

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

№3

2026
MART



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google
Scholar

OPEN ACCESS

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Academic
Resource
Index
ResearchBib

ISSN
INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

CYBERLENINKA

OpenAIRE

ROAD

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

BASE

Crossref

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, mart.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afarovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Botirali Roxataliyevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellash
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK

Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

KORXONALARDA ICHKI AUDIT TIZIMINING BOSHQARUV QARORLARI QABUL QILISHDAGI O'RNI	24
Mexmonaliyev Ulug'bek Erkinjon o'g'li	
FISKAL SIYOSAT SAMARADORLIGI VA SOLIQ TUSHUMLARI DINAMIKASI: O'ZBEKISTON MISOLIDA ILMIY TAHLIL	30
Abduraimova Nigora Abdugapparovna	
YASHIRIN IQTISODIYOTNI KELITIRIB CHIQARUVCHI ASOSIY OMILLAR HAMDA IQTISODIYOTGA TA'SIRI	37
Toxtabayev Oybek Odilovich	
QISHLOQ XO'JALIGI OZIQ-OVQAT SANOATI KORXONALARIDA ZAMONAVIY BOSHQARUV	42
Rasulova Muxabbat Teshabayevna, Normurodov Sarvar Norboy o'g'li	
O'ZBEKISTON GLOBAL-IQTISODIY RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISHDA RAQAMLI IQTISODIYOTNING O'RNI	48
Kuvatova Oliya Sheraliyevna	
QURILISH SANOATIDA KICHIK BIZNES SUBYEKTLARINING IQTISODIY MOHIYATI VA ULARNI KAPITAL BOZORI INSTRUMENTLARI ORQALI MOLİYALASHTIRISH IMKONIYATLARI.....	54
Igitov Jurabek Kuzibekovich	
IQTISODIY ISLOHOTLAR DAVRIDA TIJORAT BANKLARINING INVESTITSIYA FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISHNING OMILLARI	61
Yangiboyev F.B.	
TIJORAT BANKLARIDA MUAMMOLI KREDITLARNI ERTA ANIQLASH VA BOSHQARISHNING INTEGRATSIYALASHGAN RISK-INDEKS MODELİ	68
Kalandarov Abdulla Baxtiyorovich, Rajabov Shoxrux Suvon o'g'li	
RUX VA QO'RG'OSHINNI SELEKTIV AJRATIB OLISHNI KOMBINATSIYALASH TEXNOLOGIYASI VA NAZARIYASI.....	74
Eshonqulov Uchqun Xudaynazar o'g'li, Haqberdiyev Dilshod Qodir o'g'li	
UY-JOY QURILISHI HAJMINI UZOQ MUDDATLI PROGNOZLASHDA EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH	81
Qidirniyazov Ajiniyaz Sherniyazovich	
O'ZBEKISTONDA BOG'DORCHILIKNI RIVOJLANTIRISHDA IQLIM VA TABIIY OFATLAR NATIJASIDA YETKAZILDAN TALOFATLARNI DAVLAT TOMONIDAN KOMPENSATSIYA QILISH MEKANIZMI.....	85
Sattorov Orifjon Boymurodovich	
AHOLI MOLİYAVIY SAVODXONLIGINI OSHIRISH ORQALI YASHIRIN IQTISODIYOTNI QISQARTIRISH MEKANIZMLARI.....	90
Abdug'aniyev Uchqun Habibulla o'g'li	
O'ZBEKISTON QURILISH SANOATIDA KICHIK BIZNES SUBYEKTLARINING RIVOJLANISH DINAMIKASI VA TENDENSIYALARI	96
Musaeva Aynura Abayxolievna	
THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF SOCIAL INFRASTRUCTURE TRANSFORMATION IN THE CONTEMPORARY ENVIRONMENT.....	104
Normurodov Khusan Eshmakmatovich	
AKSIYADORLIK JAMIYATLARINING INVESTITSION FAOLLIGINI BAHOLASH YO'LLARI	108
Begamov S.X.	
DEBITORLIK QARZLARINING STRATEGIK BOSHQARUV HISOBINI TASHKIL QILISH YO'NALISHLARI	112
Normatova Gulmira Xayrullaevna	



SOLIQLARNI PROGNOZLASH METODOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH AMALIYOTI TAHLILI.....	118
Ergashov Jamshid Ashurovich	
MEHNAT XARAJATLARI HISOB: NAZARIY ASOSLAR, USULLAR VA BOSHQARUVDA AHAMIYATI.....	126
Tulyaganov Abdumalik Abdiraximovich	
KORPORATIV XIZMATLARNING BANK FOYDASIGA TA'SIRI: KOMISSION VA FOIZLI DAROMADLAR TAHLILI	131
Qurbonov Abror Abdullayevich	
TIJORAT BANKLARIDA MUAMMOLI KREDITLARNI BOSHQARISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISHNING INSTITUTSIONAL VA TASHKILY MEXANIZMLARI	136
Djamalov G'ofir Oribjanovich	
OCHIQLIK INDEKSI VA KORRUPSIYAGA QARSHI KURASH SAMARADORLIGI: O'ZBEKISTON TAJRIBASINING INSTITUTSIONAL TAHLILI	144
Dilshod Pulatov, Uchqun Abdug'aniyev	
DUNYO SUG'URTA KOMPANIYALARINING MOLIVAVIY HOLATI VA NATIJALARI TAHLILI	153
Alimov Baxodir Batirovich	
QISHLOQ HUDUDLARIDA XIZMAT KO'RSATISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH IMKONIYATLARI.....	160
Yuldashova Nilufar Ziyabayevna	
QURILISH TASHKILOTLARIDA BOSHQARUV SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING INNOVATSION USULLARI	164
Muxibova Guli Yarkinovna, Sharifxodjayeva Odina Ulug'bek qizi	
AXBOROT-RESURS MARKAZLARINING TA'LIM JARAYONIGA TA'SIRINI BAHOLASH	168
Pirmedova Xayitgul Muxammedovna	
IJTIMOY HIMOYA QAMROVINI KENGAYTIRISH MEXANIZMLARI: XALQARO TAJRIBA VA INSTITUSIONAL YONDASHUVLAR	173
Bafoyev Farrux Jo'raqulovich	
KORXONALARDA AI-DRIVEN "DECISION SUPPORT SYSTEMS" (DSS)NI JORIY ETISHNING KONSEPTUAL ASOSLARI	181
Mardanova Ra'no	
STRENGTHENING THE FINANCING OF FAMILY-OWNED ENTERPRISES IN UZBEKISTAN THROUGH BANK CREDIT	186
Baymurotova Zina Aqilbekovna, Ibadullaeva Asal Ulugbek qizi	
SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA DAVLAT BOSHQARUV TIZIMLARINI RAQAMLASHTIRISH	192
Aytmuratov Qutlimurat Jalgasovich	
ATTRACTING INVESTMENTS FROM FINANCIAL MARKETS AND FACTORS INFLUENCING THE INCREASE OF THEIR ATTRACTIVENESS	196
Kholov Sherali Akhrorboyevich	
MARKAZIY OSIYODA TRANSCHEGARAVIY SUV RESURSLARINI BOSHQARISH VA ADOLATLI TAQSIMLASHNING NAZARIY-HUQUQIY ASOSLARI.....	200
Matkarimov Mansur	
XALQARO XIZMATLAR SAVDOSIDA TIBBIY TURIZMNING IQTISODIY AHAMIYATI.....	206
Farxodova Shohnova Umidbek qizi	
BANK XIZMATLARI SIFATINI BAHOLASHNING KO'P OMILLI INDIKATORLARI TIZIMI	213
Ibroximov Iloxomjon Shavkatjon o'g'li	
SANOAT KORXONALARINI IQTISODIY FAOLIYATINI OPTIMALLASHTIRISH YO'LLARI	219
Tillayeva Barno Ramiziddinova	
NOTIJORAT TASHKILOTLAR FAOLIYATIDA AUDITORLIK TEKSHIRUVI VA AUDITORLIK HISOBOTLARINING O'ZIGA XOSLIGI	224
Xolmirmayev Ulug'bek Abdulazizovich, Ubaydullayev Toxirjon Abdullajanovich	



ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ РЕИНТЕГРАЦИИ ВОЗВРАЩАЮЩИХСЯ ТРУДОВЫХ МИГРАНТОВ: МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ КЫРГЫЗСТАНА.....	230
<i>Амантурова Дилбара Кыдыкбековна</i>	
РОЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ЛЕКСИКИ В ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКЕ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ.....	237
<i>Асрарова М.У.</i>	
О СКОРИНГОВЫХ МЕТОДАХ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ДОХОДНОСТИ АКЦИЙ УЗБЕКСКИХ ЭМИТЕНТОВ.....	242
<i>Ирмухамедова Муслима Дилшодовна</i>	
UY-JOY QURILISHIDA ESKROU MEXANIZMLARINI JORIY ETISH ORQALI INVESTITSION XAVFSIZLIK VA MOLIVAVIY SHAFFOFLIKNI TA'MINLASH	247
<i>Karimov Inomjon Ortikbaevich</i>	
YASHIL IQTISODIYOT SHAROITIDA KICHIK BIZNESNING RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISH MASALALARI	254
<i>Kamoliddinov Ilhomjon Muxammadjonovich, Kobilov Murod Vakkosovich</i>	
TIJORAT BANKLARI RAQOBATBARDOSHLIGINING MOLIVAVIY BARQARORLIK KO'RSATKICHLARIGA TA'SIRINI BAHOLASH.....	259
<i>Axmedov Toxirjon Xasanjon o'g'li</i>	
SANOAT KORXONALARI IQTISODIY XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHDA ENERGETIKA VA ISHLAB CHIQARISH SALOHİYATINING ROLI	264
<i>Tursunxo'jayev Sardor Jamoliddin o'g'li</i>	
TIJORAT BANKLARIDA KOMPLAENS-NAZORAT TIZIMI ORQALI RISKLARNI SAMARALI BOSHQARISH	270
<i>Fayziyev Sherzod Djunaydilloyevich</i>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ БАНКОВСКИМИ РИСКАМИ И СТРАХОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ДИСТАНЦИОННОГО БАНКИНГА В ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	275
<i>Бахтиёров Худайберган Хамдам угли</i>	
DOIMIY BO'LMAGAN KUCH TA'SIRIDA DEFORMATSIYALANUVCHAN STANDART CHIZIQLI QATTIQ MODEL ISHLAB CHIQISH VA SONLI TAHLIL QILISH.....	282
<i>Ahmadov Ilhom Aktam o'g'li, Isomova Sabohat Islom qizi</i>	
YOUTH ENTREPRENEURSHIP AS A FACTOR OF STRUCTURAL ECONOMIC TRANSFORMATION IN UZBEKISTAN.....	290
<i>Isakjanova Saboxat Muhamedovna</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ САМОВОЗБУЖДЕНИЕ НЕЯВНОПОЛЮСНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ.....	298
<i>Пирматов Нурали Бердиёрович, Бекишев Аллаберген Ергашевич, Бердиёров Улугбек Нурали угли, Бердиёров Улмасбек Нурали угли</i>	
YURTIMIZDAGI EKOLOGIK SOF YOG'OCH MATERIALLARIDAN TAYYORLANGAN ORAYOMA KONSTRUKSIYALARINING CHO'ZILISHGA QARSHILIGI	305
<i>Yunusaliyev Elmurod Muhammadyaqubovich, Toshpulatov Ilhomjon Baxtiyorovich</i>	
AYDAR-ARNASOY KO'LLAR TIZIMINING SHAKLLANISH BOSQICHLARI VA ZAMONAVIY EKOLOGIK MUAMMOLARI.....	311
<i>Aminov Hamza Husanovich, Madrimov Rajabboy Masharipovich, Xamdullayeva Aziza Baxtiyor qizi</i>	
EXPLAINABLE AI YORDAMIDA SOC UCHUN TUSHUNTIRILADIGAN KIBERXAVF ANIQLASH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH	318
<i>N.N. Jo'rayev, A.Sh. Juraboyev</i>	
QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULLARINI SUV YORDAMIDA TOZALASH VA SOVITISH USULLARI TAHLILI	324
<i>Ibragimov Umidjon Hikmatullayevich, Qodirov Jobir Ro'zimatovich, Izomov Shahzod Niyoz o'g'li, To'yumurodov Quvonchbek Sherzod o'g'li</i>	



QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULLARINI SUV YORDAMIDA TOZALASH VA SOVITISH USULLARI TAHLILI

Ibragimov Umidjon Hikmatullayevich

Qarshi davlat texnika universiteti,
Energetika muhandisligi kafedrası professori, t.f.d (DSc)
E-mail: ibragimov_u@rambler.ru

Qodirov Jobir Ro'zimamatovich

Buxoro davlat universiteti,
Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari
va elektronika kafedrası dotsenti
E-mail: qodirov.jobir@mail.ru
ORCID: 0000-0003-4596-405X

