ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

QUYOSH HAVO KOLLEKTORLI QUYOSH QURITGICH QURILMALARINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI TAHLILI

Ibragimov Umidjon Hikmatullayevich
QarDTU, Energetika muhandisligi kafedrasi professori, t.f.d (DSc)
Qodirov Jobir Ro‘zimamatovich
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi dotsenti, t.f.f.d.(PhD)
Mavlonov Ulug‘bek Mirzoqulovich
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi doktoranti
Nabiyeva Maftuna Sadulloyevna
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat mahsulotlarini quritishda energiya samaradorligini oshirish maqsadida quyosh energiyasidan foydalanishga asoslangan quyosh quritgichlarining texnologik imkoniyatlari tahlil qilinadi. Global energiya talabining ortib borishi va issiqxona gazlari tashlamalarining ko‘payishi sharoitida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish dolzarb masala hisoblanadi. Tadqiqotda ochiq quyoshda quritish usulining kamchiliklari hamda passiv va aktiv turdagi bilvosita quyosh quritgichlarining ishlash prinsiplari o‘rganilgan. Shuningdek, quyosh havo kollektorlarini takomillashtirish, issiqlik akkumulyatorlari va fazasini o‘zgartiruvchi materiallardan foydalanish orqali quritish jarayonining samaradorligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilingan. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, quyosh quritgichlarida energiya samaradorligini oshirish uchun havo oqimini optimallashtirish, chiqindi issiq havodan qayta foydalanish hamda PVT tizimlarini integratsiya qilish istiqbolli yo‘nalishlar hisoblanadi. Tadqiqot natijalari quyosh quritgichlarining qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini ekologik toza va energiya tejamkor usulda quritishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: quyosh quritgichi, quyosh energiyasi, quritish jarayoni, quyosh havo kollektorlari, issiqlik akkumulyatsiyasi, fazasini o‘zgartiruvchi materiallar, energiya samaradorligi.

Аннотация. В данной статье рассматриваются технологические возможности солнечных сушилок, основанных на использовании солнечной энергии, с целью повышения энергетической эффективности процесса сушки сельскохозяйственной и пищевой продукции. В условиях роста глобального спроса на энергию и увеличения выбросов парниковых газов использование

ISSN 3030-3907

возобновляемых источников энергии становится актуальной задачей. В работе проанализированы недостатки традиционного метода сушки на открытом солнце, а также исследованы принципы работы пассивных и активных солнечных сушилок косвенного типа. Особое внимание уделено повышению эффективности процесса сушки за счет совершенствования солнечных воздушных коллекторов, применения теплоаккумулирующих систем и материалов с фазовым переходом. Анализ научных публикаций показал, что перспективными направлениями повышения эффективности солнечных сушилок являются оптимизация воздушного потока, повторное использование тепла отработанного влажного воздуха и интеграция PVT-систем. Полученные результаты подтверждают, что солнечные сушилки являются эффективным и экологически безопасным решением для сушки сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: солнечная сушилка, солнечная энергия, процесс сушки, солнечный воздушный коллектор, аккумуляция тепла, материалы фазового перехода, энергетическая эффективность.

Abstract. This article analyzes the technological potential of solar dryers based on solar energy utilization to improve the energy efficiency of drying processes for agricultural and food products. The rapid growth in global energy demand and increasing greenhouse gas emissions highlight the importance of renewable energy sources. The study examines the limitations of traditional open sun drying and investigates the operating principles of passive and active indirect solar dryers. Particular attention is paid to improving drying performance through the optimization of solar air collectors, the integration of thermal energy storage systems, and the application of phase change materials. The literature review indicates that optimizing airflow distribution, recovering heat from exhaust humid air, and integrating photovoltaic-thermal (PVT) systems are promising approaches for enhancing solar dryer performance. The results demonstrate that solar dryers provide an environmentally friendly and energy-efficient solution for drying agricultural products.

Keywords: solar dryer, solar energy, drying process, solar air collector, thermal energy storage, phase change materials, energy efficiency.

KIRISH.

Jahonda energiyaga bo‘lgan global talab jadal sur’atlar bilan o‘sib bormoqda va bunday o‘sish 2050 yilga borib 150% ni tashkil etadi [1]. Sanoatni rivojlanishi va aholi sonini ortishi bilan energiyaga bo‘lgan talabni ortishi QTEMlariga, xususan quyosh energiyasidan foydalanishga o‘tishning dolzarbligini ko‘rsatadi [2-4]. Sanoat sohasida ishlab chiqarilgan umumiy energiyaning 10-15% qismi

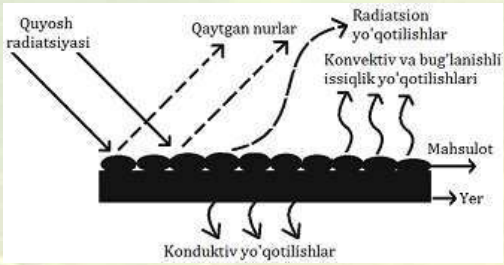
ISSN 3030-3907

quritish jarayonida iste’mol qilinadi [5]. Dunyoda issiqxona gazlari tashlamalarining 37% qismi oziq-ovqat sanoatiga to‘g‘ri keladi, shuningdek, oziq-ovqatlarning 8% qismi iste’mol qilinmasdan tashlab yuboriladi [6]. Mahsulotlarni yig‘ishdan keyingi jarayonlarning tadqiqoti shuni ko‘rsatadiki, mahsulotlarni saqlash uchun tayyorlash va qayta ishlash katta miqdordagi energiyani iste’mol qiladi va issiqxona gazlari tashlamalariga katta hissa qo‘shadi [7]. Elektr energiyasi va an’anaviy yoqilg‘ida ishlovchi quritgichlar katta miqdordagi energiyani va uzluksiz ta’minotli yoqilg‘ini talab etadi. Rivojlanayotgan mamlakatlardagi kichik fermerlar uchun yoqilg‘ining narxi qimmatlik qilishi mumkin. Ushbu yoqilg‘ining mavjud bo‘lishi ko‘p omillarga bog‘liq bo‘lib, ular joylashish holatiga, ishchi kuchiga, ekspluatatsiya va transport harajatlarini o‘z ichiga oladi [8-9]. Ko‘rinib turibdiki, ishonchli va ekologik toza QTEMlariga o‘tish yuqoridagi muammolarni bartaraf etishning eng oqilona yechimi hisoblanadi [10]. Ayniqsa, quyosh energiyasi asosida ishlovchi quyosh quritgichlaridan (QQ) foydalanish mahsulotni sifatli, ekologik toza quritish va an’anaviy energiyani maksimal tejash imkonini beradi.

