ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 7

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.

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

FAZAVIY O‘TUVCHI MATERIALLAR INTEGRATSIYALANGAN QUYOSH HAVOSI ISITGICHLARINING ENERGETIK SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH

Temirov Sohib Amonovich
Buxoro davlat universiteti “Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika“ kafedrasi tayanch doktoranti
Buxoro davlat tibbiyot instituti assistenti.
E-mail: sohibamonovich@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada quyosh havosi isitgichlari (QHI) va faza o‘zgaruvchi materiallar (FO‘M) sohasidagi 2016–2026 yillar oralig‘ida nashr etilgan 14 ta yetakchi ilmiy maqola tahlil qilingan. Har bir maqolada qo‘llanilgan eksperimental qurilma tuzilishi, tadqiqot usuli, asosiy natijalar va erishilgan issiqlik samaradorligi qiyoslangan. Cosinus o‘xshashlik matritsasi yordamida maqolalar orasidagi metodologik yaqinlik aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, FO‘M integratsiyasi QHI issiqlik samaradorligini o‘rtacha 15–25% ga oshiradi va isitish davomiyligini kengaytiradi.

Kalit so‘zlar: Quyosh havo isitgichi (QHI), Faza o‘zgaruvchi material (FO‘M), Issiqlik samaradorligi, Nano-FO‘M, Latent issiqlik saqlash, Double-pass QHI, U-to‘lqinli absorber.

Аннотация. В данной статье анализируются 14 ведущих научных статей, опубликованных в области солнечных воздухонагревателей (СВН) и материалов с фазовым переходом (ФПМ) в период с 2016 по 2026 год. Сравниваются экспериментальная установка, метод исследования, основные результаты и достигнутая тепловая эффективность, использованные в каждой статье. Методологическое сходство между статьями определяется с помощью матрицы косинусного сходства. Результаты показывают, что интеграция ФПМ увеличивает тепловую эффективность СВН в среднем на 15–25% и продлевает время нагрева.

Ключевые слова: Солнечный воздухонагреватель (СВН), Материал с фазовым переходом (ФПМ), Тепловая эффективность, Нано-ФПМ, Аккумулирование скрытой теплоты, Двухпроходной СВН, U-образный поглотитель.

Annotation. This article analyzes 14 leading scientific articles published in the field of solar air heaters (QHI) and phase change materials (FO‘M) between 2016–2026. The experimental setup, research method, main results, and achieved thermal efficiency used in each article are compared. Methodological similarity between articles is determined using the cosine similarity matrix. The results show that FO‘M integration increases the thermal efficiency of QHI by an average of 15–25% and extends the heating duration.

Keywords: Solar Air Heater (QHI), Phase Change Material (FO‘M), Thermal efficiency, Nano-FO‘M, Latent heat storage, Double-pass QHI, U-wave absorber.

1. KIRISH.

Quyosh energiyasidan foydalanish zamonaviy energetika tizimlarining asosiy ustunlaridan biriga aylandi. IRENA ma'lumotlariga ko‘ra, 2025 yilga kelib dunyo miqyosida o‘rnatilgan quyosh energetika quvvati 2 TW dan oshib ketdi. Bu o‘sish quyosh termik tizimlarini ham o‘z ichiga oladi, xususan quyosh havosi isitgichlari (QHI) qurilish, quritish, issiqxona isitish va sanoat jarayonlarida keng qo‘llanilmoqda [1].

QHI qurilmalarining asosiy kamchiligi-quyosh nurlanishi yo‘q bo‘lgan davrlarda (kechasi yoki bulutli kunlarda) ishlash imkoniyatining pastligi. Bu muammoni hal etishda faz o‘zgaruvchi materiallar (FO‘M) muhim rol o‘ynaydi. FO‘M kun davomida quyosh issiqligini latent issiqlik shaklida saqlaydi va kechasi yoki kerak bo‘lganda bu issiqlikni havoga qaytaradi[3].

Hozirgi kunda QHI+FO‘M tizimlarida turli xil FO‘M turlari (parafin mumi, yog‘ kislotalari, tuzlar, nano-FO‘M) va turli xil qurilma konfiguratsiyalari (tekis plastinali, ikki o‘tishli, U-to‘lqinli, spiral finli) tadqiq etilmoqda. Ushbu maqolada shular orasidagi eng muhim va ta'sirchan tadqiqotlar tahlil qilinadi, eksperimental qurilmalar sxematik ko‘rinishda taqdim etiladi va issiqlik samaradorligining yillar davomidagi o‘zgarishi grafik shaklida ko‘rsatiladi [5].