Izomov Shahzod Niyoz o'g'li

Buxoro davlat universiteti,
Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari
va elektronika kafedrası doktoranti
E-mail: buxorodavlatuniversiteti5@gmail.com

To'ymurodov Quvonchbek Sherzod o'g'li

Buxoro davlat universiteti,
Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari
va elektronika magistranti

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot fotoelektrik panellar (PV) samaradorligiga atrof-muhit omillari, xususan harorat va chang to'planishining ta'sirini tahlil qilishga bag'ishlangan. Tadqiqot natijalari PV modullarining ish haroratining ortishi hamda ularning yuzasida chang va iflosliklarning to'planishi elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada kamaytirishini ko'rsatadi. Shu sababli PV panellarini samarali tozalash va sovitish texnologiyalarini qo'llash energiya ishlab chiqarish jarayonining barqarorligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot doirasida suv asosidagi tozalash va sovitish tizimlari, jumladan purkagichli sovitish, impulsli sovitish, suv plyonkasi orqali sovitish hamda nano-suyuqliklar yordamida sovitish texnologiyalarining samaradorligi tahlil qilindi. Natijalar suv yordamida sovitish PV haroratini sezilarli darajada pasaytirib, elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini taxminan 10-30 % gacha oshirishi mumkinligini ko'rsatadi. Shuningdek, shamol va yog'ingarchilikka asoslangan tabiiy tozalash usullari ham o'rganilib, ularning quruq va changli hududlarda qo'llanish samaradorligi nisbatan cheklanganligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari suv resurslaridan tejamkor foydalanishga asoslangan innovatsion sovitish va tozalash texnologiyalarini ishlab chiqish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: fotoelektrik panellar, quyosh energiyasi, PV sovitish texnologiyalari, suv purkagichli sovitish, chang to'planishi, energiya samaradorligi, faol va passiv sovitish, tabiiy tozalash usullari, nano-suyuqliklar, quyosh panellarini tozalash.

Abstract. This study examines the influence of environmental factors, particularly temperature increase and dust accumulation, on the efficiency of photovoltaic (PV) panels. The results indicate that rising operating temperatures and the accumulation of dust and pollutants on the surface of PV modules significantly reduce electricity generation efficiency. Therefore, the implementation of effective cleaning and cooling technologies plays an important role in ensuring the stable performance of solar energy systems. The study analyzes water-based cleaning and cooling methods, including spray cooling, pulsed cooling, water-film cooling, and nanofluid-based cooling technologies. The findings demonstrate that water-assisted cooling can significantly reduce the operating temperature of PV modules and increase electricity generation efficiency by approximately 10-30 %. In addition, natural cleaning methods based on wind and precipitation were analyzed, revealing that their effectiveness may be relatively limited in dry and dusty regions. The results highlight the importance of developing innovative cooling and cleaning technologies based on efficient water use for improving PV system performance.

Keywords: photovoltaic panels, solar energy, PV cooling technologies, spray water cooling, dust accumulation, energy efficiency, active and passive cooling, natural cleaning methods, nanofluids, solar panel cleaning.



Аннотация. Данное исследование посвящено анализу влияния факторов окружающей среды, в частности повышения температуры и накопления пыли, на эффективность фотоэлектрических панелей (PV). Результаты исследования показывают, что увеличение рабочей температуры модулей и накопление пыли и загрязнений на их поверхности существенно снижают эффективность выработки электрической энергии. В связи с этим применение эффективных технологий очистки и охлаждения PV-панелей играет важную роль в обеспечении стабильной работы солнечных энергетических систем. В работе рассмотрены водооснованные методы очистки и охлаждения, включая распылительное охлаждение, импульсное охлаждение, охлаждение водяной плёнкой и технологии охлаждения с использованием наножидкостей. Результаты показывают, что водяное охлаждение может существенно снизить рабочую температуру PV-модулей и повысить эффективность выработки электроэнергии примерно на 10-30 %. Также были проанализированы естественные методы очистки, основанные на воздействии ветра и осадков, эффективность которых в засушливых и пыльных регионах может быть ограниченной. Полученные результаты подтверждают важность разработки инновационных технологий очистки и охлаждения с рациональным использованием водных ресурсов.

Ключевые слова: фотоэлектрические панели, солнечная энергия, технологии охлаждения PV, водяное распылительное охлаждение, накопление пыли, энергетическая эффективность, активное и пассивное охлаждение, естественные методы очистки, наножидкости, очистка солнечных панелей.

KIRISH

Hozirgi kundagi ilmiy tadqiqotlar fotoelektrik panellar (PV) samaradorligi asosan ularning ish harorati hamda sirtining tozalik darajasiga bog'liqligini ko'rsatmoqda. Yuqori harorat fotoelektrik konversiya samaradorligini pasaytiradi, PV yuzasida chang va turli iflosliklarning to'planishi esa quyosh nurlanishining panel yuzasiga yetib borishini cheklab, elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmini kamaytiradi. Shu sababli PV panellarini bir vaqtning o'zida tozalash va sovitish imkonini beruvchi suvga asoslangan texnologiyalar energiya yo'qotishlarini kamaytirishda istiqbolli yechim sifatida qaraladi.

Bunday texnologiyalar nafaqat PV panellarining optik o'tkazuvchanligini tiklashga, balki ularning ish haroratini pasaytirish orqali umumiy energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. PV modullarining ishlash samaradorligi chang to'planishi va atmosfera ifloslanishi kabi atrof-muhit omillariga sezilarli darajada bog'liq. Ilmiy tadqiqotlarga ko'ra, ushbu omillar hududdagi chang sharoitiga qarab elektr energiyasi ishlab chiqarish quvvatini 30-40 % gacha kamaytirishi mumkin [1].

PV panellarini tozalash usullari asosan ikki asosiy toifaga — faol va passiv tozalash tizimlariga bo'linadi. Har bir yondashuv o'ziga xos ishlash mexanizmi bilan tavsiflanib, samaradorlik darajasi hamda ekspluatatsiya xususiyatlari jihatidan bir-biridan farqlanadi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Fotoelektrik panellarning (PV) samaradorligiga tashqi muhit omillarining ta'siri ko'plab ilmiy tadqiqotlarda keng o'rganilgan. Xususan, chang to'planishi va haroratning ortishi PV modullarining elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada kamaytirishi aniqlangan. Almukhtar va hamkorlari PV yuzasida chang yig'ilishi optik o'tkazuvchanlikni kamaytirib, energiya ishlab chiqarish jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatishini ta'kidlaydilar [1]. Kazem va boshqalar esa quyosh panellarida chang to'planishining oldini olish hamda ularni samarali tozalash usullarini tizimli ravishda tahlil qilib, suv asosidagi tozalash texnologiyalari amaliy jihatdan eng samarali usullardan biri ekanini qayd etganlar [2].