Ma’lumki, quritish-bu mahsulot tarkibidagi namlikni bartaraf etish jarayonidir. Bu jarayon issiqlikni qo‘llash usuli bilan amalga oshiriladi, bunda bir vaqtning o‘zida issiqlik va massa almashinuvi sodir bo‘ladi, ya’ni issiq manbaning oshkora issiqligi namlikni bug‘latishning yashirin issiqligi sifatida foydalaniladi [11-12]. Quritish jarayoni mahsulotga issiqlikni uzatish hisobiga sodir bo‘ladi, bunda mahsulot ichidagi namlik bug‘larining bosimi tashqi havo bosimidan yuqori bosimgacha ko‘tariladi. Natijada, namlik mahsulotni tark etadi, bug‘lanadi va namlik bartaraf etiladi [13-14]. Quritish jarayonining barcha mexanizmining to‘liq tafsiloti [15-16] adabiyotlarda keltirilgan.

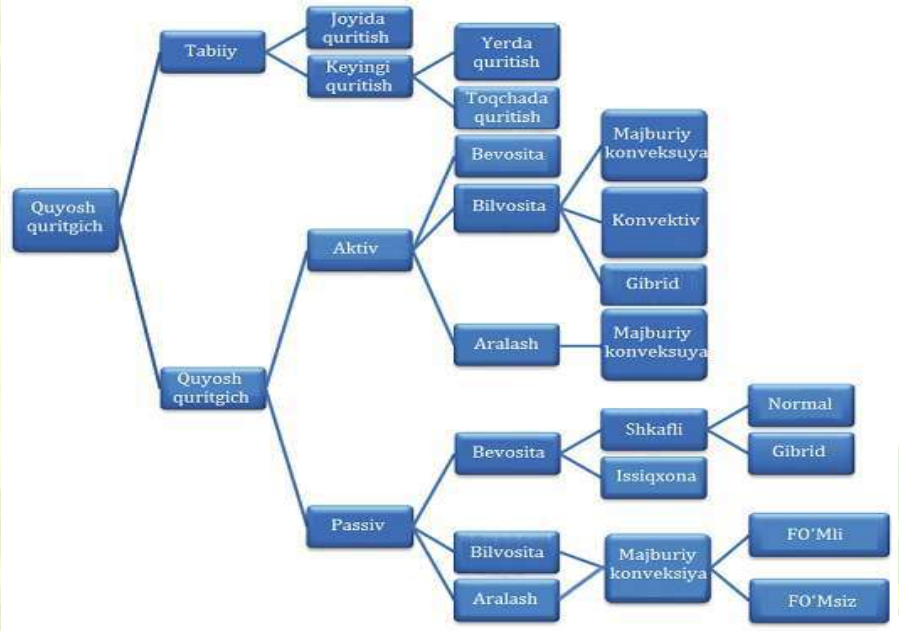
OCHIQ QUYOSHDA QURITISH. Ochiq quyoshda quritish eng keng tarqalgan bo‘lib, bunda mahsulotlar ochiq quyosh ostida joylashtiriladi, mahsulotga quyosh nurlari to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir etadi va mahsulotning harorati tashqi muhit haroratidan ko‘tariladi. 1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, bevosita mahsulotga tushayotgan qisqa to‘lqinli nurlanish mahsulotning haroratini oshiradi va mahsulotdagi namlik bug‘lanadi. Ochiq quyoshda quritishda konvektiv va konduktiv yo‘qotilishlar quritish rejimiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Natijada quritish vaqti uzoq vaqt davom etadi, mahsulotlarni qushlar, chang va boshqa iflosliklar bilan zararlanish ehtimoli ortadi va mahsulotning sifati yomonlashadi [17].

ISSN 3030-3907



1-rasm. Ochiq quyoshda quritish jarayoni

Issiqlik energiyasiga o‘ta sezgir bo‘lgan qishloq xo‘jalik va oziq-ovqat mahsulotlarini nazorat qilish imkoniyati mavjud bo‘lgan muhitda quritish talab etiladi [18]. Ushbu nazorat kunlik quyosh nurlanish energiyasidan foydalanuvchi QQlari yordamida amalga oshirilishi mumkin. QQlarining tasnifi 2-rasmda ko‘rsatilgan.

