ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 8

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

UO`K 631.365.29

QUYOSH KONVEKTIV-RADIATSION QURITGICHLARINI O‘RGANISH BO‘YICHA OLIB BORILAYOTGAN ILMIY TADQIQOTLAR

Raxmatov Ilhom Ismatovich
Buxoro davlat universiteti texnika fanlari nomzodi, professor
Ma’murova Dildora Ma’ruf qizi
Buxoro davlat universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada tabiiy konveksiya asosida ishlovchi konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlarining qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish jarayoniga ta’siri o‘rganilgan. So‘nggi yillarda energiya resurslarining cheklanganligi va ekologik muammolar tufayli qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish dolzarb masalaga aylangan. Hozirgi kunda quyosh energetik qurilmalari bo‘yicha olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar asosan fotovoltaik tizimlar, quyosh kollektorlar, gibrid energiya tizimlari hamda energiyani saqlash texnologiyalarini rivojlantirishga qaratilgan. Ayniqsa, fazaviy o‘zgaruvchan materiallar (PCM) asosida issiqlik akkumulyatsiyasi va energiya samaradorligini oshirish yo‘nalishida sezilarli natijalarga erishilmoqda. Shu bilan birga, quyosh quritgichlarini takomillashtirish, ularning konstruksiyasini optimallashtirish va quritish jarayonini tezlashtirish bo‘yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda. Mazkur ishda quyosh radiatsiyasi va tabiiy konveksiya hodisalariga asoslangan quritgich tizimining ishlash prinsipi, issiqlik va massa almashinuvi jarayonlari tahlil qilindi. Quritish jarayonida havo harorati, namlik darajasi va quritish tezligi kabi asosiy parametrlar o‘rganildi hamda quritgichning energiya samaradorligi baholandi. Olingan natijalar konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlari an’anaviy quritish usullariga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu tizimlar quritish vaqtini qisqartiradi, mahsulot sifatini saqlaydi va energiya sarfini kamaytiradi. Tadqiqot natijalari qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini samarali quritish texnologiyalarini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, kelajakda quyosh quritgichlarini takomillashtirish va ularning samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borish zarurligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar. Quyosh energiyasi, konvektiv-radiatsion quritgich, tabiiy konveksiya, quyosh quritish, issiqlik va massa almashinuvi, qayta tiklanuvchi energiya, qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish, energiya samaradorligi, quyosh issiqlik tizimlari, quritish kinetikasi.

Аннотация. В данной статье изучено влияние конвективно-радиационных солнечных сушилок, работающих на основе естественной конвекции, на

ISSN 3030-3907

процесс сушки сельскохозяйственной продукции. В последние годы из-за ограниченности энергоресурсов и экологических проблем эффективное использование возобновляемых источников энергии стало актуальной проблемой. В настоящее время научные исследования, проводимые по солнечным энергетическим установкам, в основном направлены на развитие фотоэлектрических систем, солнечных коллекторов, гибридных энергетических систем и технологий хранения энергии. Особенно значительные результаты достигаются в области аккумуляции тепла и повышения энергоэффективности на основе фазопеременных материалов (ФПМ). В то же время проводятся обширные исследования по совершенствованию солнечных сушилок, оптимизации их конструкции и ускорению процесса сушки. В данной работе проанализированы принцип работы сушильной системы, основанный на явлениях солнечной радиации и естественной конвекции, процессы тепло-и массообмена. В процессе сушки были изучены такие основные параметры, как температура воздуха, уровень влажности и скорость сушки, а также оценена энергоэффективность сушилки. Полученные результаты показали, что конвективно-радиационные солнечные сушилки обладают более высокой эффективностью по сравнению с традиционными методами сушки. Эти системы сокращают время сушки, сохраняют качество продукта и снижают энергопотребление. Результаты исследования имеют важное значение в развитии технологий эффективной сушки сельскохозяйственной продукции и указывают на необходимость проведения научных исследований по совершенствованию солнечных сушилок и повышению их эффективности в будущем.

Ключевые слова. Солнечная энергия, конвективно-радиационная сушилка, естественная конвекция, солнечная сушка, тепломассообмен, возобновляемая энергия, сушка сельскохозяйственной продукции, энергоэффективность, солнечные тепловые системы, кинетика сушки.

Annotation. In this article, the influence of convective-radiation solar dryers operating on the basis of natural convection on the process of drying agricultural products was studied. In recent years, due to limited energy resources and environmental problems, the effective use of renewable energy sources has become a pressing issue. Currently, scientific research on solar energy installations is mainly focused on the development of photovoltaic systems, solar collectors, hybrid energy systems, and energy storage technologies. Significant results have been achieved, in particular, in the field of heat accumulation and increasing energy efficiency based on phase-shifting materials (PCM). At the same time, large-scale research is being conducted to improve solar dryers, optimize their design, and

ISSN 3030-3907

accelerate the drying process. In this work, the operating principle of the drying system based on solar radiation and natural convection phenomena, heat and mass transfer processes were analyzed. During the drying process, such main parameters as air temperature, humidity level, and drying rate were studied, and the energy efficiency of the dryer was evaluated. The obtained results showed that convective-radiation solar dryers have higher efficiency compared to traditional drying methods. These systems reduce drying time, maintain product quality, and reduce energy consumption. The research results are of great importance in the development of technologies for efficient drying of agricultural products, and in the future, it is necessary to conduct scientific research to improve solar dryers and increase their efficiency.

Keywords. Solar energy, convective-radiation dryer, natural convection, solar drying, heat and mass transfer, renewable energy, drying of agricultural products, energy efficiency, solar heating systems, drying kinetics.

KIRISH.

So‘nggi yillarda global miqyosda energiya resurslarining kamayishi, iqlim o‘zgarishi va atrof-muhit ifloslanishining ortishi sababli qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan talab keskin oshib bormoqda. Energetika sektorining dekarbonizatsiyasi hamda barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishda quyosh energiyasi muhim o‘rin egallaydi, chunki u ekologik toza, keng tarqalgan va amalda cheksiz energiya manbai hisoblanadi [1]. Shu bois, quyosh energiyasidan turli texnologik jarayonlarda, xususan qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlashda foydalanish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar jadal rivojlanmoqda [2].

Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash tizimida quritish jarayoni eng muhim bosqichlardan biri bo‘lib, mahsulot tarkibidagi namlikni kamaytirish orqali biologik buzilishlarning oldini oladi va saqlash muddatini uzaytiradi. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, rivojlanayotgan mamlakatlarda noto‘g‘ri quritish texnologiyalari tufayli hosilning sezilarli qismi yo‘qotiladi [3]. An’anaviy ochiq quyosh ostida quritish usuli keng qo‘llanilishiga qaramay, u ob-havo sharoitlariga bog‘liqligi, past gigiyenik darajasi, mahsulot sifatining notekisligi va katta vaqt talab qilishi kabi kamchiliklarga ega [4]. Shu bilan birga, yoqilg‘i asosida ishlovchi quritgichlar yuqori energiya sarfi va ekologik zararli chiqindilar bilan tavsiflanadi.

Mazkur muammolarni bartaraf etish maqsadida quyosh energiyasiga asoslangan quritgichlar keng o‘rganilmoqda. Zamonaviy ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, quyosh quritgichlari nafaqat energiya tejamkor, balki mahsulot sifatini saqlash va quritish jarayonini nazorat qilish imkonini beruvchi samarali texnologiya hisoblanadi [5]. 2020-2025 yillar oralig‘idagi tadqiqotlar quyosh

ISSN 3030-3907

quritgichlarining konstruktiv yechimlari, issiqlik samaradorligi va funksional imkoniyatlarini sezilarli darajada takomillashtirishga qaratilgan [6].

Quyosh quritgichlari ishlash prinsipi va konstruktsiyasiga ko‘ra bevosita (direct), bilvosita (indirect), aralash (mixed-mode) va gibrid turlarga bo‘linadi. Bevosita quritgichlarda mahsulot to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyosh nurlanishi ta’sirida quritiladi, bilvosita quritgichlarda esa havo quyosh kollektorida qizdirilib, quritish kamerasiga yuboriladi. Gibrid tizimlarda esa qo‘shimcha energiya manbalari yoki issiqlik akkumulyatsiya tizimlari qo‘llaniladi [7].

So‘nggi tadqiqotlar, ayniqsa, konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlariga katta e’tibor qaratmoqda. Ushbu tizimlarda issiqlik uzatishning asosiy mexanizmlari sifatida quyosh radiatsiyasi va konveksiya jarayonlari birgalikda ishlaydi. Tabiiy konveksiya natijasida hosil bo‘ladigan havo oqimi zichlik farqlari hisobiga yuzaga kelib, quritish kamerasida issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarini ta’minlaydi [8]. Bu esa quritish tezligini oshirish va energiya samaradorligini yaxshilash imkonini beradi.

Bundan tashqari, issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarini chuqur tahlil qilish maqsadida matematik modellashtirish va hisoblash suyuqlik dinamikasi (CFD) usullari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu yondashuvlar yordamida havo oqimining taqsimoti, harorat maydoni va namlikning diffuziya jarayonlari aniqlanib, quritgich konstruksiyasini optimallashtirish imkoniyati yaratiladi [9].

Zamonaviy ilmiy izlanishlarda quyosh quritgichlarining samaradorligini oshirish uchun energiya saqlash texnologiyalariga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, fazaviy o‘zgaruvchan materiallar (PCM) yordamida issiqlikni akkumulyatsiya qilish orqali quyosh nurlanishining notekisligini bartaraf etish va quritish jarayonining uzluksizligini ta’minlash mumkin [6]. Shu bilan birga, quyosh energetik qurilmalari sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar fotovoltaik tizimlar, quyosh issiqlik kollektorlar va gibrid energiya tizimlarini rivojlantirishga qaratilgan bo‘lib, bu quritgich tizimlarining umumiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi [2].

Bibliometrik tahlillar shuni ko‘rsatadiki, so‘nggi yillarda quyosh quritgichlari bo‘yicha ilmiy maqolalar soni keskin oshgan va bu yo‘nalish energiya va qishloq xo‘jaligi integratsiyasining muhim yo‘nalishiga aylangan [7]. Shunga qaramay, tabiiy konveksiya asosida ishlovchi konvektiv-radiatsion quritgichlarning issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarini chuqur o‘rganish hamda ularning samaradorligini oshirish masalalari hali ham dolzarb bo‘lib qolmoqda.

ASOSIY QISM. Ushbu tadqiqotda tabiiy konveksiya asosida ishlovchi konvektiv-radiatsion quyosh quritgichining ishlash samaradorligi hamda qishloq

ISSN 3030-3907

xo‘jaligi mahsulotlarini quritish jarayoniga ta’siri eksperimental va nazariy jihatdan o‘rganildi. Tadqiqot natijalari quyosh radiatsiyasi intensivligi, havo harorati, nisbiy namlik va vaqt kabi parametrlar quritish jarayonining asosiy omillari ekanligini ko‘rsatdi.

Eksperimental kuzatuvlar shuni ko‘rsatdiki, quyosh radiatsiyasi intensivligi ortishi bilan quritgich kollektorida havo harorati sezilarli darajada oshadi. Kollektorda qizigan havo tabiiy konveksiya ta’sirida yuqoriga ko‘tarilib, quritish kamerasi ichida haroratning barqaror yuqori darajada ushlanishini ta’minlaydi. O‘lchov natijalariga ko‘ra, quritish kamerasidagi harorat tashqi muhit haroratiga nisbatan o‘rtacha 10–25°C ga yuqori bo‘lgan. Bu esa mahsulot tarkibidagi namlikning tezroq bug‘lanishiga olib keladi va quritish jarayonini sezilarli darajada tezlashtiradi. Shunga o‘xshash natijalar zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda ham qayd etilgan bo‘lib, quyosh radiatsiyasi quritish tizimlarining asosiy energiya manbai sifatida muhim ahamiyat kasb etadi [2], [4].

Tizimda tabiiy konveksiya jarayonining roli alohida e’tiborga loyiqdir. Issiq havo zichligi kamayishi natijasida yuqoriga ko‘tariladi va uning o‘rnini pastdan kirib kelgan sovuq havo egallaydi. Shu tariqa quritgich ichida uzluksiz havo aylanishi yuzaga keladi. Ushbu jarayon issiqlik va massa almashinuvi intensivligini oshirib, mahsulotdan namlikning ajralib chiqishini tezlashtiradi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, tabiiy konveksiya asosida ishlovchi tizimlarda qo‘shimcha mexanik ventilyatsiya talab qilinmaydi, bu esa energiya sarfini kamaytiradi. Bu holat boshqa tadqiqotchilar tomonidan ham tasdiqlangan bo‘lib, tabiiy konveksiya asosidagi quritgichlar energiya samaradorligi jihatidan ustun hisoblanadi [4], [8].

Quritish jarayonining kinetikasi tahlili shuni ko‘rsatdiki, dastlabki bosqichda quritish tezligi yuqori bo‘ladi. Bu davrda mahsulot yuzasidagi erkin namlik tez bug‘lanadi. Keyingi bosqichlarda esa quritish tezligi asta-sekin kamayadi, chunki namlik mahsulot ichki qatlamlaridan diffuziya orqali yuzaga chiqadi. Quritish tezligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$DR = \frac{M_t - M_{t+\Delta t}}{\Delta t} \quad (1)$$

DR- quritish tezligi (kg/s)

M_t-t vaqtdagi mahsulot namligi (kg)

$M_{t+\Delta t}$- keyingi vaqt momentidagi namlik (kg)

Δt-vaqt oralig‘i (s)

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, yuqori harorat va past nisbiy namlik sharoitida quritish tezligi maksimal qiymatga erishadi. Ushbu natijalar quritish kinetikasiga oid nazariy modellar bilan mos keladi [5], [9].

Mahsulotning namlik miqdori vaqt o‘tishi bilan kamayib boradi va bu jarayon eksponensial xarakterga ega ekanligi aniqlandi. Namlik nisbati (moisture

ISSN 3030-3907

ratio) yordamida olib borilgan tahlillar quritish jarayoni asosan pasayuvchi tezlik davrida kechishini ko‘rsatdi. Bu esa ichki namlik diffuziyasi jarayonining ustun ekanligini bildiradi. Qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish bo‘yicha olib borilgan boshqa ilmiy tadqiqotlarda ham xuddi shunday natijalar kuzatilgan [3], [5].

Quyosh quritgichining energiya samaradorligi muhim ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Ko‘plab tadqiqotlarda quyosh quritgichlarining termal samaradorligi foydali issiqlik va kiruvchi quyosh energiyasi o‘rtasidagi nisbat sifatida aniqlanadi [1], [2]. Ushbu tadqiqotda samaradorlik quyidagi formula orqali baholandi:

$$\eta = \frac{Q_u}{I*A} * 100\% \quad (2)$$

η - quritgichning foydali ish koeffitsienti

Q_u - foydali issiqlik miqdori

I - quyosh radiatsiyasi intensivligi

A - quyosh kollektorining yuzasi

Hisob-kitob natijalariga ko‘ra, quritgich samaradorligi kun davomida o‘zgarib turadi va maksimal qiymatga quyosh radiatsiyasi eng yuqori bo‘lgan vaqtda erishadi. O‘rtacha samaradorlik qiymatlari 25–45% oralig‘ida bo‘lib, bu natijalar zamonaviy ilmiy ishlar bilan mos keladi [1], [2]. Shuningdek, tashqi muhit sharoitlari, xususan shamol tezligi va nisbiy namlik darajasi ham samaradorlikka sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan.

So‘nggi yillarda quyosh quritgichlarini takomillashtirish bo‘yicha olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar turli innovatsion yondashuvlarni o‘z ichiga oladi. Jumladan, fazaviy o‘zgaruvchan materiallar (PCM) yordamida issiqlik energiyasini saqlash texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida quyosh nurlanishi past bo‘lgan vaqtlarda ham quritish jarayonini davom ettirish mumkin. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, PCM qo‘llanilganda quritgich samaradorligi sezilarli darajada oshadi [6]. Bundan tashqari, CFD modellashtirish usullari yordamida quritgich ichidagi havo oqimlari, harorat taqsimoti va namlik uzatilishi chuqur o‘rganilib, tizimni optimallashtirish imkoniyati yaratilmoqda [9].

Olingan natijalar an’anaviy ochiq havoda quritish usullari bilan solishtirilganda konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlarining bir qator ustunliklarga ega ekanligini ko‘rsatdi. Xususan, quritish vaqti qisqaradi, mahsulot sifati saqlanadi, tashqi muhit ta’siridan himoya ta’minlanadi va gigiyenik sharoit yaxshilanadi. Bundan tashqari, energiya sarfi kamayadi va ekologik jihatdan toza texnologiya sifatida qaraladi. Bu natijalar boshqa ilmiy tadqiqotlar bilan ham tasdiqlangan [1], [7].

Konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlarining ustunliklari ularning bir vaqtning o‘zida issiqlik uzatishning ikki asosiy mexanizmi — konveksiya va

ISSN 3030-3907

radiatsiyani samarali qo‘llashiga bog‘liq. Radiatsion issiqlik uzatilishi quyosh nurlari orqali mahsulot yuzasini bevosita qizdirishni ta’minlaydi, bu esa namlikning tez bug‘lanishiga olib keladi. Shu bilan birga, konvektiv issiqlik almashinuvi yordamida qizigan havo mahsulot atrofida harakatlanib, bug‘langan namlikni olib chiqib ketadi va quritish jarayonining uzluksizligini ta’minlaydi [4], [5].

Mazkur ikki mexanizmning birgalikda ishlashi natijasida quritish jarayonining intensivligi oshadi va harorat taqsimoti yanada barqaror bo‘ladi. Natijada mahsulotning barcha qatlamlarida bir tekis quritish amalga oshadi, bu esa ichki namlik diffuziyasini tezlashtiradi va umumiy quritish vaqtini qisqartiradi [5], [8].

Konvektiv-radiatsion quritgichlar konstruksiyasi yopiq bo‘lgani sababli tashqi muhit omillarining (shamol, chang, mikroorganizmlar) salbiy ta’siri kamayadi. Bu esa mahsulot sifatini saqlash va gigiyenik xavfsizlikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Ilmiy tadqiqotlarda bunday quritgichlar yordamida quritilgan mahsulotlarning rang, ta’m va ozuqaviy qiymat ko‘rsatkichlari yuqori darajada saqlanishi qayd etilgan [1], [7].

Shuningdek, tabiiy konveksiya asosida ishlovchi ushbu tizimlar tashqi energiya manbalarini talab qilmaydi yoki minimal darajada talab qiladi. Bu esa ularning energiya samaradorligini oshiradi hamda ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi. Shu sababli, konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlari qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlashda iqtisodiy va ekologik jihatdan samarali yechim sifatida qaraladi [2], [4].

Shu bilan birga, konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlarida issiqlik uzatish jarayonining kombinatsiyalashgan xarakteri tizimning umumiy termodinamik samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Radiatsion energiya mahsulot yuzasida tezkor harorat ko‘tarilishini ta’minlasa, konvektiv oqimlar issiqlikni mahsulotning ichki qatlamlariga yetkazishda muhim rol o‘ynaydi. Natijada, nafaqat sirt qatlami, balki ichki qatlamlarda ham namlikning bir tekis kamayishi kuzatiladi, bu esa quritish jarayonining sifat ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilaydi [5], [9].

Bundan tashqari, bunday quritgichlarda havo oqimining tabiiy ravishda shakllanishi issiqlik yo‘qotishlarini kamaytiradi va tizimning energetik balansini optimallashtiradi. Issiq havo oqimining yo‘naltirilgan harakati namlikni samarali olib chiqib ketish bilan birga, quritish kamerasi ichida ortiqcha namlik to‘planishining oldini oladi. Bu esa quritish jarayonining barqarorligini ta’minlab, mahsulotning chirish yoki buzilish xavfini kamaytiradi [4], [8].