PV panellarini suv yordamida tozalash va sovitish texnologiyalarining samaradorligi tajribaviy tadqiqotlarda ham tasdiqlangan. Moharram va hamkorlari suv hamda sirt faol moddalar yordamida amalga oshirilgan tozalash jarayoni PV modullarining samaradorligini sezilarli darajada yaxshilashini ko'rsatganlar [3]. Elnozahy va hamkorlari issiq va quruq iqlim sharoitida suv purkash orqali sovitish PV modullarining ish haroratini pasaytirib, ularning energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirishini aniqlaganlar [4]. Nizetic va boshqalar tomonidan o'tkazilgan tajribalar natijalariga ko'ra, suv purkash orqali sovitish texnologiyasi PV modullarining elektr samaradorligini 14 % dan ortiq oshirishi mumkinligi qayd etilgan [13].

Shuningdek, zamonaviy tadqiqotlarda nano-suyuqliklar va suv plyonkasi orqali sovitish kabi innovatsion texnologiyalar ham faol o'rganilmoqda. Rostami va hamkorlari nano-suyuqliklardan foydalanish PV modullarining sovitish samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini berishini aniqlaganlar [14]. Umuman olganda, mavjud ilmiy tadqiqotlar PV modullarini tozalash va sovitish texnologiyalarini qo'llash ularning barqaror ishlashini ta'minlash hamda elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanini ko'rsatadi.

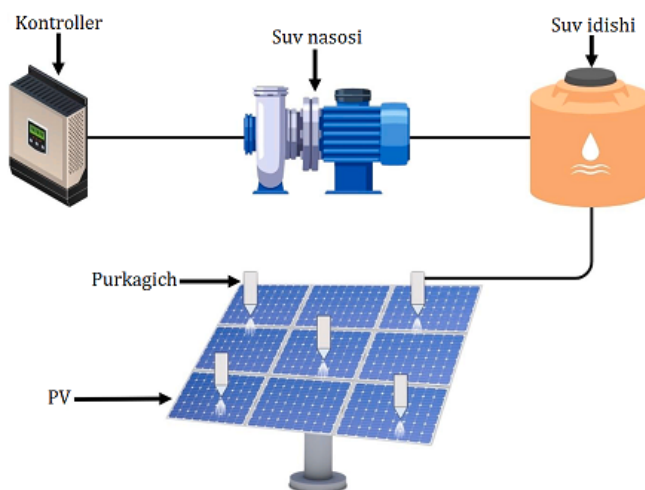
TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda fotoelektrik panellarni (PV) suv yordamida tozalash va sovitish usullarining samaradorligini baholash maqsadida tahliliy hamda qiyosiy ilmiy yondashuvlardan foydalanildi. Tadqiqot jarayonida fotoelektrik modullarning ishlash samaradorligiga harorat va chang to'planishining ta'siri bo'yicha mavjud ilmiy adabiyotlar tizimli ravishda o'rganildi va umumlashtirildi. Shuningdek, suv purkagichli sovitish, suv plyonkasi orqali sovitish, impulsli purkash hamda nano-suyuqliklar asosidagi sovitish texnologiyalari qiyosiy tahlil qilindi.

Tadqiqot davomida turli mualliflar tomonidan o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari hamda nazariy modellar asosida PV modullarining ish harorati, elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligi va sovitish tizimlarining texnik xususiyatlari baholandi. Olingan ma'lumotlar asosida suvga asoslangan sovitish va tozalash texnologiyalarining samaradorligi hamda ularning amaliy qo'llash imkoniyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilindi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Heliotex tozalash tizimi (HCS) fotoelektrik panellar (PV) yuzasiga o'rnatilgan purkagichlar orqali ishlaydigan avtomatlashtirilgan tozalash tizimi hisoblanadi. Ushbu tizim o'n donadan bir necha mingtagacha bo'lgan turli hajmdagi PV massivlariga moslashtirilishi mumkin. Tizimning nazorat qurilmasi ishlashi uchun 110 V kuchlanishdagi o'zgaruvchan tok manbaiga ulanish talab etiladi. Suv esa qulay joylashgan suv manбайдan olinib, maxsus quvurlar va purkagichlar orqali PV panellari yuzasiga yetkazib beriladi [2] (1-rasm).



1-rasm. Heliotex tozalash tizimi

Heliotex tozalash usuli fotoelektrik panellar (PV) yuzasiga suv purkashga asoslangan bo'lib, tozalash rejimini atrof-muhit sharoitlariga mos ravishda dasturlash imkonini beradi. Tizim odatda murakkab texnik xizmatni talab qilmaydi: faqat qum yoki boshqa zarrachalar sababli tiqilib qolgan holatlarda suv filtri almashtiriladi hamda zarurat tug'ilganda tozalovchi eritma qo'shiladi. Nasoslar quvurlar orqali suv rezervuariga ulanadi va purkagichlar yordamida suv PV panellari yuzasiga yetkazib beriladi. Mazkur tizim suv resurslari yetarli bo'lgan hududlarda samarali qo'llanilishi mumkin, chunki tozalash jarayonida nisbatan katta miqdorda suv sarflanadi. Suv shlang orqali nasosga uzatiladi va undan purkagichlar orqali panel yuzasiga yetkaziladi, bunda mexanik ishqalanish yuzaga kelmaydi.

Nam usulda tozalash PV modullarining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi, biroq bunday tizimlar suv sarfi yuqoriligi va nasos kabi qo'shimcha uskunalarga ehtiyoj mavjudligi bilan tavsiflanadi. Zamonaviy tizimlarda suv ba'zan maxsus tozalovchi moddalar bilan aralashtirilib, chang va iflosliklarni yanada samarali olib tashlash imkonini beradi. Bundan tashqari, suv PV modullarini sovitishda ham muhim rol o'ynaydi, bu jarayon ma'lum darajada yomg'ir orqali sodir bo'ladigan tabiiy tozalash jarayoniga o'xshash hisoblanadi. Shu bilan birga, suv resurslari cheklangan hududlarda bunday usuldan foydalanish nisbatan murakkab bo'lishi mumkin. Katta suv sarfi, shuningdek PV modullarining chetlarida kimyoviy cho'kindilar paydo bo'lishi ehtimoli ham mavjud. Yuqori bosimli nasoslardan foydalanish PV modullari ishlab chiqargan energiya ning ma'lum qismini sarflashni talab qilishi mumkin, bu esa umumiy tizim samaradorligiga ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek, quvurlar tiqilib qolishi yoki shikastlanishi ehtimoli ham mavjud. Bundan tashqari, issiq panel yuzasiga sovuq suv tushishi natijasida termik zarba yuzaga kelishi mumkin, bu esa PV modullarining ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatishi ehtimolini oshiradi.



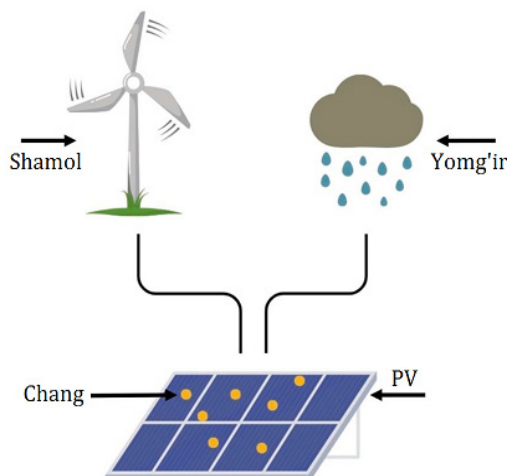
Moharram va hamkorlari [3] PV modullarini tozalash uchun suv va energiya sarfini kamaytirishga qaratilgan tizimni taklif etib, oddiy suvdan foydalanish hamda suvni sirt faol moddalar bilan aralashtirib qo'llash samaradorligini tajribaviy ravishda taqqoslaganlar. Taklif etilgan tizim siqilmagan suv oqimiga asoslangan bo'lib, tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, faqat suvdan foydalanilgan holatda 45 kun davomida PV modullarining samaradorligi 50 % gacha kamaygan. Biroq suvga ionli va kationli sirt faol moddalar qo'shilgan holatda, ayni tizim va bir xil ob-havo sharoitida samaradorlik nisbatan barqaror saqlanib qolgan. Mualliflar bunday aralashma Misr iqlim sharoitida qo'llash uchun maqsadga muvofiq ekanini ta'kidlaganlar.

Elnozahy va hamkorlari [4] issiq va quruq iqlim sharoitida PV modullarini suv yordamida tozalash va sovitishning ta'sirini tajribaviy jihatdan o'rganib, natijalarni sovitilmagan va tozalanmagan PV modullari bilan qiyoslaganlar. Tadqiqotda PV modulining orqa yuzasi haroratiga asoslangan avtomatik suv purkash tizimi qo'llanilgan. Ushbu tizim PV modullarining haroratini tashqi havo haroratiga yaqin darajagacha pasaytirgan va bir vaqtning o'zida ularning yuzasini tozalash imkonini bergan. Tajribalar natijasida PV modulining old yuzasi harorati 45,5 %, orqa yuzasi harorati esa 39 % ga kamaygani aniqlangan. Tadqiqot davomida tozalangan va sovutilgan PV modulining samaradorligi 11,7 % ni tashkil etgan bo'lsa, tozalanmagan va sovutilmagan modulda bu ko'rsatkich 9 % bo'lgan.

Jiang va hamkorlari [5] cho'l hududlarida PV modullarida chang to'planishi jarayoniga asoslanib, ularni tozalash chastotasini aniqlash uchun matematik model ishlab chiqqanlar. Mazkur model changning cho'kish tezligi hamda to'plangan chang zichligi bilan PV modullari samaradorligining pasayishi o'rtasidagi bog'liqlik asosida shakllantirilgan va amaliy o'lchov ma'lumotlari bilan tasdiqlangan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, o'rganilgan hudud sharoitida havodagi zarrachalar konsentratsiyasi taxminan 100 mg/m^3 bo'lganida va PV modullari ishlab chiqaradigan quvvat 5 % ga kamayganida, PV modullarini optimal tozalash oralig'i taxminan 20 kunni tashkil etishi aniqlangan.

Shamol va yog'ingarchilikka asoslangan tabiiy tozalash usullari PV modullarining yuzasini shamol va yomg'ir ta'siri orqali tozalashga asoslanadi. Yomg'ir suvi PV yuzasida to'plangan chang va ifloslantiruvchi zarrachalarni yuvib tushiradi, shamol esa yirik chang zarralarini uchirib ketishga yordam beradi [6]. Ushbu yondashuv, asosan, yog'ingarchilik tez-tez kuzatiladigan hamda shamol tezligi yuqori bo'lgan hududlar uchun mos keladi. So'nggi tadqiqotlar ushbu usul qirg'oqbo'yi hududlarida yoki tez-tez chang bo'ronlari kuzatiladigan cho'l hududlarida ham ma'lum darajada samarali bo'lishi mumkinligini ko'rsatgan [7]. Biroq yog'ingarchilik kam kuzatiladigan quruq va changli hududlarda ushbu usulning samaradorligi nisbatan cheklangan bo'lishi mumkin.

Tabiiy tozalash tizimlarida PV modullari shamol va namlikning birgalikdagi ta'siri ostida tozalanadi. Jarayon asosan gravitatsiya kuchi hamda shamol va yomg'irning mexanik ta'siri orqali iflosliklarning PV yuzasidan siljib tushishiga asoslanadi. Ayniqsa, yog'ingarchilik yetarli bo'lgan hududlarda yomg'ir suvi tabiiy yuvuvchi vosita vazifasini bajaradi. Panelning og'ish burchagi ushbu tozalash mexanizmining samaradorligida muhim rol o'ynaydi, chunki katta burchaklarda chang zarralari gravitatsiya ta'sirida osonroq sirpanib tushadi. Shu sababli, tadqiqotchilar yog'ingarchilik kam bo'lgan hududlarda tabiiy tozalash yetarli natija bermasligini hamda PV modullarini ma'lum davrlarda qo'shimcha ravishda tozalash zarurligini ta'kidlaydilar [8] (2-rasm).



2-rasm. Shamol va yomg'ir asosida tozalash sxemasi

Zorrilla-Casanova va hamkorlari [9] tomonidan olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, hatto 1 mm dan kam yog'ingarchilik ham chang bilan qoplangan fotoelektrik panellarni (PV) samarali tozalashi va ularning normal ishlash holatini tiklashi mumkin. Tadqiqot natijalari yomg'ir yog'ishi natijasida kunlik samaradorlik

yo'qotishlari 4,4 % dan past darajagacha kamayishini ko'rsatgan. Biroq quruq mavsumlarda yog'ingarchilik kuzatilmaydigan davrlarda chang to'planishi PV modullarining kunlik samaradorlik pasayishini 20 % dan yuqori darajaga yetkazishi mumkin.

Tanesab va hamkorlari [10] Avstraliyaning Pert shahri iqlim sharoitida PV modullarining samaradorligidagi mavsumiy o'zgarishlarni o'rganganlar. Tadqiqot natijalari yomg'ir va shamol ta'sirida tabiiy ravishda tozalanadigan PV modullarining samaradorligi yil davomida sezilarli darajada farqlanishini ko'rsatgan. Eng katta samaradorlik pasayishi yoz va bahor fasllari oxirida kuzatilgan bo'lsa, kuz faslining oxiridan boshlab samaradorlik ortib, qish faslining oxirida eng yuqori darajaga yetgani aniqlangan. Mualliflar yomg'ir chang to'planishini kamaytirishda arzon va samarali tabiiy tozalash usuli hisoblanishini ta'kidlaydilar.

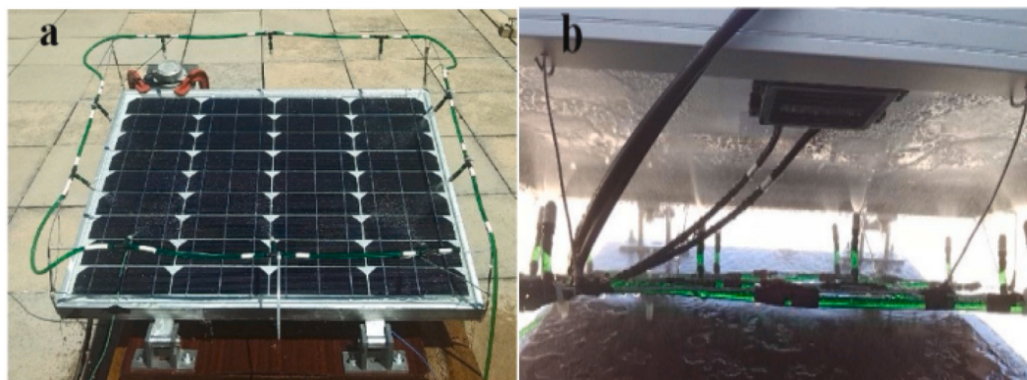
Paudyal va Shakya [11] Katmandu shahrida olib borilgan tadqiqotda chang to'planishining PV modullariga ta'sirini baholaganlar. Amaliy o'lchovlar natijalariga ko'ra, besh oy davomida to'plangan chang PV modullarining samaradorligini har kuni tozalangan panellarga nisbatan 29,76 % gacha kamaytirgan. Tadqiqot davomida eng katta chang zichligi panelning pastki qismida qayd etilgan bo'lib, uning miqdori 6711 g/m² gacha yetgani aniqlangan.

PV modullarining ish haroratini pasaytirish ularning elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning eng samarali usullaridan biri hisoblanadi. Ma'lumki, haroratning har 1 °C ga ortishi PV modullarining samaradorligini o'rtacha 0,4-0,65 % ga kamaytiradi, bu esa issiq iqlim sharoitida sezilarli energiya yo'qotishlariga olib kelishi mumkin. Shu sababli ushbu issiqlik yo'qotishlarini kamaytirish maqsadida PV modullarining haroratini ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilangan ish diapazonida ushlab turish va ortiqcha issiqlikni samarali olib tashlash uchun turli sovitish texnologiyalaridan foydalanish zarur. Shu maqsadda PV panellarining ishlash samaradorligini oshirish hamda ularning termik rejimini barqarorlashtirish uchun turli sovitish usullari qo'llanilmoqda [12].

PV modullarining ish haroratini pasaytirish uchun qo'llaniladigan sovitish texnologiyalari asosan ikki asosiy turga — faol va passiv sovitish tizimlariga bo'linadi. Faol sovitish tizimlari odatda nasoslar, ventilyatorlar yoki boshqa mexanik qurilmalar yordamida majburiy oqim hosil qilib, ortiqcha issiqlikni panel yuzasidan olib tashlaydi. Passiv sovitish tizimlarida esa issiqlik almashinuvi tabiiy konveksiya, issiqlik o'tkazuvchanlik yoki nurlanish jarayonlari orqali amalga oshiriladi. Faol sovitish usullari yuqori sovitish samaradorligini ta'minlashi bilan ajralib turadi, biroq ular tashqi energiya manbasiga ehtiyoj mavjudligi bilan tavsiflanadi. Bunday tizimlarda sovituvchi muhitni — suv, havo yoki nano-suyuqliklarni — harakatga keltirish uchun nasoslar, ventilyatorlar yoki havo puflagichlardan foydalaniladi [88]. Natijada panel yuzasidan ortiqcha issiqlik olib tashlanadi va energiya ishlab chiqarish samaradorligi barqaror saqlanadi.

Suv bilan sovitish PV modullarida qo'llaniladigan faol sovitish usullaridan biri bo'lib, unda suv sovituvchi muhit sifatida ishlatiladi hamda nasoslar, purkagichlar, quvurlar va boshqa qurilmalar yordamida aylantiriladi. Suv asosidagi sovitish usullaridan biri sifatida purkagichli sovitish texnologiyasi keng qo'llaniladi. Ushbu yondashuvda suv tomchilari PV yuzasiga yo'naltirilgan holda purkalib, ortiqcha issiqlikni samarali olib tashlashga yordam beradi hamda panel haroratini barqarorlashtiradi. Natijada PV modullarining ishlash ko'rsatkichlari yaxshilanadi. Bunday tizimning samaradorligi purkagich turi, quvur diametri, suv oqimi sarfi hamda sug'orish rejimiga — avtomatik, uzluksiz yoki impulsli purkash — bog'liq bo'ladi.

Faol bug'lanishli sovitish usullaridan biri sifatida panellar yuzasiga suv purkash texnologiyasi qo'llaniladi (3-rasm). Nizetic va hamkorlari [13] maksimal quyosh nurlanishi sharoitida PV modullarining old va orqa tomonlarini suv purkash orqali sovitish ta'sirini o'rganishgan. Tadqiqot natijalari elektr quvvati 16,3 % ga, elektr samaradorligi esa 14,1 % ga oshganini ko'rsatgan. Old va orqa tomon bir vaqtning o'zida sovitilganda modul harorati sovitilmagan holatdagi 54 °C dan 24 °C gacha pasaygan. Natijada elektr energiyasi ishlab chiqarish 17 % dan ortiq oshib, modul harorati taxminan 25 °C gacha kamaygani aniqlangan (3-rasm).



3-rasm. Suv purkagich yordamida sovitishning tajriba qurilmasi



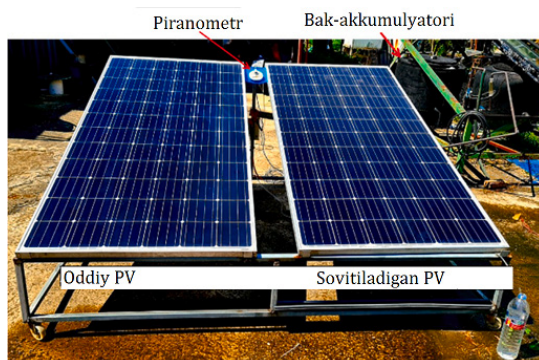
Rostami va hamkorlari [14] yuqori chastotali ultratovush tebranishlari yordamida fotoelektrik panellarning (PV) sovitish samaradorligini oshirish imkoniyatini tajribaviy jihatdan o'rganganlar. Issiqlik tashuvchi muhit sifatida atomizatsiyalangan CuO nano-suyuqlik (0,01-0,8 W/V) hamda sof suv qo'llanilgan. Tadqiqot natijalari ultratovush yordamida suyuqlikni mayda tomchilarga ajratish PV modullarining sovitish samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatgan. Atomizatsiyalangan nano-suyuqlik bilan sovitish sof suv bilan sovitishga nisbatan samaraliroq ekani aniqlangan. Bundan tashqari, nano-suyuqlik konsentratsiyasining ortishi PV modulining maksimal quvvati hamda sovitish samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatgan. Sovitish texnologiyasi qo'llanilmagan holat bilan solishtirganda, 0,8 W/V konsentratsiyadagi nano-suyuqlikni atomizatsiya qilish PV haroratini 57,25 % ga kamaytirib, maksimal quvvatni 51,1 % ga oshirgan.

Mah va hamkorlari [15] tomonidan olib borilgan tadqiqotda tom ustiga o'rnatilgan, taqsimlangan generatsiya rejimida ishlayotgan PV modullariga suv plyonkasi orqali sovitish mexanizmi integratsiya qilingan. Tajribalar ushbu yondashuv PV modullarining old va orqa yuzalari o'rtasidagi termik zo'riqishni kamaytirishini hamda turli panellar orasida haroratning notekis taqsimlanishini bartaraf etishini ko'rsatgan. Shuningdek, optimal 6 l/min sovitish suvi sarfi va 1150 W/m² quyosh nurlanishi sharoitida, 260 W nominal quvvatli har bir PV modulida elektr quvvat ishlab chiqarish 32 W ga (taxminan 15 %) oshgan. Natijada har bir PV modul uchun soatiga 0,0178 kVt·soat sof energiya yutug'i ta'minlangan.

Bevilacqua va hamkorlari [16] PV modullarining orqa yuzasiga qo'llanilgan majburiy ventilyatsiya hamda purkagichli sovitishning uch xil turining uzoq muddatli samaradorligini baholaganlar. Kuchli quyosh nurlanishi kuzatilgan kunlarda ushbu sovitish tizimlari PV modulining orqa yuzasi haroratini 26,4 °C gacha pasaytirishi mumkinligi aniqlangan. Tadqiqot natijalari modul yuzasi bo'ylab haroratning nisbatan bir tekis taqsimlanishini ham tasdiqlagan. Purkagichli sovitish tizimi ayniqsa samarali bo'lib, avgust oyida uning foydali ish koeffitsiyenti 14,3 % ni tashkil etgan, bu esa nazorat PV modulining 12,7 % lik ko'rsatkichidan yuqori bo'lgan. Eng samarali ishlagan tizimda elektr energiyasi ishlab chiqarishning oylik ortishi dekabr oyida 1,4 % dan iyun oyida 8,6 % gacha yetgan. Butun tadqiqot davri bo'yicha maksimal umumiy yutuq 6,1 % ni tashkil etgan. Samaradorlik tahlili purkagichli sovitish tizimi may-oktyabr oylarida kun davomida 14,5 % dan yuqori konversiya samaradorligini saqlab qolganini ham ko'rsatgan.

Hadipour va hamkorlari [17] boshchiligidagi tadqiqot guruhida PV modullarining samaradorligini oshirish va sovitishda suv sarfini kamaytirish maqsadida impulsli purkash rejimiga ega suv sovitish tizimi ishlab chiqilgan. Impulsli purkash tizimining samaradorligi uzluksiz purkash tizimi hamda sovitilmagan panel bilan taqqoslangan, shuningdek, yangi sovitish texnologiyasini joriy etishning iqtisodiy maqsadga muvofiqligi ham baholangan. Natijalarga ko'ra, sovitilmagan panelga nisbatan uzluksiz purkash orqali sovitilganda maksimal elektr quvvati 33,3 % ga, impulsli purkash rejimida esa 27,7 % ga oshgan. Umuman olganda, suv asosidagi sovitish texnologiyasi qo'llanganda quvvat o'sishi 25,9 % gacha yetgani aniqlangan.

PV modullarini bug'lanish orqali sovitishga oid tadqiqotlarning aksariyati tajribaviy yondashuvlarga asoslangan bo'lib, PV ishlashini umumlashtirilgan nazariy model asosida baholash nisbatan kam uchraydi. Shu sababli Chea va hamkorlari [18] quyosh kollektorlarining ishlashini baholashda qo'llaniladigan yondashuvga o'xshash eksperimental model ishlab chiqib, PV modulining termik xususiyatlari, umumiy issiqlik yo'qotish koeffitsiyenti, optik samaradorligi, ish harorati hamda ishlab chiqariladigan elektr quvvatini aniqlashni maqsad qilganlar. Modelda umumiy samaradorlik hamda tashqi havo harorati bilan sovituvchi suyuqlik harorati o'rtasidagi farqning quyosh nurlanishiga nisbati baholangan. Ushbu tadqiqotda orqa yuzasida bug'lanish yuzasi va suv oqimi mavjud bo'lgan PV moduli tajribadan o'tkazilgan. Natijalar oddiy PV moduliga nisbatan o'rtacha umumiy va sof oylik elektr energiyasi ishlab chiqarish mos ravishda 7,04 % va 4,47 % ga oshganini ko'rsatgan. Jazirama va quruq iqlim sharoitiga ega Uargla (Jazoir) hududida esa PV samaradorligi yanada oshib, o'rtacha umumiy va sof oylik quvvat ishlab chiqarish mos ravishda 8,62 % va 6,48 % ga ortgani aniqlangan. Tajribaviy qurilmaning fotosurati 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Sovitilgan va sovitilmagan PVlarining tajriba qurilmalari