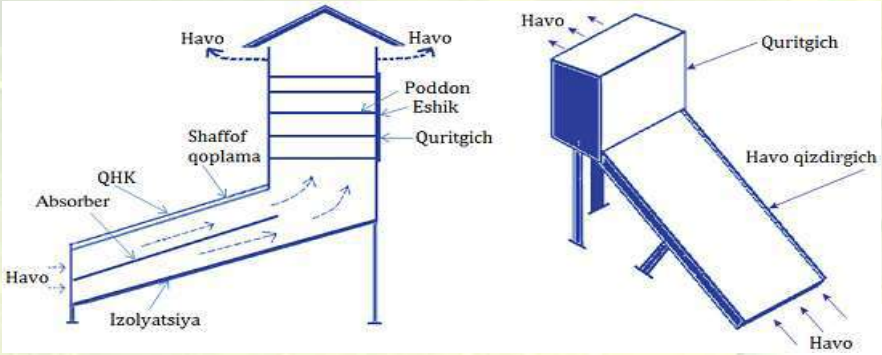


2-rasm. Quyosh quritgichlarining tasnifi

Konveksiya rejimiga bog‘liq holda QQlari aktiv va passiv turlarga ajratiladi. Aktiv QQlarida majburiy konveksiyani hosil qilish uchun ventilyatorlardan foydalaniladi. Passiv QQlari tabiiy sirkulyatsiyada ishlaydi. Aktiv QQlarida qo‘shimcha jihozlarni ishlatish uchun tashqi manbadan foydalanish qo‘shimcha harajatlarni keltirib chiqaradi, biroq samaradorlik ham ortadi. Bilvosita QQlari mahsulotlarni quyosh nurlarini bevosita ta’sirisiz quritish imkonini beradi. Ularning asosiy ishlash prinsipi quyidagicha: shaffof qoplamali va absorber plastinali quyosh havo kollektorida (QHK) quyosh nurlanish energiyasi issiqlik energiyasiga o‘zgartiriladi va ushbu issiqlik havo kanali orqali o‘tayotgan havoni qizdirishga sarflanadi [19-20]. Issiq havo bevosita konveksiya usulida quritish uchun mahsulotga ta’sir ettiriladi [21]. Ular qo‘llanilishi, talab va mahsulot xarakteriga bog‘liq holda aktiv yoki passiv rejimlarda ishlashi mumkin. Oddiy

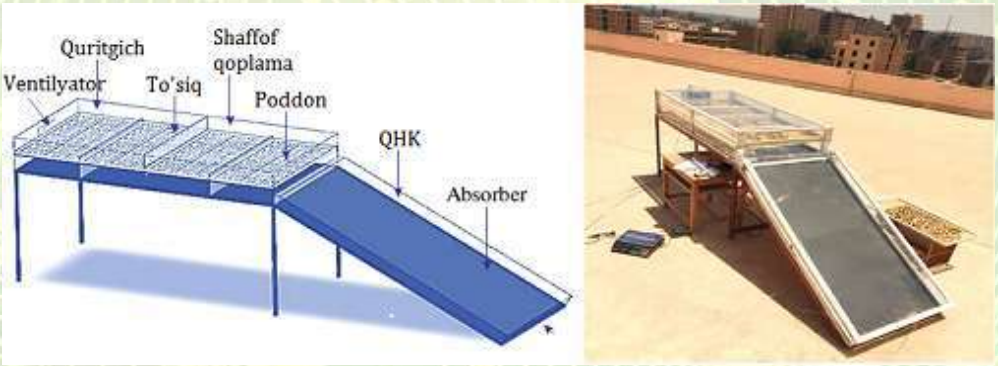
ISSN 3030-3907

passiv bilvosita QQning sxemasi 3-rasmda ko‘rsatilgan bo‘lib, bunda atmosfera havosi QHKga uzatiladi va qizdiriladi, keyin quritish kamerasiga kiritiladi.



3-rasm. Passiv bilvosita quyosh quritgich qurilmasining sxemasi

Varun va boshqalar [22] oddiy bilvosita QQ va ochiq havoda quritishni taqqoslashgan. Bilvosita QQ qiyaligi 32° bo‘lgan QHK va uning chiqish tuynugi bilan birikkan quritish kamerasidan tashkil topgan. Quritish kamerasidagi o‘rtacha harorat 45°C tashkil etgan va bu harorat oziq-ovqat mahsulotlarini quritish uchun yetarli hisoblangan. Matavel va boshqalar [23] yog‘och materiallaridan foydalanib, qishloq hududlari uchun oddiy passiv QQni qurishgan. Quritish kamerasiga ikki yo‘lli QHK biriktirilgan. Bunday turdagi quritgich quritish kamerasida haroratni sezilarli ortishini va qishloq xo‘jalik sohasida bilvosita QQlaridan foydalanish barqarorligini ta’minlaydi. El-Sebaey va boshqalar [24] banan bo‘laklarini quritish uchun passiv bilvosita QQlarini tajribaviy tadqiqot qilishgan. QHK konfiguratsiyasi takomillashtirilgan, bunda QHK yon devorlari ham qalinligi 3 mm bo‘lgan shishadan tayyorlangan (4-rasm). Quritish kamerasi yog‘och ustunlardan tayyorlangan. Quritish kamerasidagi namlikni bartaraf etish uchun quritish kamerasining oxirida tortuvchi ventilyator o‘rnatilgan. Tajriba natijalariga ko‘ra, quritish kamerasidagi eng yuqori harorat 73°C ga yetganda quritish vaqti 56,98% ga qisqargan.

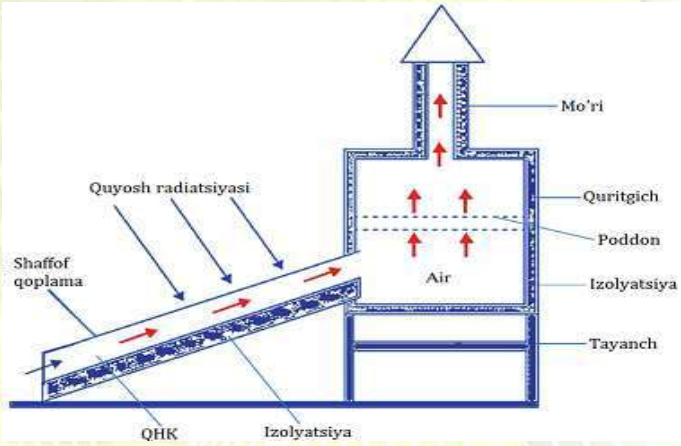


4-rasm. Passiv bilvosita QQning sxemasi va umumiy ko‘rinishi

Tedesco va boshqalar [25] tutun mo‘risi bilan jihozlangan oddiy passiv bilvosita QQni tayorlashgan. Quritish kamerasi po‘latdan tayyorlangan, uning umumiy hajmi 1,1 m^3, tutun mo‘risining balandligi 530 mm. Natijalarga ko‘ra,

ISSN 3030-3907

quritish kamerasidagi harorat tashqi muhit haroratidan 18°C ga farq qilgan. Lingayat va boshqalar [26] absorber plastinasi V-simon gofrlangan QHK bilan kombinatsiyalashtirilgan bilvosita QQda bananni quritishgan. QHK quritish kamerasining pastki qismida joylashgan bo‘lib, quritish kamerasining maksimal samaradorligi 17,73% ni tashkil etgan. Geete [27] 5-rasmda ko‘rsatilgan oddiy bilvosita QQni tayyorlagan va uning unumdorligini tahlil qilgan. QQ ikki xil sharoitda ishlaydi, bunda QHKda silliq va g‘adir-budir asborberdan foydalanilgan. G‘adir-budir yuzali absorberdan foydalanilganda QQ maksimal eksergetik samaradorlikka ega bo‘lgan.



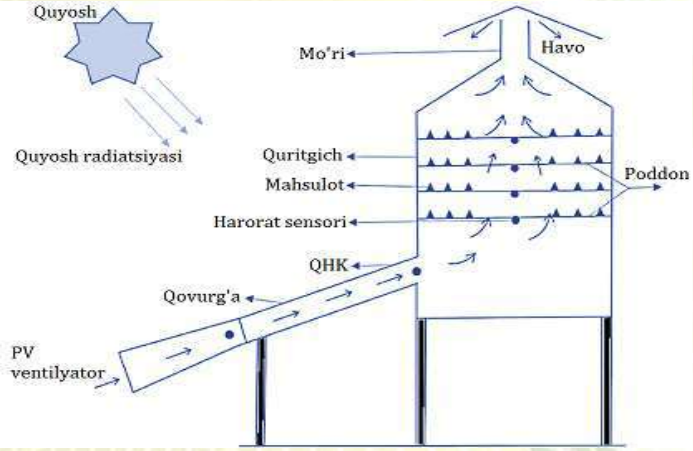
5-rasm. Mo‘rili bilvosita passiv quyosh quritgichning sxemasi

Maiti va boshqalar [28] qalinligi 0,5 mm bo‘lgan anodlangan alyuminiy listdan tayyorlangan ikkita statik oynali bilvosita QQning unumdorligini baholashgan. QHK va quritish kamerasi qalinligi 0,004 m bo‘lgan fanerdan tayyorlangan. Qaytargich oyna QHKning shimoliy va janubiy tomonlarida o‘rnatilgan. Natijalarga ko‘ra, quritgichning samaradorligi ortgan va quritish vaqti qisqargan, bunda oyna QHKning samaradorligini 49,4% gacha oshirgan va maksimal harorat 76°C ga yetgan. Quritgichning umumiy samaradorligi 13% ga yetgan.

Bhavsar va Patellar [29] imbirni quritish uchun aktiv va passiv bilvosita QQlarini taqqoslashgan. Majburiy konveksiya quvvati 4 Vt bo‘lgan o‘zgarmas tok ventilyatori orqali amalga oshirilgan. Tajriba natijalariga ko‘ra, majburiy konveksiya QHKning samaradorligini 16,33% ga oshirgan. Majburiy konveksiya rejimida quritilgan imbir, tabiiy konveksiya rejimida quritilganiga nisbatan 4% kam namlikka ega bo‘lgan. Khama va boshqalar [30] sanoat QQda pomidorni aktiv va passiv rejimlarda quritishni amalga oshirishgan hamda olingan natijalar taqqoslangan. Natijalarga ko‘ra, passiv rejimda QHKning samaradorligi 46,32% ni, aktiv rejimda 66,56% ni tashkil etgan. El-Sebaii va Shalabylar [31] absorberi V-simon gofrlangan misli plastinadan tayyorlangan QHKga ega bo‘lgan majburiy konveksiyali bilvosita QQni tahlil qilishgan. Tajriba tadqiqotlarida quritgichda

ISSN 3030-3907

yalpiz quritilgan, bunda quritish davomiyligi 34 soat davom etgan va mahsulotning maksimal harorati 53°C ga yetgan. Goud va boshqalar [32] 6-rasmda ko‘rsatilgan bilvosita aktiv QQda yashil chili va bamiya o‘simligini quritishgan hamda quritgichning unumdorligini tahlil qilishgan. Majburiy konveksiya FEPdan ishlovchi ventilyator yordamida amalga oshiriladi. QHKning kirish tuynugi uchta o‘zgarmas tok ventilyatori o‘rnatilgan trapetsiya shaklidagi havo kiritish moslamasidan iborat. QHKning maksimal samaradorligi 78,3% ni tashkil etganda yashil chili va bamiya mos ravishda 18 va 9 soatda quritilgan. Melike va boshqalar [33] bilvosita QQning turli rejimlarini tajribaviy tadqiqot qilishgan. Quritgichda qo‘ziqorin ham passiv ham aktiv rejimlarda quritilgan, natijalarga ko‘ra, aktiv rejimda quritish kamerasida harorat ancha yuqori bo‘lgan va quritish vaqti passiv rejimga nisbatan 11,14% ga qisqargan.

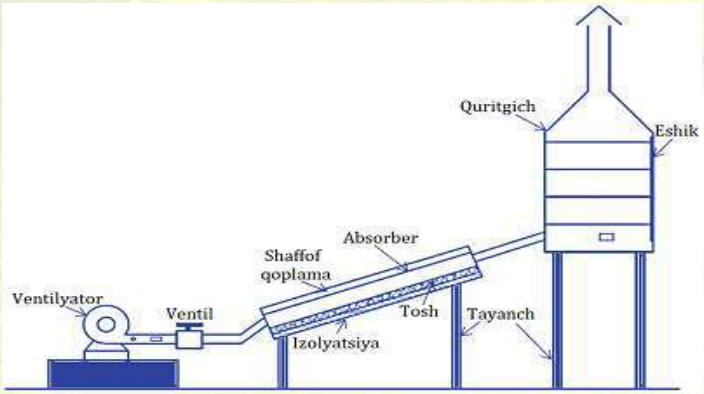


6-rasm. Mo‘rili aktiv bilvosita quyosh quritgichining sxemasi

Lamrani va Draouilar [34] majburiy konveksiyali bilvosita QQni nasadkali qatlamda issiqlik energiyasini saqlash tizimi bilan integratsiya qilishgan va uning issiqlik samaradorligini tekshirishgan. Oshkora issiqlik energiyasini saqlovchi muhit sifatida tosh qatlamidan foydalanilgan bo‘lib, u QHK va quritish kamerasining o‘rtasida joylashtirilgan. Natijalarga ko‘ra, nasadka qatlamli energiyani saqlash tizimidan foydalanish hisobiga quritish vaqti 15% ga qisqargan. Vijayan va boshqalar [35] majburiy konveksiyali bilvosita QQda nasadka qatlamli va toshli issiqlik akkumulyatoridan foydalanishgan. QHKning orqa qismida qalinligi 60 *mm* bo‘lgan tosh qatlami joylashtirilgan. Tajriba natijalariga ko‘ra, quritish davomiyligi 7 soatni va energiyani qoplash muddati 2,2 yilni tashkil etgan. Walke va boshqalar [36] uzumni quritish uchun majburiy konveksiyali bilvosita QQning absorberini ostida tosh bo‘laklarini joylashtirishgan. Quritgich janub tomonga 23,5° burchak ostida o‘rnatilgan va majburiy konveksiya sanoat ventilyatori yordamida ta’minlangan. Ushbu holatda oshkora issiqlikni saqlovchi materialdan foydalanish quritish vaqtini 21 soatgacha qisqartirgan. Mohanraj va Chandrasekarlar [37] quritgichda issiqlik energiyasini to‘plash uchun alyuminiy

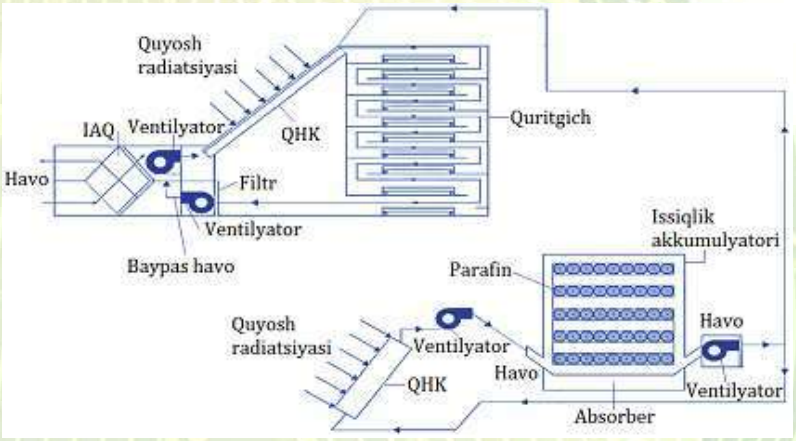
ISSN 3030-3907

uyumlari bilan aralashtirilgan qumdan foydalanishgan (7-rasm). Absorber plastinasi va kollektor tagi orasidagi masofa 100 mm bo‘lib, u alyuminiy uyum bilan aralashtirilgan qum bilan to‘ldiriladi. Quritish kamerasiga mahsulotni bir martalik yuklash sig‘imi 50 kg. Natijalarga ko‘ra, issiqlikni saqlash hisobiga quritgichning samaradorligi har kuni 4 soatga uzaygan. Quritgichning umumiy samaradorligi 21% ni tashkil etgan.



7-rasm. Issiqlik akkumulyatorli bilvosita quyosh quritgichining sxemasi

Agrawal va Sarviyalar [38] QQlarida fazasini o‘zgartiruvchi materiallarni (FO‘M) qo‘llashning potensialini tadqiqot qilishgan. Ular FO‘Mning turlari, ularni harorat diapazoni bo‘yicha qo‘llanilishini o‘rganishgan hamda ulardan QQlarida issiqlik akkumulyatori sifatida to‘liq foydalanish mumkinligini ta’kidlashgan. Atalay va Cankurtaranlar [39] 8-rasmda ko‘rsatilgan yirik masshtabli quritgichni tahlil qilishgan bo‘lib, quritgich energiyani saqlash uchun quyosh kollektorlari massivi bilan jihozlangan.

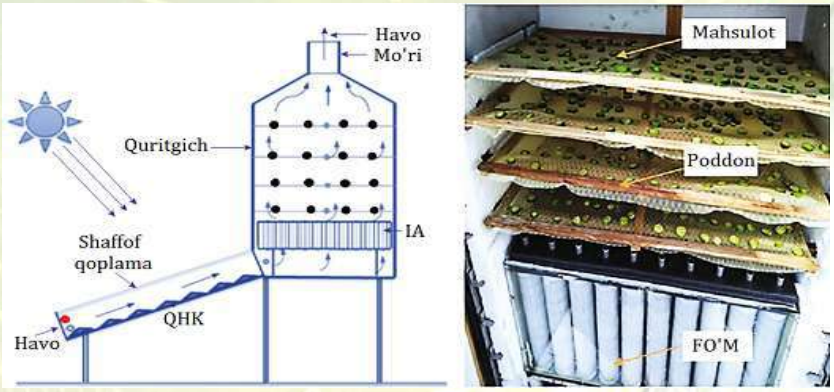


8-rasm. Issiqlik akkumulyatorli majburiy konveksiyali QQning sxemasi

Energiyani saqlash uchun erish harorati 57°C bo‘lgan parafin moddasidan foydalanilgan. Quritgichda 15 kg qulupnay quritilgan va uch kun ichidagi umumiy energiya samaradorlik 76% ga yetgan. Sain va boshqalar [40] FO‘M sifatida hajmi 0,006 m^3 bo‘lgan parafin joylashtirilgan tabiiy konveksiyali bilvosita QQni tayyorlashgan. Ushbu quritgichda 10 kg imbir 24 soat ichida quritilganda o‘rtacha issiqlik samaradorlik 22,7% ni tashkil etgan. Quritgich to‘liq yuklamada ishlaganda

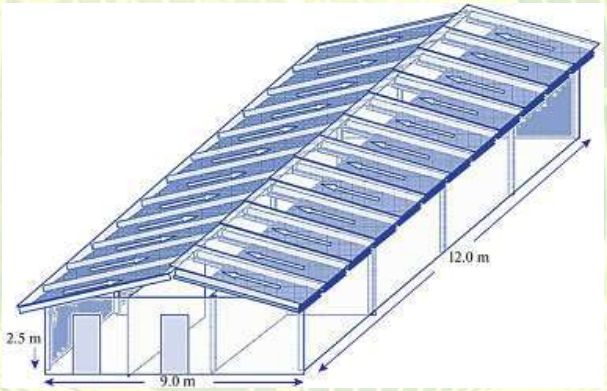
ISSN 3030-3907

quritishning maksimal harorati 62°C, QHKning maksimal samaradorligi 55% ni tashkil etgan. Gilago va boshqalar [41] oshqovoqni quritish uchun issiqlik saqlovchi material sifatida parafindan foydalaniladigan passiv bilvosita QQni energetik va ekologik tahlil qilishgan. Quritish kamerasiga ulangan QHK ichida parafin to‘ldirilgan 50 dona quvur joylashtirilgan (9-rasm).



9-rasm. Issiqlik akkumulyatorli bilvosita quyosh quritgichining sxemasi va umumiy ko‘rinishi

QHKning samaradorligi 75,03% ga yetgan, FO‘Mdan foydalanish hisobiga quritgichning samaradorligi ikki marta ortgan. Iqtisodiy tahlil quritgichning harajatlarini 0,37 yilda qoplashini ko‘rsatgan. Madhankumar va boshqalar [42] FO‘M bilan integratsiya qilingan bilvosita QQda oshqovoq bo‘laklarini quritishgan. Oshqovoqni boshlang‘ich 92% namlikdan oxirgi 11% namlikgacha quritish vaqti 11 soatni tashkil etgan, natijada ochiq quyoshda quritishga nisbatan quritish vaqti 39% ga qisqargan. Janjai va boshqalar [43] ko‘katlarni quritish uchun bilvosita QQning shiftiga quyosh FEP integratsiya qilingan jarayonlarni modellashtirishgan va tajribaviy tadqiqot qilishgan. Ikkita quyosh FEPdan biri janubga, ikkinchisi shimolga qaratilgan va quritish kamerasining shiftida o‘rnatilgan (10-rasm).



10-rasm. FEP bilan integratsiyalashgan bilvosita quyosh quritgichi sxemasi

T-simon havo quvuri quyosh kollektorlarining panjarasini quritish kamerasi bilan birlashtiradi. Binoda materiallarni saqlash va quritish uchun yetarlicha joy mavjud. Quritgichda gullar va qalampir quritilgan, olingan mahsulotlar yuqori

ISSN 3030-3907

sifatli bo‘lib, quritgichni o‘z harajatlarini qoplash muddati 5 yilni tashkil etgan. Sreekumar [44] shiftida quyosh kollektorlari integratsiya qilingan hamda meva va sabzavotlarni quritish uchun mo‘ljallangan quritgichni texnik-iqtisodiy tahlil qilishgan. Ichkaridagi 70°C harorat o‘zgarmas holatda haroratni boshqaruv bloki yordamida ta’minlangan hamda quritgich ichidagi havoni sirkulyatsiyalash uchun to‘rtta o‘qiy ventilyatordan foydalanilgan. Texnik-iqtisodiy tahlil natijalariga ko‘ra, quritish vaqti 8 soatni tashkil etgan. Kapital harajatlarni yuqori bo‘lishiga qaramasdan quritgich yuqori samarador bo‘lib, o‘z harajatlarini qoplash muddati 0,54 yilni tashkil etgan.

Sözen va boshqalar [45] bilvosita QQ uchun quvurchali turdagi absorberni ishlab chiqishgan. QHK ikkita tirsakli uchta metal quvurdan zigzag shaklida tayyorlangan. O‘zgaruvchan tokda ishlovchi ventilyatorlarning quvvati 40 Vt bo‘lib, ular quritish kamerasiga havoni haydashni yengillashtiradi. Tajribalar ikkita QHKni taqqoslash uchun o‘tkazilgan bo‘lib, bunda yassi absorberli va 24 dona metal panjarali QHK taqqoslangan. Tajriba natijalarining ko‘rsatishicha, metal panjaralar bilan modifikatsiyalangan QHKning samaradorligi yuqori bo‘lgan va 67,69% ni tashkil etgan, ushbu vaqtda silliq absorberli QHKning samaradorligi 56,54% ni tashkil etgan. Dutta va Kumarlar [46] QQlarida foydalanish uchun butun yuzasi yarim sferik bo‘rtiqlardan tashkil topgan QHKlari uchun yangi absorber plastinani to‘liq tadqiqot qilishgan. Quritgichda choy quritiganda samaradorlik 82% ni tashkil etgan va choyni quritish uchun energiya iste’moli 20% ga tejalgan. Iqtisodiy tahlil natijalariga ko‘ra, o‘z harajatlarini qoplash muddati 15 oyni tashkil etgan. Yuqorida keltirilgan adabiyotlar tahlilidan ko‘rinib turibdiki, QQlarining samaradorligini oshirish maqsadida QHKlari, FEP va issiqlik akkumulyatorlaridan foydalanish masalalari tadqiqot qilingan, bunda QQdan chiqib ketayotgan issiq nam havo issiqligidan qayta foydalanish yoki akkumulyatsiya qilish, QQlarida PVT tizimlaridan foydalanish va QQga uzatilayotgan havoning haroratini bir xilligini ta’minlash masalalari yetarlicha o‘rganilmagan bo‘lib, ushbu yo‘nalishda ilmiy tadqiqotlar olib borishga zaruriyat tug‘iladi.

