchun havo kollektorini ishlab chiqish // “Energetika sohasini rivojlantirishda muqobil energiya manbalarining roli” mavzusida vazirlik miqyosida ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami. I Namangan shahri 28-29 aprel 2022 yil. 198-201 б.

20. Qodirov J.R., F.Y. Ramazonova. Takomillashgan quyosh quritgichi qurilmasini yaratish va ishlash rejimini tadqiq qilish. // Iqtidorli talabalar, magistrantlar, tayanch doktorantlar va doktorantlarning tafakkur va talqin mavzusida, Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjuman to'plami. 2021 yil, 27-may, б 153-158.

21. Qodirov J.R., Ҳақимова С.Ш. Noan'anaviy energiya manbalaridan foydalanishning kelajak istiqbollari. // "Ўзбекистонда илмий-амалий

тадкикотлар" мавзусидаги республика 27-кўп тармокли илмий масофавий онлайн конференция материаллари 16-қисм. б. 21-22.

22. Qodirov J.R., Muxammadov H.H. Quyosh quritgichining model konstruksiyasi. // "Ўзбекистонда илмий-амалий тадкикотлар" мавзусидаги республика 31-кўп тармокли илмий масофавий онлайн конференция материаллари 16-қисм. б. 12-13.

23. Qodirov J.R., Muxammadov H.H. Gelioqurilmada tabiiy konveksiya hosil qilish uchun geometrik o'lchamlarini aniqlash usullari. // "Ўзбекистонда илмий-амалий тадкикотлар" мавзусидаги республика 31-кўп тармокли илмий масофавий онлайн конференция материаллари 16-қисм. б. 14-15.

24. Мирзаев Ш.М., Кодиров Ж.Р., Хатамов И.А. Установление рациональных размеров и полуэмпирической формулы коэффициента теплового КПД солнечного плоского воздушного коллектора. // Альтернативная энергетика. научно - технический журнал. #3 (03) 2021 с.21-26.

25. Kodirov J.R., Mirzaev Sh.M., Khakimova S.Sh. Methodology for determining geometric parameters of advanced solar dryer elements. // Thematic Journal of Applied Sciences (ISSN 2277-3037) Volume 6 Issue 1, pp 36-43.

26. Mirzayev Sh.M., Qodirov J.R., Hakimov B. Quyosh qurilmalarida o'riklarni quritish uchun mo'ljallangan quyosh qurilmasini yaratish va uning ishlash rejimini tadqiq qilish. // Involta Ilmiy Jurnal Vol. 1 No.5 (2022) 371-379 б.

Avtoreferat «Innovatsion texnologiyalar» ilmiy jurnali tahririyatida  
tahrirdan o'tkazildi va uning o'zbek, rus, ingliz (tezis) tillaridagi matnlari  
mosligi tekshirildi 26.02.2023 yil

Bosishga ruxsat etildi: 04.03.2023 yil  
Bichimi 60x841/8 , «Times New Roman»  
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog'i 3,12 Adadi: 80.

Buyurtma: № 21

QarMII «INTELLEKT» nashriyoti MIUda chop etilgan.  
Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy.