QUYOSH KONSENTRATORI ASOSIDA KO‘P FUNKSIYALI ENERGIYA SAMARADOR QURITISH TIZIMLARI: MAHALLIY VA XORIJIY TADQIQOTLAR TAHLILI

Mardonov Nodirbek Aziz o‘g‘li
Buxoro viloyat "Kelajak" markazi direktor o‘rinbosari
E-mail: mardonovn70@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada quyosh konsentratori asosidagi ko‘p funksiyali energiya samarador quritish tizimlarini ishlab chiqishga doir mahalliy va xorijiy tadqiqotlar tanqidiy tahlil qilindi. Maqsad konsentratsiyalangan issiqlik, quritish kamerasi, issiqlik akkumulyatsiyasi va boshqaruvning o‘zaro bog‘liqligini aniqlashdir. Ishda ochiq ilmiy nashrlardagi eksperimental tadqiqotlar, modellashtirish ishlari va sharhlar mavzular bo‘yicha qiyoslandi. Mahalliy manbalarda o‘rik va dorivor o‘simliklar quritilishi hamda raqamli monitoringga e’tibor berilgani aniqlandi. Xorijiy manbalarda reflektorlar, parabolik konsentratorlar, yordamchi isitish va faza almashinuvchi materiallar yondashuvlari o‘rganildi. Manbalar natijalarining mahsulot, iqlim va sinov sharoitiga bog‘liqligi ko‘rsatildi. Tahlil asosida tajribada tekshirilishi lozim bo‘lgan tizimli mezonlar va istiqbolli tadqiqot yo‘nalishlari shakllantirildi.

Kalit so‘zlar: quyosh konsentratori; quyosh quritgichi; ilmiy adabiyotlar sharhi; issiqlik akkumulyatsiyasi; energiya samaradorligi; quritish kinetikasi; boshqaruv; mahsulot sifati.

Аннотация. В статье критически рассмотрены отечественные и зарубежные исследования по разработке многофункциональных энергоэффективных сушильных систем на основе солнечного концентратора. Цель обзора — выявить взаимосвязи между концентрированным теплом, сушильной камерой, накоплением тепла и управлением. Экспериментальные работы, исследования моделирования и обзорные публикации сопоставлены по тематическим направлениям. В отечественных работах выделены исследования сушки абрикосов и лекарственных растений и цифрового мониторинга. В зарубежных источниках рассмотрены отражатели, параболические концентраторы, резервный нагрев и материалы с фазовым переходом. Установлено, что сопоставимость опубликованных показателей ограничена различиями в продуктах, климате и методиках испытаний. По результатам анализа определены направления дальнейших экспериментальных исследований и критерии оценки системы.

Ключевые слова: солнечный концентратор; солнечная сушилка; обзор литературы; аккумуляция тепла; энергоэффективность; кинетика сушки; управление.

ISSN 3030-3907

Abstract. This paper critically reviews domestic and international studies on multifunctional energy-efficient drying systems based on solar concentrators. The aim is to examine the links among concentrated heat, the drying chamber, thermal storage, and process control. Experimental investigations, modeling studies, and review papers are compared by research theme. Uzbek studies on apricot and medicinal-plant drying and digital monitoring are discussed separately. International evidence on reflectors, parabolic concentrators, auxiliary heating, and phase-change materials is synthesized. Reported performance indicators are shown to depend on the product, climatic conditions, and testing protocols. Research directions and measurable criteria for future integrated-system validation are identified.

Keywords: solar concentrator; solar dryer; literature review; thermal storage; energy efficiency; drying kinetics; process control.

KIRISH.

Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish texnologiyasining vazifasi namlikni chiqarish bilangina tugamaydi: mahsulotning rangini, tuzilishini, iste’mol va sanitariya sifatini saqlash ham muhim. Ochiq quyoshda quritish ko‘p hollarda ob-havoga, changga va notekis haroratga bog‘liq. Bilvosita quyosh quritgichida mahsulot to‘g‘ridan to‘g‘ri quyosh nuridan ajratiladi, biroq nurlanish o‘zgarganda qurituvchi havoning harorati va namlikni olib chiqish imkoniyati beqaror qolishi mumkin. Ushbu cheklovlar klassik va zamonaviy sharhlarda turli texnik yechimlar kontekstida yoritilgan [8, 13, 16].

Konsentrator issiqlik oqimini kichikroq qabul qilgich yuzasiga jamlashi mumkin; bu issiqlik manbai bilan mahsulot joylashgan kameraning harorat talablari bir xil bo‘lishini anglatmaydi. Parabolik konsentratorli qurilmalarda qabul qilgich va quritish kamerasi haroratining sezilarli farqi qayd etilgan [11]. Shunday ekan, tizimning barcha tugunlarini — optik yig‘ish, issiqlik uzatish, akkumulyatsiya, havo oqimi, mahsulot sifati va boshqaruvni — o‘zaro bog‘langan holda ko‘rib chiqish muhim.

Maqolaning maqsadi — quyosh konsentratori asosidagi ko‘p funksiyali quritish tizimini ishlab chiqish uchun mavjud ilmiy dalillarni sintez qilish, ularning qo‘llanish chegaralarini aniqlash va kelgusi loyihani tekshirish mezonlarini asoslash. Tadqiqot obyekti — quyosh energiyasidan foydalanuvchi quritish texnologiyalari; predmeti — konsentrator, issiqlik akkumulyatori, quritish kamerasi va nazorat-boshqaruv o‘rtasidagi texnik aloqalar. Ushbu ish yangi qurilma sinovining hisoboti emas, balki muallifning manbalarni qiyoslashiga asoslangan tahliliy maqoladir.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLARNI TANLASH VA TAHLIL QILISH METODOLOGIYASI

Ish maqsadli narrativ adabiyotlar sharhi sifatida tuzildi. Asosiy qidiruv iboralari: “solar concentrator dryer”, “parabolic trough dryer”, “solar drying thermal energy storage”, “solar dryer control”, “solar dryer product quality”, shuningdek “quyosh quritgichi”, “gelioquritish” va “quyosh konsentratori”. Manbalar ilmiy jurnallarning rasmiy sahifalari, nashriyot platformalari va O‘zbekiston ilmiy maqolalar kataloglari orqali tekshirildi. 2012-yildagi bazaviy tasniflash ishidan boshlab 2026-yil sentabrgacha chop etilgan, mavzuga to‘g‘ridan to‘g‘ri aloqador ishlar tanlandi.

Tanlash mezonlari: (a) maqolaning muallifi, sarlavhasi, nashr sanasi va DOI yoki jurnal sahifasi aniqlanishi; (b) tadqiqotda quritgich konstruksiyasi, quritish jarayoni, energiya sarfi, mahsulot sifati, zaxiralash yoxud boshqaruv yoritilishi; (c) natijani uning eksperimental, hisobiy, simulyatsion yoki sharh maqola ekanini ajratib baholash imkoniyati. Ko‘rilgan 17 asosiy manba mazkur maqoladagi mavzuli tahlilning tayanchini tashkil etadi. Bu to‘liq Scopus/Web of Science eksportiga yoki PRISMA talablariga asoslangan sistematik/meta-tahlil emas; shu sababli manbalar soni yoki umumlashgan samaradorlik bo‘yicha statistik da’vo qilinmaydi.

Sintez beshta yo‘nalish bo‘yicha bajarildi: mahalliy quritish tajribasi va kinetika; konsentratorli issiqlik yig‘ish; gibrid energiya va akkumulyatsiya; raqamli boshqaruv; mahsulot sifati hamda baholash mezonlari. Har bir yo‘nalishda “muallif nima bajargan — qaysi dalilni ko‘rsatgan — natija nimaga tatbiq etiladi — qaysi masala ochiq qolgan?” ketma-ketligi qo‘llandi. Manbalarning natijalaridan tashqari ifodalangan loyihaviy xulosalar ushbu maqola muallifining tahliliy mulohazasi sifatida ajratib berildi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI VA MUHOKAMA

1. Mahalliy tadqiqotlar: quritish usullari, kinetika va sifat

S. Rejabov, B. Usmonov, K. Usmanov va A. Artikov 2024-yilda O‘zbekiston sharoitida o‘rikni ochiq quyoshda hamda bilvosita tabiiy konveksiyali quritgichda solishtirgan [1]. Nashr qilingan maqolada 55 °C quritish sharoiti va tashqi havoning 35% nisbiy namligida mahsulot namligi 85–90% dan 12–18% gacha jami 15 soatlik quyoshli vaqt davomida kamaygani yozilgan. Mualliflar “solar radiation intensity and ambient temperature” iborasi bilan quyosh nurlanishi va tashqi haroratni jarayonga ta’sir qiluvchi omillar sifatida alohida ta’kidlaydi. Muallif munosabati: mazkur natija quritish sharoitini boshqarish zarurligini tasdiqlaydi, ammo bilvosita tabiiy konveksiya uchun topilgan davomiylikni konsentrator va akkumulyatorli qurilmaga avtomatik ko‘chirish mumkin emas.

M. To‘xliyev va J. Ovlayev past potensialli, takomillashtirilgan quyosh quritish qurilmasini tadqiq etib, kollektor va shkafli quritish kamerasining harorat

ISSN 3030-3907

rejimiga hamda mahsulotni tashqi changdan himoyalashga e'tibor qaratgan [2]. Ularning ishi konstruktiv yechimni mahalliy foydalanish sharoitlariga moslashtirish nuqtayi nazaridan ahamiyatli. Biroq past potensialli kollektor bo'yicha olingan xulosalar yuqori haroratli konsentrator qabul qilgichining issiqlik xavfsizligi, fokuslash aniqligi va ortiqcha issiqlikni chiqarish masalalarini bevosita hal qilmaydi. Shu bois konsentratorli tizimda issiqlikni boshqaruvchi oraliq kontur alohida texnik vazifa bo'lib qoladi.

S. Rejabov, B. Usmonov, A. Artikov va K. Usmanov o'rik quritish jarayonining empirik matematik modellarini tajriba ma'lumotlariga solishtirgan [3]. Ularning ishida Midilli–Küçük modeli uchun $R^2 = 0{,}987727$, $\chi^2 = 0{,}000935$ va RMSE = 0,025437 qiymatlari keltiriladi. Bunday model mahsulot massasi va namlik nisbatining vaqt bo'yicha o'zgarishini tavsiflashga xizmat qiladi. Muallif munosabati: modelning yaxshi mos kelishi qurilmaning umumiy energiya samaradorligi yuqori degani emas; konsentratorli yangi qurilma, boshqa meva yoki boshqa havo sarfi uchun model koeffitsiyentlarini qayta aniqlash va mustaqil sinov bilan tekshirish talab etiladi.

Sh. Sultanova va K. Usmanov dorivor o'simliklarni gelioquritish qurilmasida quritish tajribalarini o'tkazib, havo harorati, namligi, tezligi, nurlanish hamda massa yo'qotishini kuzatgan [4]. Ular 11 ta empirik modelni baholab, Midilli–Küçük va Page modellarining olingan ma'lumotlarga mosligini qayd etgan. Muhimi, tadqiqotdagi namlik quruq modda asosida (kg suv/kg quruq modda) berilgan; bu ko'rsatkichni o'rik tadqiqotidagi foizli namlik bilan asosini o'zgartirmasdan bevosita solishtirish xatolikka olib keladi. Muallif munosabati: ko'p funksiyali quritgich uchun mahsulot retseptlari va namlik o'lchov birligini standartlashtirish, turli ekinlarni qiyoslashning zarur shartidir.

2. Mahalliy tadqiqotlar: bashorat va raqamli boshqaruv

S. Rejabov, B. Usmonov, K. Usmanov va A. Artikov bilvosita quyosh quritgichining harorat dinamikasini Mamdani turidagi noqat'iy mantiq orqali bashoratlagan [5]. Tadqiqotda RMSE = 0,38 °C va nisbiy xato 0,82% deb xabar qilingan. Natija modelning muayyan sinov ma'lumotlarida aniqligini ko'rsatadi. Muallif munosabati: haroratni bashoratlash texnologik boshqaruv uchun foydali, biroq model xatoligi quritish kamerasidagi haroratning butun hajm bo'ylab bir xil taqsimlanganini yoki energiya sarfi kamayganini o'zi bilan isbotlamaydi.

K. Usmanov, F. Islamova va D. Tadjibayeva 2026-yilda dorivor o'simliklar uchun ESP32 asosidagi shkafli quritgichni namoyish qilib, harorat, nisbiy namlik va mahsulot massasini masofadan kuzatish hamda ventilyatorni namlik chegarasi bilan boshqarishni ta'riflagan [6]. Muallif munosabati: bu yechim takrorlanuvchi o'lchashlar uchun muhim, ammo quritgich ichidagi nisbiy namlikning bitta chegarasi turli mahsulotlar, tashqi absolyut namlik va issiqlik zaxirasi holatlari

ISSN 3030-3907

uchun universal bo‘la olmaydi. Konsentrator qizib ketishini mustaqil himoya qilish ham IoT monitoringidan alohida ko‘rilishi lozim.

K. Usmanov, N. Yakubova, S. Rejabov va hammualliflar Plantago major barglarini quritadigan shkafli quritgich uchun sun’iy neyron tarmog‘i modelini ishlab chiqqan [7]. Maqola nashr jildi 2025-yilga tegishli bo‘lsa-da, rasmiy sahifada e’lon sanasi 2026-yil 2-fevral deb ko‘rsatilgan. 120 ta kuzatuv asosida umumiy korrelyatsiya koeffitsiyenti $R = 0{,}9556$ va $MSE = 1{,}22 \times 10^{-4}$ keltirilgan. Bu ko‘rsatkichlar quritish samaradorligini bashoratlash modeliga tegishlidir. Muallif munosabati: ANN yondashuvini yangi konsentratorli tizimga moslashtirish uchun qabul qilgich harorati, akkumulyatorning zaryad holati va yordamchi energiya sarfi kabi kirishlar qo‘shilib, model boshqa kunlarda ham tekshirilishi kerak.

3. Xorijiy tajriba: konsentratorlarning konstruktiv imkoniyatlari

A. A. El-Sebaii va S. M. Shalaby quyosh quritish texnologiyalarini tizimlashtirib, bilvosita va aralash turdagi quritgichlarda quyosh havo isitkichining rolini umumlashtirgan [8]. Ushbu ish tarixiy-texnik tasnif uchun tayanch bo‘lib xizmat qiladi. Biroq u 2012-yilda nashr etilgan: keyingi yillarda rivojlangan IoT, gibrid zaxiralash va ma’lumotga asoslangan boshqaruv yechimlarini zamonaviy manbalar bilan to‘ldirib o‘qish zarur.

M. Ssemwanga, E. Makule va S. I. Kayondo bir nechta metall konsentratsiyalovchi reflektor qo‘llangan bilvosita passiv quritgichni an’anaviy ochiq quyosh hamda faol PV-elektr quritgich bilan solishtirgan [9]. Aniq tajribada uch usul uchun 18, 30 va 10 soatlik quritish davomiyliklari qayd etilgan. Muallif munosabati: reflektorli konstruksiya quritish intensivligiga yordam berishi mumkin; lekin ushbu vaqtlar ananas va mango, tegishli kesim hamda Sharqiy Afrika sinov sharoitlariga bog‘liq. Reflektorning o‘z hissasini ishonchli baholash uchun reflektorli va reflektorsiz variantlar bir xil boshqa parametrlar bilan solishtirilishi lozim.

H. Ebadi, D. Zare, M. Ahmadi va G. Chen murakkab parabolik konsentrator (CPC) hamda elektr zaxira isitkichli pomidor quritgichini ishlab chiqqan [10]. Ular harorat, havo sarfi, bo‘lak qalinligi va mahsulot rangini, kichrayishini, C vitaminini birgalikda baholagan. Nashrda quritish harorati rang o‘zgarishiga ta’sir qiluvchi asosiy omil ekani alohida ko‘rsatiladi. Muallif munosabati: yuqori issiqlik oqimi va tez quritishning o‘zi sifatli mahsulot kafolati emas; mahsulot retsepti, nazorat chegarasi va sifat ko‘rsatkichlari quritish rejimini tanlashda bir vaqtning o‘zida hisobga olinishi kerak.

S. E. Bousbia Salah va hammualliflar ikki o‘qli quyosh kuzatuvchisi bilan jihozlangan parabolik nov konsentratori (PTC) yordamidagi quritgichni sinagan [11]. Rasmiy nashrda qabul qilgichda 115 °C gacha, quritish kamerasida 70 °C

ISSN 3030-3907

gacha harorat haqida ma’lumot keltiriladi. Muallif munosabati: ushbu farq fokusdagi energiyani bevosita mahsulotga uzatmasdan, issiqlik almashgich va boshqariladigan havo konturi orqali yetkazish zarurligini texnik jihatdan asoslaydi. Kuzatuv mexanizmi elektr sarfi, mexanik sozlash va shamol yuklari bilan ham baholanishi lozim; faqat maksimal haroratni ko‘rsatish iqtisodiy optimal konstruksiyani aniqlamaydi.