XULOSA. O‘tkazilgan adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, quyosh quritgichlari qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat mahsulotlarini energiya tejamkor va ekologik xavfsiz usulda quritish uchun samarali texnologiya hisoblanadi. Ochiq quyoshda quritish usuli oddiy bo‘lishiga qaramay, mahsulot sifatining pasayishi, quritish vaqtining uzoqligi va tashqi muhit ta’siriga sezgirligi bilan tavsiflanadi. Bilvosita quyosh quritgichlari esa mahsulot sifatini saqlagan holda barqaror quritish rejimini ta’minlaydi. Tadqiqotlar natijasida quyosh havo kollektorlarini takomillashtirish, issiqlik akkumulyatorlaridan va fazasini o‘zgartiruvchi materiallardan foydalanish quritish jarayonining samaradorligini sezilarli darajada

ISSN 3030-3907

oshirishi aniqlangan. Shu bilan birga, chiqindi issiq havodan qayta foydalanish, PVT tizimlarini integratsiya qilish hamda quritgich ichida havo haroratining bir xil taqsimlanishini ta'minlash bo'yicha tadqiqotlar yetarli darajada o'rganilmagan. Ushbu yo'nalishlarda olib boriladigan ilmiy izlanishlar quyosh quritgichlarining energiya samaradorligini yanada oshirishga va ularni amaliyotda keng joriy etishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Gadonneix P. World Energy Scenarios, 2013. https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World-Energy-Scenarios_Composing-energyfutures-to-2050_Executive-summary.pdf.
2. Behera A., Rajak D.K., Kolahchi R. et al. Current global scenario of Sputter deposited NiTi smart systems, J. Mater. Res. Technol., 9, 2020. – p. 14582-14598.
3. Chelgham M., Belhadj M.M., Chelgham F. et al. Experimental investigation of a single-slope basin still with a built-in additional flat-plate solar air collector, Appl. Sol. Energy, 58, 2022. – p. 250-258.
4. Srivastava S., Behera A. and Biswal R. Assessing the Grip of Solar Energy Systems on Environmental Sustainability-a review, Micro Nanosyst., 14, 2021. – p. 133-143.
5. Catorze C., Tavares A.P., Cardão P. et al. Study of a solar energy drying system-energy savings and effect in dried food quality, Energy Rep., 8, 2022. – p. 392-398.
6. Crippa M., Solazzo E., Guizzardi D. et al. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions, Nat. Food, 2, 2021. – p. 198-209.
7. Boschiero M., Zanotelli D., Ciarapica F.E. et al. Greenhouse gas emissions and energy consumption during the post-harvest life of apples as affected by storage type, packaging and transport, J. Cleaner Prod., 220, 2019. – p. 45-56.
8. Kishor M.S.V.R., Behera A., Rajak D.K. et al. Manufacturing and mechanical characterization of fly-ash-reinforced materials for furnace lining applications, J. Mater. Eng. Perform., 29, 2020. – p. 6307-6321.
9. Kumar R., Ahmadi M.H. and Rajak D.K. The economic viability of a thermal power plant: A case study, J. Therm. Anal. Calorim., 145, 2021. – p. 2625-2631.
10. Rajak D.K., Deshpande P.G. and Kumaraswamidhas L.A. Experimental analysis of energy absorption behaviour of Al-tube filled with pumice lightweight concrete under axial loading condition, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 2017, vol. 225, p. 012032.
11. Ekechukwu O.V., Review of solar-energy drying systems I: An overview of drying principles and theory, Energy Convers. Manage., 40, 1999. – p. 593-613.
12. Ilhan Ceylana A. Solar-assisted fluidized bed dryer integrated with a heat pump for mint leaves, Appl. Therm. Eng., 105, 2016. – p. 899-905.