2. TADQIQOT METODOLOGIYASI.

2.1. Adabiyot tanlash mezonlari

Ushbu tahlil uchun quyidagi mezonlar asosida maqolalar tanlab olindi: QHI + FO‘M tizimiga oid bo‘lgan maqolalar (tajribaviy yoki raqamli), 2016–2026 yillar oralig‘ida Scopus, Web of Science indekslangan jurnallarda nashr etilgan. Issiqlik samaradorligi, issiqlik energiyasi saqlash ko‘rsatkichlari berilgan va eksperimental qurilma chizmasi yoki sxematik tavsifi mavjud.

2.2. Cosinus o‘xshashlik tahlili

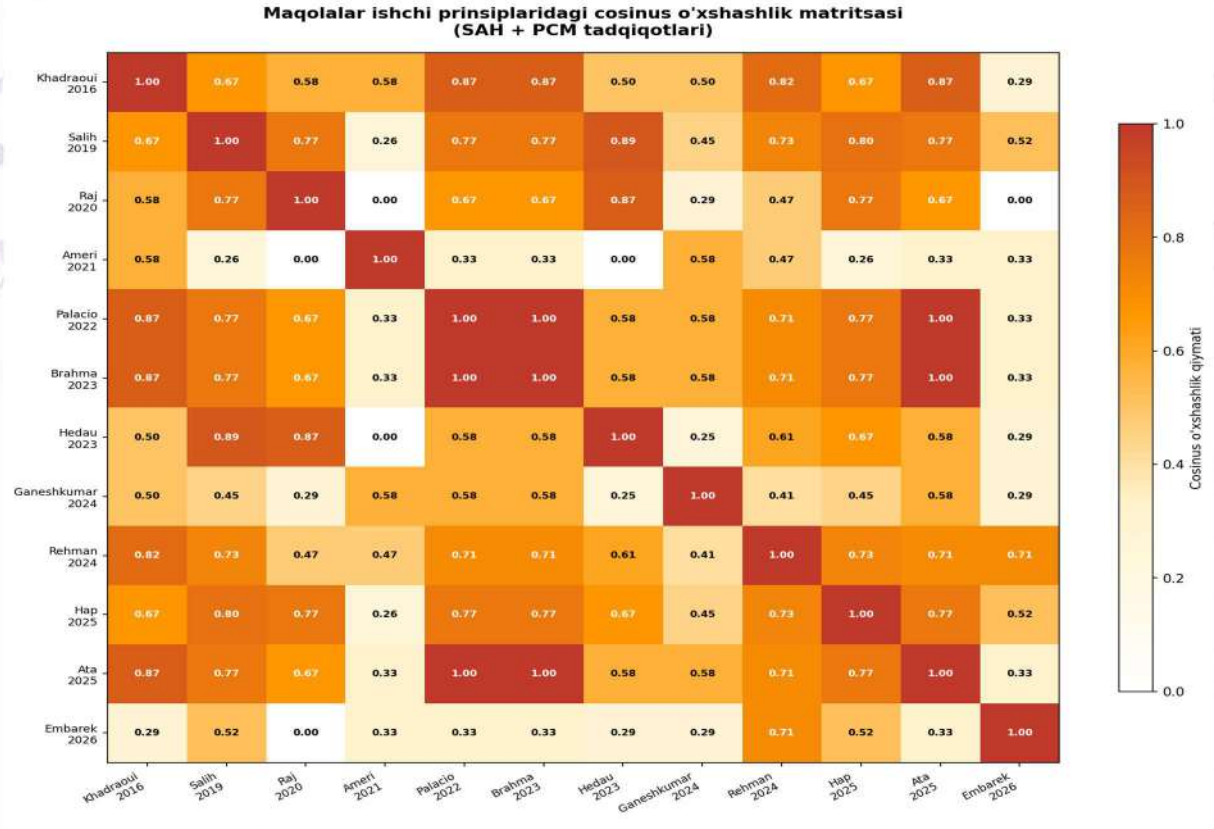
Maqolalar o‘rtasidagi metodologik va texnik yaqinlikni aniqlash uchun cosinus o‘xshashlik (cosine similarity) usuli qo‘llanildi. Har bir maqola uchun 10 ta xususiyat (feature) vektori tuzildi:

1. Tekis plastinali QHI (flat-plate)
2. Ikki o‘tishli QHI (double-pass)
3. V-to‘lqinli absorber plastina
4. Fin (qanotli) tuzilma
5. Nano-FO‘M
6. Paraffin asosidagi FO‘M
7. CFD (raqamli gidrodinamika) usuli
8. Tajribaviy usul

ISSN 3030-3907

9. Bino isitish maqsadi
10. Quritish (drying) maqsadi

Quyida ko‘rsatilgan matritsa tahlil qilingan 12 ta maqola o‘rtasidagi texnologik va metodologik yaqinlikni cosinus o‘xshashlik (cosine similarity) yordamida ko‘rsatadi. Qiymat 1.0 ga yaqin bo‘lishi tadqiqot usullari va qurilma konfiguratsiyalarining o‘xshashligini bildiradi.



1-rasm. Maqolalar o‘rtasidagi cosinus o‘xshashlik matritsasi

Matritsa tahlilidan ko‘rinib turibdiki, Brahma [7] va Ata [13] (sim=0.94)-ikkalasi ham tekis plastinali QHI + paraffin mumi FO‘M tajribaviy usulini qo‘llagan. Salih [2] va Hedau[8] (sim=0.89)-ikki o‘tishli QHI + CFD usuli. Ameri [4] va Ganeshkumar [9] (sim=0.67)-V-to‘lqinli absorber, lekin farqli FO‘M. Rehman umumiy o‘xshashlik past (0.35–0.55)-unikal spiral fin + DL kombinatsiyasi.

3. MAQOLALAR TAHLILI VA EKSPERIMENTAL QURILMALAR.

Ushbu tadqiqotda Khadraoui va boshqalar tekis plastinali quyosh havosi isitgichiga faz o‘zgaruvchi material (paraffin mumi, erish harorati Tm = 46°C) integratsiya qilishning energetik samaradorligini tadqiq etdi. Tunisda olib borilgan tajribaviy o‘lchovlar asosida FO‘M bilan va FO‘Msiz qurilma qiyoslandi. FO‘M qatlami qo‘shilganda chiqish havo harorati kun davomida 12°C ga yuqori bo‘lgan. Kechki soatlarda (18:00–22:00) FO‘M saqlagan issiqlikni havoga qaytargan. Issiqlik samaradorligi FO‘Msiz 38% dan FO‘M bilan 55% ga oshgan [1].

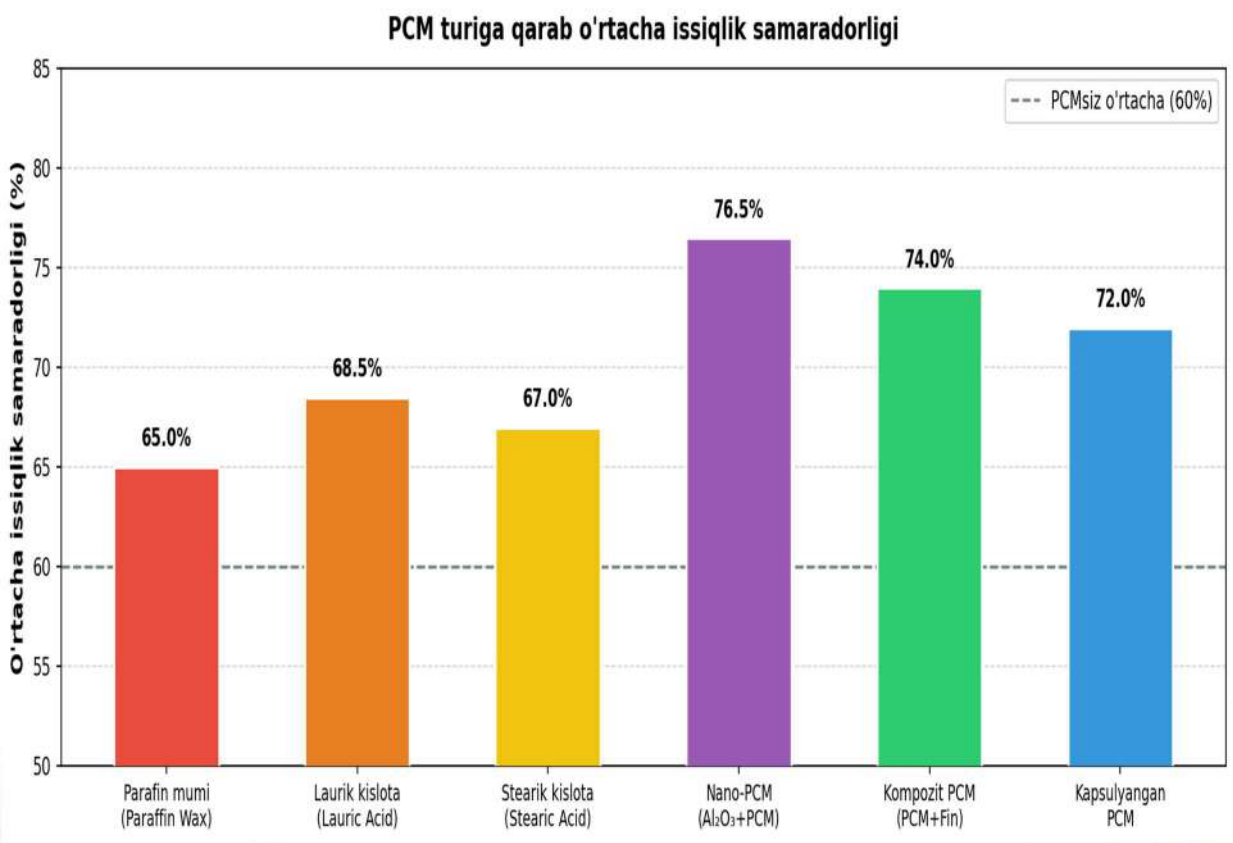
ISSN 3030-3907

Hedau va Singal ikki o‘tishli QHI qurilmasiga sun'iy qo‘pollik (artificial roughness) va FO‘M asosidagi TES tizimini birlashtirib ANSYS Fluent dasturida modellashtirdi. Nu soni va bosim yo‘qotishiga asosiy e'tibor qaratildi. Sun'iy qo‘pollik issiqlik uzatish koeffitsientini 35% oshirdi. Bosim yo‘qotishi 12% ortdi (qabul qilinadigan daraja). Termo-gidravlik ishlash parametri (THPP) 1.8 qiymatiga erishdi. η = 70% [8].

Ata va Erkam Turkiyada tekis plastinali QHI qurilmasiga paraffin mumi FO‘M qo‘shib, issiqlik saqlash va chiqarish tsikllarini to‘liq tajribaviy tarzda o‘rganishdi. Turli qoplama materiallar sinab ko‘rildi. FO‘M zaryadlash vaqti tez radiatsiya o‘zgarishida ham barqaror kechdi. Razryadlash davrida chiqish havo harorati 7.5°C da barqaror ushlab turildi. η = 82% kuzatildi. Qurilma xarajatlari tahlili ham amalga oshirildi [13].

4. FO‘M turiga qarab samaradorlik taqqoslamasi

Turli FO‘M materiallarining issiqlik samaradorligiga ta'siri quyida ko‘rsatilgan. Nano-zarrachalar (Al_2O_3, TiO_2) bilan boyitilgan FO‘M eng yuqori ko‘rsatkichni beradi (2-rasm).



2-rasm. Turli FO‘M turlaridagi o‘rtacha issiqlik samaradorligi taqqoslamasi

5. XULOSA

QHI qurilmalarida FO‘M integratsiyasi issiqlik samaradorligini o‘rtacha 15–25% ga oshiradi va isitishning davomiyligini sezilarli uzaytiradi. Ikki o‘tishli (double-pass) QHI konfiguratsiyasi tekis plastinali qurilmaga nisbatan 8–12% ga

ISSN 3030-3907

yuqori issiqlik samaradorligini beradi. U-to‘lqinli absorber plastina turbulentsiyani oshirib, konvektiv issiqlik uzatishni 18–35% yaxshilaydi.