4. Xorijiy sharhlar: gibrid rejim va issiqlik akkumulyatsiyasi

D. Kong, Y. Wang, M. Li va J. Liang 2024-yilda quyosh-elektr, quyosh-biomassa, shamol yordamidagi hamda issiqlik saqlash blokli gibrid quritgichlarni solishtirgan [12]. Ular gibrid qurilmada “stable and continuous drying operation” — barqaror va uzluksiz quritish rejimiga erishish imkoniyatini ta’kidlaydi. Muallif munosabati: uzluksizlik foydali mezon bo‘lsa-da, yordamchi isitkich elektr sarfi hisobdan chiqarilsa, quyosh hissasi va iqtisodiy samaradorlik noto‘g‘ri baholanishi mumkin. Shuning uchun umumiy issiqlik balansi, sotib olingan energiya va akkumulyatordan haqiqatan olingan issiqlik alohida ko‘rsatilishi kerak.

K. Venkateswarlu va S. V. Kota Reddy 2024-yilgi sharhida faol-passiv quritish, issiqlik nasosi, desikant va sezgir/yashirin issiqlik akkumulyatsiyasini qiyoslagan [13]. Ularning baholash to‘plamida kamera harorati, quritish vaqti, SMER (bir birlik energiyaga chiqarilgan namlik), energiya-eksergiya samaradorligi va CO_2 bilan bog‘liq ko‘rsatkichlar bor. Muallif munosabati: ushbu mezonlar bitta “FIK” bilan cheklanmaslikni asoslaydi; ko‘rsatkichlarning hisob chegarasi, jumladan quyosh nurlanishi yoki faqat xarid qilinadigan energiya maxrajga olingani har gal ochiq aytilishi shart.

D. Ranasingha, S. Chatterjee va P. Bandara 2026-yil martdagi sharhida faza almashinuvchi materiallar (PCM) yordamida issiqlikni quyoshli vaqt tugagach ham uzatish, texnik-iqtisodiy sharoitlar va foydalanish to‘siqlarini umumlashtirgan [15]. F. L. Rashid va hammualliflarning 2026-yil iyuldagi sharhi esa sezgir va yashirin issiqlik saqlashning integratsiyasi, modellashtirilishi va o‘lchovlarini taqqoslaydi [17]. Muallif munosabati: PCM ishlatilishini o‘z-o‘zidan energiya tejalishi deb ta’riflash noo‘rin; zaryad/razryad samarasi, issiqlik o‘tkazuvchanligi, materialning ishlash harorati, takroriy sikldagi barqarorligi va xarajatlari aniqlanishi lozim.

5. Tizim samaradorligi va mahsulot sifatini baholash

Shimpy, M. Kumar va A. Kumar maishiy quyosh quritgichlari uchun energiya, quritish kinetikasi, iqtisodiyot, ekologik ta’sir va mahsulot sifatini qamrab olgan baholash usullarini tizimlashtirgan [14]. Ular kichik quritgichlar haqidagi manbalarda mahsulot sifati va atrof-muhit ta’siri bahosi yetarli darajada berilmasligini qayd etadi. Muallif munosabati: qiyoslashda “tezroq quridi” degan

ISSN 3030-3907

xulosa faqat boshlang‘ich massa, kesim qalinligi, yakuniy namlik va laboratoriya sifat mezonlari bir xil bo‘lgandagina texnik mazmun kasb etadi.

O. Nnamchi va hammualliflarning 2025-yilgi sharhida quritishdagi issiqlik hamda massa almashinuvi, havo oqimi, namlik diffuziyasi va transport modellari ko‘rib chiqilgan [16]. Muallif munosabati: konsentratorning optik-geometrik yechimi quritgich ichidagi lotoklarga teng havo taqsimlanishi bilan birga optimallashtirilmaguncha yuqori qabul qilgich harorati real mahsulot partiyasida bir jinsli qurishni kafolatlamaydi. Kamera bo‘ylab lokal harorat, namlik va massaning o‘zgarishini o‘lchash yoki tasdiqlangan CFD modeli bilan bog‘lash kerak.

Mahalliy tadqiqotdagi namlik kinetikasi [3, 4], xorijiy konsentrator tadqiqotlari [9–11], akkumulyatsiya sharhlari [12, 13, 15, 17] va boshqaruv natijalari [5–7] turli ilmiy savollarga javob beradi. Ularning ayrimlari quritish vaqtini, boshqalari haroratni bashorat qilish aniqligini yoki akkumulyatorning issiqlik saqlash xususiyatini baholagan. Bu raqamlarni bitta jadvalda bitta shkala sifatida qo‘shib “eng samarali qurilma” tanlash metodologik jihatdan asoslanmaydi.

Qiyosiy sintez: tadqiqotlar nimani isbotlagan va nima ochiq qolgan?

1-jadval.

Manbalar natijalarining qo‘llanish chegaralari (muallifning qiyosiy sintezi).

Yo‘nalish va manbalar	**Nashrdagi tasdiqlangan natija**	**Yangi tizim uchun ochiq savol**
Mahalliy quritish [1, 2]	O‘rikning bilvosita qurishi; shkafli kamerada harorat va himoya	Konsentrator bilan bir xil mahsulotda parallel taqqoslash
Kinetik modellar [3, 4]	Empirik egri chiziqlar mahsulot namligini tavsiflaydi	Yangi qurilma/mahsulot uchun modelni qayta kalibrlash
Bashorat va IoT [5–7]	Harorat/samaradorlik prognozi hamda o‘lchash arxitekturasi	Akkumulyator va qizib ketish himoyasini boshqaruvga ulash
Reflektor va CPC/PTC [9–11]	Eksperimental quritish va yuqori fokus harorati	Mahsulot sifatini saqlab turuvchi termik ajratish

ISSN 3030-3907

Yo‘nalish va manbalar	Nashrdagi tasdiqlangan natija	Yangi tizim uchun ochiq savol
Gibrid/PCM [12, 13, 15, 17]	Energiya uzluksizligining turli yechimlari	Akkumulyator zaryad/razryadi va iqtisodiy cheklov
Kompleks baholash [14, 16]	Sifat, energiya, havo oqimi va model mezonlari	Umumiy protokol, taqqoslanadigan sharoit va takrorlar

ADABIYOTLARDAN KELIB CHIQADIGAN ILMIY BO‘SHLIQ VA MUALLIF YONDASHUVI

Ko‘rib chiqilgan manbalardan “konsentrator, akkumulyator yoki IoT quritgichlarda hali ishlatilmagan” degan umumiy yangilik da’vosi kelib chiqmaydi: bunday elementlar avvalgi ishlarda alohida va ayrim kombinatsiyalarda qo‘llangan [6, 10–13, 15, 17]. Mazkur tahlilda ilmiy bo‘shliq aniqroq ifodalanadi: O‘zbekistonning muayyan hududi, muayyan mahsulot navlari va bir xil sinov sharoiti uchun konsentrator — oraliq issiqlik almashgich — akkumulyator — mahsulotga mos boshqaruv zanjirining optik, energetik, texnologik va sifat ko‘rsatkichlari yagona tajriba protokolida qanchalik uyg‘unlashishi ko‘rib chiqilgan manbalarda bevosita isbotlanmagan.

Birinchi ochiq masala — fokus qabul qilgichidagi yuqori haroratni mahsulotga mos haroratga moslashtirish va ortiqcha issiqlikdan xavfsiz foydalanish. Ikkinchisi — nurlanish pasayishida akkumulyator bilan quritishning haqiqiy davomiyligi va qo‘shimcha elektr sarfini ajratib ko‘rsatish. Uchinchisi — turli mahsulotlar uchun harorat, nisbiy va absolyut namlik hamda havo sarfini retsept asosida muvofiqlashtirish. To‘rtinchisi — quritish vaqti bilan bir qatorda suv faolligi, rang, foydali tarkib va bir jinslilikni baholash. Beshinchisi — tizimni oddiy bilvosita quritgich bilan bir xil sharoitda, takroriy sinovlar orqali qiyoslash.

Muallifning loyihaviy yondashuvi quyidagicha: konsentrator qabul qilgichi bilan mahsulot kamerasi orasida boshqariladigan issiqlik almashgich bo‘lishi; issiqlikning bir qismi talabga qarab akkumulyatorga uzatilishi; quyosh, akkumulyator yordamidagi va zaxira issiqlik rejimlari nazorat ostida almashishi; boshqaruv tizimi mahsulot retseptiga tayanishi; favqulodda qizish holatida defokuslash yoki issiqlikni xavfsiz chetlatish ustuvor bo‘lishi taklif etiladi. Bu ketma-ketlik adabiyotlardan chiqarilgan konstruktiv gipoteza bo‘lib, tayyorlangan yoki tajribada tasdiqlangan qurilma tavsifi emas.

Kelgusi tajriba uchun tekshiriladigan ko‘rsatkichlar

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Adabiyotlar sintezi asosida tavsiya etiladigan yagona sinov protokoli.

Ko‘rsatkich	O‘lchash yoki hisoblash talabi	Talqin
Boshlang‘ich/yakuniy namlik	Bir xil namlik bazasi; mahsulot massasi; suv faolligi	Quritish yakuni tenglashtiriladi
Quyosh va optik kontur	GHI va konsentrator uchun DNI; apertura maydoni; kuzatuv holati	Turli kunlar nurlanishi ajratiladi
Termik kontur	Qabul qilgich, almashgich, kamera T; issiqlik tashuvchi sarfi	Issiqlik yo‘qotishlari ko‘rinadi
Akkumulyatsiya	Zaryad/razryad T, massa, issiqlik balansi, ishlash vaqti	Saqlangan va qaytarilgan energiya farqlanadi
Qo‘shimcha energiya	Ventilyator, kuzatuvchi, isitkich elektr yoki yoqilg‘i sarfi	Quyosh ulushi sun’iy oshirilmaydi
Sifat va bir jinslilik	Rang, suv faolligi, mahsulotga xos komponent, lotok farqi	Faqat tezlik emas, natija sifati baholanadi
Taqqoslash va statistik tahlil	A: oddiy bilvosita; B: konsentrator; C: konsentrator+akkumulyator; takrorlar	Komponent hissasi alohida baholanadi

Metodik izoh: energiya samaradorligini baholashda barcha manbalarning bir xil fizik chegarada hisoblanganligiga e’tibor beriladi. Masalan, xarid qilingan elektr energiyasining bir kilogramm chiqarilgan suvga nisbati bilan umumiy tushgan quyosh energiyasini ham o‘z ichiga olgan termik samaradorlik boshqa-boshqa ko‘rsatkichlardir. Birini ikkinchisi nomi bilan berish yoki “elektr sarfi yo‘q” degan iboradan “energiyaning sarfi yo‘q” degan xulosaga kelish ilmiy jihatdan noto‘g‘ri [13, 14].

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Mahalliy ilmiy ishlar O‘zbekiston sharoitida bilvosita quyosh quritish, namlik kinetikasini modellashtirish, noqat’iy mantiq, ANN va IoT monitoringi bo‘yicha amaliy asos borligini ko‘rsatadi [1–7]. Xorijiy tadqiqotlar esa konsentrator, yordamchi isitish va issiqlikni zaxiralash tizimning uzluksiz ishlashi bilan bog‘liq ekanini hamda mahsulot sifati va energiya sarfi alohida baholanishi kerakligini ko‘rsatadi [9–17]. Natijalar turli mahsulot va sinov sharoitlarida

ISSN 3030-3907

olingani sababli ulardan bitta universal samaradorlik foizini chiqarish mumkin emas.

Tahlildan kelib chiqib, keyingi ilmiy ishda konsentratorning termik xavfsizligi, issiqlik almashgichning boshqariluvchanligi, akkumulyatorning real foydali energiyasi va mahsulotga mos harorat-namlik algoritmi bitta prototipda kompleks sinovdan o‘tkazilishi tavsiya qilinadi. Kamida uchta konstruktiv variantni teng boshlang‘ich va yakuniy namlik sharoitida solishtirish, quyosh nurlanishi va xarid qilinadigan energiyani alohida hisoblash, sifat o‘lchovlarini bajarish hamda natijalarni takroriy tajribalar orqali tekshirish zarur. Bular hozircha ilmiy asoslangan tadqiqot dasturi bo‘lib, qurilmaning o‘lchangan samaradorligi yoki patent darajasidagi mutlaq yangiligi haqidagi xulosa emas.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rejabov S., Usmonov B., Usmanov K., Artikov A. Experimental Comparison of Open Sun and Indirect Convection Solar Drying Methods for Apricots in Uzbekistan // Engineering Proceedings. 2024. 67(1), 26. https://doi.org/10.3390/engproc2024067026

2. To‘xliyev M., Ovlayev J. Operation Test Results of an Improved Solar Drying Device with Low Potential // ACTA NUUz. 2024. 3(3.1). B. 516–520. https://doi.org/10.69617/nuuz.v3i3.1.1945

3. Rejabov S., Usmonov B. Sh., Artikov A., Usmanov K. Mathematical Modelling of the Solar Drying of Apricot // Chemical Technology, Control and Management. 2024. № 4. B. 56–63. https://doi.org/10.59048/2181-1105.1604

4. Sultanova Sh. A., Usmanov K. I. Dorivor o‘simliklarni gelioquritish qurilmasida quritish jarayonini matematik modellashtirish // Ilm-fan va innovatsion rivojlanish. 2024. 7(4). B. 8–14. https://slib.uz/article/30475

5. Rejabov S. A., Usmonov B. Sh., Usmanov K. I., Artikov A. A. Noqat’iy mantiq asosida bilvosita quyosh quritgichlarining harorat dinamikasini bashorat qilish // Ilm-fan va innovatsion rivojlanish. 2024. 7(5). B. 8–18. https://slib.uz/article/30582

6. Usmanov K. I., Islamova F. K., Tadjibayeva D. A. Razrabotka i eksperimentalnoe issledovanie solnechnoi shkafnoi sushilki s IoT-sistemoi monitoringa i upravleniya dlya sushki lekarstvennykh rastenii // Universum: tekhnicheskie nauki. 2026. № 2(143). https://doi.org/10.32743/UniTech.2026.143.2.21917

7. Usmanov K., Yakubova N., Rejabov S., Eshbobaev J., Yusupov M. Prediction of Drying Efficiency in Cabinet Solar Dryers for Medicinal Plants Using Artificial Neural Networks // Engineering Proceedings. 2025. 117(1), 42. E’lon qilingan: 02.02.2026. https://doi.org/10.3390/engproc2025117042

ISSN 3030-3907

8. El-Sebaii A. A., Shalaby S. M. Solar drying of agricultural products: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012. 16(1). P. 37–43. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.134
9. Ssemwanga M., Makule E., Kayondo S. I. Performance analysis of an improved solar dryer integrated with multiple metallic solar concentrators for drying fruits // Solar Energy. 2020. 204. P. 419–428. https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.04.065
10. Ebadi H., Zare D., Ahmadi M., Chen G. Performance of a hybrid compound parabolic concentrator solar dryer for tomato slices drying // Solar Energy. 2021. 215. P. 44–63. https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.12.026
11. Bousbia Salah S. E., Benseddik A., Meneceur N., Zine A., Deghoum K. Design and realization of a new solar dryer assisted by a parabolic trough concentrator (PTC) with a dual-axis solar tracker // Solar Energy. 2024. 283, 113001. https://doi.org/10.1016/j.solener.2024.113001
12. Kong D., Wang Y., Li M., Liang J. A comprehensive review of hybrid solar dryers integrated with auxiliary energy and units for agricultural products // Energy. 2024. 293, 130640. https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130640
13. Venkateswarlu K., Reddy S. V. K. Recent trends on energy-efficient solar dryers for food and agricultural products drying: a review // Waste Disposal & Sustainable Energy. 2024. 6. P. 335–353. https://doi.org/10.1007/s42768-024-00193-3
14. Shimpy, Kumar M., Kumar A. Performance Assessment and Modeling Techniques for Domestic Solar Dryers // Food Engineering Reviews. 2023. 15. P. 525–547. https://doi.org/10.1007/s12393-023-09335-5
15. Ranasingha D., Chatterjee S., Bandara P. Applications of phase-change materials in solar drying technology: A review // Solar Compass. 2026. 17, 100155. https://doi.org/10.1016/j.solcom.2025.100155
16. Nnamchi O. et al. Solar dryers: A review of mechanism, methods and critical analysis of transport models applicable in solar drying of product // Green Energy and Resources. 2025. 3(2), 100118. https://doi.org/10.1016/j.gerr.2025.100118
17. Rashid F. L. et al. Solar Dryers With Thermal Energy Storage: System Integration, Mathematical Modeling, and Review of Sensible and Latent Heat Technologies // Heat Transfer. 2026. Onlayn nashr: 9-iyul. https://doi.org/10.1002/htj.70308

ISSN 3030-3907