ISSN 3030-3907

13. Sharma A., Dutta P.P. Performance studies of low temperature solar drying of fresh tea leaves (Camellia assamica), Appl. Sol. Energy, 58, 2022. – p. 423-432.
14. Fuller R.J. Solar drying-a technology for sustainable agriculture and food production, in Solar Energy Conversion and Photoenergy Systems, 2010, vol. 3. https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C08/E3-07-02-02.pdf.
15. Arun S. Mujumdar and Sakamon Devahastin, Fundamental principles of drying, in Handbook of Industrial Drying, Arun S. Mujumdar, Ed., Taylor and Francis, 2014. – p. 1-22.
16. Visavale G.L., Principles, classification and selection of solar dryers, in Solar Drying: Fundamentals, Applications and Innovations, Hii C.L., Ong S.P., Jangam S.V., Mujumdar A. Eds., Singapore: TPR Group, 2012. – p. 1-50.
17. Singh P., Vyas S., Yadav A. Experimental comparison of open sun drying and solar drying based on evacuated tube collector, Int. J. Sustainable Energy, 38, 2019. – p. 348-367.
18. Banout J. Solar drying systems, in Solar Drying Technology, Green Energy Technology, Singapore: Springer Nature, 2017. – p. 39-67.
19. Kumar A., Rajak D.K., Kumar R. Optimization of packed bed solar air heaters—a thermo-hydraulic approach, Energy Storage, 2, 2020. – p. 1-7.
20. Abdukarimov B.A., Kuchkarov A.A. Research of hydrodynamic processes occurring in solar air heater collectors with a concave air duct absorber, Appl. Sol. Energy, 58, 2022. – p. 847-853.
21. Kokate Y.D., Baviskar P.R., Nukulwar M.R. Mathematical modelling and drying kinetics of onion and garlic in indirect solar dryer, Appl. Sol. Energy, 58, 2022. – p. 643-660.
22. Varun Sunil, Avdhesh Sharma, Naveen Sharma. Construction and performance analysis of an indirect solar dryer integrated with solar air heater, Procedia Eng., 38, 2012. – p. 3260-3269.
23. Matavel C.E., Hoffmann H., Rybak C. et al. Experimental evaluation of a passive indirect solar dryer for agricultural products in Central Mozambique, J. Food Process. Preserv., 45, 2021. – p. 1-11.
24. El-Sebaey M.S., Mousavi S.M.T., Shams El-Din S. et al., An experimental case study on development the design and the performance of indirect solar dryer type for drying bananas, Sol. Energy, 255, 2023. – p. 50-59.
25. Tedesco F.C., Buhler A.J., Wortmann S. Design, construction, and analysis of a passive indirect solar dryer with chimney, J. Sol. Energy, Eng. Trans. ASME, 141, 2019. – p. 1-9.

ISSN 3030-3907

26. Lingayat A., Chandramohan V.P., Raju V.R.K. Energy and exergy analysis on drying of banana using indirect type natural convection solar dryer, Heat Transfer Eng., 41, 2020. – p. 551-561.
27. Geete A. Energy and exergy analyses of fabricated solar drying system with smooth and rough surfaces at different conditions: A case study, Heat Transfer, 50, 2021. – p. 6259-6284.
28. Maiti S., Patel P., Vyas K. et al. Performance evaluation of a small scale indirect solar dryer with static reflectors during non-summer months in the Saurashtra region of western India. Sol. Energy, 85, 2011. – p. 2686-2696.
29. Bhavsar H.P., Patel C.M., Performance investigation of natural and forced convection cabinet solar dryer for ginger drying, Mater. Today Proc., 47, 2021. – p. 6128-6133.
30. Khama R., Aissani F., Alkama R. Design and performance testing of an industrial-scale indirect solar dryer, J. Eng. Sci. Technol., 11, 2016. – p. 1263-1281.
31. El-Sebaii A.A., Shalaby S.M., Experimental investigation of an indirect-mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint, Energy Convers. Manage., 74, 2013. – p. 109-116.
32. Goud M., Reddy M.V.V., Chandramohan V.P. et al. A novel indirect solar dryer with inlet fans powered by solar PV panels: Drying kinetics of Capsicum annum and Abelmoschus esculentus with dryer performance, Sol. Energy, 194, 2019. – p. 871-885.
33. Melike S., Karasu A., Ayse O. Comparative performance study of different types of solar dryers towards sustainable agriculture, Energy Rep., 7, 2021. – p. 6107-6118.
34. Lamrani B., Draoui A. Thermal performance and economic analysis of an indirect solar dryer of wood integrated with packed-bed thermal energy storage system: A case study of solar thermal applications, Dry Technol., 39, 2021. – p. 1371-1388.
35. Vijayan S., Arjunan T.V., Kumar A. Exergo-environmental analysis of an indirect forced convection solar dryer for drying bitter gourd slices, Renewable Energy, 146, 2020. – p. 2210-2223.
36. Walke P.V., Phadke P.C., Rambhad K.S. Performance evaluation of forced convection desiccant bed solar dryer integrated with sensible heat storage material, Int. J. Anal. Exp. Finite Elem. Anal., 5, 2018. – p. 24-35.
37. Mohanraj M., Chandrasekar P. Performance of a forced convection solar drier integrated with gravel as heat storage material, Proc. IASTED Int. Conf. Sol. Energy, SOE 2009. – p. 51-54.

ISSN 3030-3907

38. Agrawal A., Sarviya R.M. A review of research and development work on solar dryers with heat storage, Int. J. Sustainable Energy, 35, 2016. – p. 583-605.
39. Atalay H., Cankurtaran E. Energy, exergy, exergoeconomic and exergo-environmental analyses of a large scale solar dryer with PCM energy storage medium, Energy, 2021, vol. 216, p. 119221.
40. Sain P., Songara V., Karir R. et al. Natural convection type solar dryer with latent heat storage, Proc. 2013 Int. Conf. Renewable Energy, Sustainable Energy, ICRESE 2013, 2014. – p. 9-14.
41. Gilago M.C., Reddy Mugi V., Chandramohan V.P. Energy-exergy and environ-economic (4E) analysis while drying ivy gourd in a passive indirect solar dryer without and with energy storage system and results comparison. Sol. Energy, 240, 2022. – p. 69-83.
42. Madhankumar S., Karthickeyan V.W.W., Muhammad I.T. Analysis of indirect solar dryer with PCM energy storage material: Energy, economic, drying and optimization, Sol. Energy, 249, 2023. – p. 667-683.
43. Janjai S., Srisittipokakun N., Bala B.K. Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices, Energy, 33, 2008. – p. 91-103.
44. Sreekumar A. Techno-economic analysis of a roof integrated solar air heating system for drying fruit and vegetables, Energy Convers. Manage., 51, 2010. – p. 2230-2238.
45. Sözen A., Şirin C., Khanlari A. et al. Thermal performance enhancement of tube-type alternative indirect solar dryer with iron mesh modification, Sol. Energy, 207, 2020. – p. 1269-1281.
46. Dutta P.P., Kumar A. Development and performance study of solar air heater for solar drying applications, Solar Drying Technology, Singapore: Springer, 2017. – p. 579-601.

ISSN 3030-3907