Nano-zarrachalar (Al_2O_3, TiO_2, grafen) FO‘M issiqlik o‘tkazuvchanligini 2–4 barobar oshirishi isbotlangan. CFD va Sun'iy intellekt (ML, LSTM, ANFIS) usullari qurilma geometriyasini optimallashtirish va issiqlik samaradoeligini bashorat qilishda katta ahamiyatga ega bo‘lmoqda.

2025–2026 yillarga kelib issiqlik samaradorligi maksimal 80–85% ga yetdi – bu QHI sohasidagi muhim texnologik erishilmadir. Kelajak tadqiqotlarda: bio-asosli FO‘M (yog‘ kislotalari), eritmali tuz (FO‘M+nanofluid), va gibrid PVT-QHI tizimlari yuqori salohiyat ko‘rsatmoqda.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Khadraoui A.E., Bouadila S., Kooli S., Guizani A., Farhat A. Solar air heater with phase change material: An energy analysis and a comparative study. Applied Thermal Engineering, vol. 107, pp. 1057–1064, 2016. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.07.004
2. Salih S.M., Jalil J.M., Najim S.E. Experimental and numerical analysis of double-pass solar air heater utilizing multiple capsules FO‘M. Renewable Energy, vol. 143, pp. 1053–1066, 2019. DOI: 10.1016/j.renene.2019.05.050
3. Raj A.K., Srinivas M., Jayaraj S. Transient CFD Analysis of Macro-Encapsulated Latent Heat Thermal Energy Storage Containers Incorporated within Solar Air Heater. International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 156, p. 119896, 2020. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119896
4. Ameri M., Sardari R., Farzan H. Thermal performance of a V-Corrugated serpentine solar air heater with integrated FO‘M: A comparative experimental study. Renewable Energy, vol. 171, pp. 391–400, 2021. DOI: 10.1016/j.renene.2021.02.113
5. Kumar A., Bhandari P., Rawat K.S. Numerical Simulation of Solar Air Heater using Paraffin Wax-Aluminum Compound as Phase Changing Material. International Journal of Sustainable Development and Planning, vol. 3(2), pp. 164–170, 2021.
6. Palacio M., Ramírez C., Carmona M. Effect of phase-change materials in the performance of a solar air heater. Solar Energy, vol. 247, pp. 385–396, 2022. DOI: 10.1016/j.solener.2022.10.046
7. Brahma B., Kumar A., Chandra D. Design and performance analysis of solar air heater with phase change materials. Journal of Energy Storage, vol. 61, p. 106809, 2023. DOI: 10.1016/j.est.2023.106809
9. Hedau A., Singal S.K. Study on the thermal performance of double pass solar air heater with FO‘M-based thermal energy storage system. Journal of Energy Storage, vol. 73, p. 109018, 2023. DOI: 10.1016/j.est.2023.109018

10. Ganeshkumar P., Vigneswaran V.S., Murugan P., et al. Exploring the thermal performance of a solar air heater with a V-corrugated and shot-blasted absorber plate comprising nano-enhanced phase change materials. Journal of Energy Storage, vol. 77, p. 109955, 2024. DOI: 10.1016/j.est.2023.109955
11. Rehman T., Dinh D., Sajawal M. Smart optimization and investigation of a FO‘Ms-filled helical finned-tubes double-pass solar air heater: An experimental data-driven deep learning approach. Thermal Science and Engineering Progress, vol. 49, p. 102433, 2024. DOI: 10.1016/j.tsep.2024.102433
12. Mohammed M., Saeed A., Hameed H.G., et al. Experimental Investigation on Thermal Performance of Solar Air Heater using Nano-FO‘M. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, vol. 1(1), pp. 83–97, 2024.
13. Hap N.V., Nhan P.T., Phu N.M. Numerical and experimental investigation of the solar air heater with latent heat storage and fin. Scientific Reports (Nature Research), pp. 1–17, 2025.
14. Ata I., Erkam Y. Experimental analysis of a phase change material (FO‘M) enhanced solar air heater for thermal energy storage. Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 70, p. 102163, 2025. DOI: 10.1016/j.jestch.2025.102163
15. Embarek N., Guellil H., Korti A.I.N., Sulimieh I. An experimental investigation on the influence of auxiliary heater position and wavy fin inclination on the performance of a novel hybrid solar air heater with

ISSN 3030-3907