Shuningdek, konvektiv-radiatsion quritgichlarning konstruktiv moslashuvchanligi ularni turli iqlim sharoitlariga moslashtirish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

Masalan, kollektor yuzasini kattalashtirish, havo kanallarini optimallashtirish yoki issiqlik akkumulyatsiya qiluvchi materiallardan foydalanish orqali quritgich samaradorligini yanada oshirish mumkin. Zamonaviy tadqiqotlarda, ayniqsa, fazaviy o‘zgaruvchan materiallar (PCM) qo‘llanilishi orqali issiqlikni saqlash va quritish jarayonini uzluksiz davom ettirish imkoniyati keng o‘rganilmoqda [6].

Natijada, konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlari nafaqat energiya tejamkorligi, balki texnologik moslashuvchanligi bilan ham ajralib turadi. Bu esa ularni kichik xo‘jaliklardan tortib sanoat miqyosidagi quritish tizimlarigacha qo‘llash imkonini beradi. Shu jihatdan qaraganda, mazkur texnologiya qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlashda barqaror va samarali yechim sifatida muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari tabiiy konveksiya asosidagi konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlari qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini samarali quritish uchun istiqbolli texnologiya ekanligini ko‘rsatadi. Quritgichning ishlash samaradorligi konstruktiv parametrlar va tashqi muhit sharoitlariga bog‘liq bo‘lib, kelgusida ushbu tizimlarni optimallashtirish va yangi texnologiyalar bilan integratsiya qilish orqali yanada yuqori natijalarga erishish mumkin.

XULOSA. Ushbu tadqiqot tabiiy konveksiya va radiatsiya asosida ishlovchi konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlarining qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini quritish jarayoniga ta’sirini o‘rganishga bag‘ishlandi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, mazkur quritgichlar an’anaviy ochiq havoda quritish usullariga nisbatan samaradorlik, mahsulot sifati va energiya tejamkorligi jihatidan sezilarli ustunliklarga ega. Quritish vaqti qisqarib, mahsulotning rang, ta’m va ozuqaviy qiymati yuqori darajada saqlanadi, tashqi muhit omillari va mikroorganizmlardan himoya ta’minlanadi, shuningdek, energiya sarfi minimal bo‘lib, tizim ekologik jihatdan xavfsiz hisoblanadi.

Konvektiv va radiatsion issiqlik uzatish mexanizmining kombinatsiyasi quritish jarayonining uzluksiz va barqaror bo‘lishini ta’minlaydi, havo oqimi va issiqlik taqsimoti mahsulotning ichki qatlamlarida ham samarali namlik chiqishini kafolatlaydi. Shu bilan birga, quritgichlarning texnologik moslashuvchanligi turli iqlim sharoitlari va mahsulot turlari uchun optimal ishlash imkoniyatini beradi, fazaviy o‘zgaruvchan materiallar (PCM) qo‘llanilishi esa issiqlikni saqlash va quritish jarayonini uzluksiz qilishga xizmat qiladi.

Tadqiqot davomida olingan natijalar konvektiv-radiatsion quyosh quritgichlarini qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini qayta ishlashda barqaror, energiya tejamkor va ekologik xavfsiz texnologiya sifatida qo‘llash imkoniyatini tasdiqlaydi hamda kelajakda tizim samaradorligini yanada oshirish va optimallashtirish yo‘nalishida ilmiy izlanishlar olib borish zarurligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. M. A. Rahman, Solar Drying for Domestic and Industrial Applications. 2025.
2. K. Venkateswarlu, Energy-efficient solar dryers: A comprehensive review. *Waste Disposal & Sustainable Energy,* 2024.
3. G. Prasad, Solar drying technology for agricultural products. *Agricultural Reviews*. 2024.
4. Recent developments in natural convective solar dryer. *Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2025*
5. Solar dryers: mechanism and transport models. *Green Energy and Resources*. 2025.
6. A. Sharma, Advances in solar drying with PCM integration. *Energy Reports*. 2023.
7. E. Villagran, Trends in solar drying technologies. *AgriEngineering*. 2024.
8. M. Kumar, Thermal performance of natural convection solar dryers. *Renewable Energy*. 2023.
9. CFD analysis of solar drying systems. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2024.

ISSN 3030-3907