Soliyeva [19] tomonidan olib borilgan tadqiqotda O'zbekiston iqlim sharoitida fotoelektrik panellar (PV) samaradorligining yuqori harorat ta'siri ostida sezilarli darajada pasayishi ilmiy jihatdan asoslab berilgan hamda faol va passiv sovitish texnologiyalarining afzalliklari tizimli ravishda tahlil qilingan. Muallif passiv sovitish usullari (havo konveksiyasi, PCM materiallari) hamda faol sovitish texnologiyalari (suv aylanishi, PV/T tizimlari) yordamida PV modullarining haroratini pasaytirish orqali elektr quvvatini 10-20 % gacha oshirish mumkinligini ta'kidlaydi. Shuningdek, grafen asosidagi nano-suyuqliklar va mini-kanallar kabi innovatsion sovitish yondashuvlari yuqori issiqlik uzatish samaradorligiga ega ekani qayd etilgan. Tadqiqot natijalari sovitish tizimlari O'zbekistonning issiq va qurg'oqchil hududlarida PV modullarining samaradorligini barqarorlashtirishda muhim omil ekanini ko'rsatadi.

Abilfayziev va hamkorlari [20] tomonidan olib borilgan tadqiqotda PV modullarini havo va suv yordamida sovitish usullarining energiya samaradorligiga ta'siri eksperimental sharoitda qiyosiy tahlil qilingan. Toshkent sharoitida o'tkazilgan tajribalar natijalari suv yordamida sovitilgan PV modullarining maksimal chiqish quvvati taxminan 42 W ni tashkil etib, havo yordamida sovitilgan variantga (38,5 W) nisbatan yuqoriroq ekanini ko'rsatgan. Mualliflar suvli sovitish texnologiyasi nafaqat elektr samaradorligini oshirishini, balki qo'shimcha ravishda foydali issiqlik energiyasini olish imkonini ham yaratishini ta'kidlaydilar. Tadqiqot natijalari issiq iqlim sharoitida PV modullarining samaradorligini oshirishda suvli sovitish texnologiyalari istiqbolli yo'nalishlardan biri ekanini tasdiqlaydi.

M.N. Tursunov va hamkorlari [21] fotoelektr-termal (PV/T) modullar samaradorligini oshirish maqsadida suvli issiqlik kollektorining ikki xil turini — hujayrali polikarbonat hamda egiluvchan polietilen quvur asosidagi konstruksiyalarni — eksperimental jihatdan taqqoslaganlar. Tadqiqot natijalari har ikkala kollektor turi PV modullarining haroratini samarali pasaytirishini hamda natijada ochiq zanjir kuchlanishi va chiqish quvvatining oshirishini ko'rsatgan. Shuningdek, polietilen quvur asosidagi kollektor issiqlikni samaraliroq yutishi sababli suv haroratining yoz mavsumida 48 °C gacha yetishini ta'minlagani aniqlangan. Iqtisodiy tahlil natijalari ushbu variantning 20-30 % arzonroq ekanini hamda mexanik barqarorligi yuqori ekanini ko'rsatgan.

Yuqorida keltirilgan tadqiqotlar natijalari suv yordamida PV modullarini tozalash va sovitish ularning optik o'tkazuvchanligini tiklash, ish haroratini pasaytirish hamda elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini 10-30 % gacha oshirish imkonini berishini ko'rsatadi. Purkagichli va bug'lanishli sovitish texnologiyalari yuqori quyosh nurlanishi sharoitida ayniqsa samarali bo'lib, PV modullarining haroratini 20-30 °C gacha pasaytirishi mumkin. Tabiiy tozalash usullari (shamol va yog'ingarchilik ta'siri) energiya sarfini talab qilmaydigan va iqtisodiy jihatdan qulay yechim sifatida qaraladi, biroq qurg'oqchil hududlarda ularning samaradorligi nisbatan cheklangan bo'lishi mumkin.

Suv asosidagi sovitish tizimlarining ayrim cheklovlari ham mavjud bo'lib, ular asosan suv sarfi, qo'shimcha energiya iste'moli hamda ekspluatatsiya jarayonining murakkabligi bilan bog'liq. Shunga qaramay, issiq va changli iqlim sharoitida suvga asoslangan tozalash va sovitish texnologiyalari PV modullarining barqaror ishlashini ta'minlashda istiqbolli yechimlar qatoriga kiradi. Shu sababli keyingi bosqichlarda suv resurslaridan tejamkor foydalanishni ta'minlaydigan tomchilatib sovitish tizimlari hamda sovituvchi suvni qayta ishlatishga asoslangan innovatsion yondashuvlarni o'rganish alohida ilmiy ahamiyat kasb etadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Mazkur tadqiqot natijalari fotoelektrik panellar (PV) samaradorligiga harorat va chang to'planishi kabi omillar sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi. Yuqori harorat PV modullarining fotoelektrik konversiya samaradorligini kamaytiradi, chang va turli iflosliklarning to'planishi esa quyosh nurlanishining panel yuzasiga yetib borishini cheklab, ishlab chiqariladigan elektr energiyasi hajmini kamaytiradi. Shu sababli PV modullarini samarali tozalash va sovitish tizimlarini joriy etish quyosh energetikasi tizimlarining barqaror ishlashini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, suvga asoslangan sovitish va tozalash usullari PV modullarining ish haroratini sezilarli darajada pasaytirib, ularning elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini 10-30 % gacha oshirish imkonini beradi. Ayniqsa, purkagichli sovitish, suv plyonkasi orqali sovitish hamda nano-suyuqliklar asosidagi sovitish texnologiyalari yuqori samaradorlik ko'rsatkichlarini ta'minlaydi. Shu bilan birga, shamol va yog'ingarchilik ta'siriga asoslangan tabiiy tozalash usullari energiya sarfini talab qilmasligi bilan ajralib turadi, biroq quruq va changli hududlarda ularning samaradorligi nisbatan cheklangan bo'lishi mumkin.

Tadqiqot natijalari kelgusida PV panellarini sovitish va tozalash jarayonida suv resurslaridan tejamkor foydalanishga asoslangan innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanini ko'rsatadi. Xususan, tomchilatib sovitish, impulsli purkash hamda sovituvchi suvni qayta ishlatishga asoslangan tizimlar PV modullarining samaradorligini oshirishda istiqbolli yo'nalishlar sifatida qaraladi.



FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. H. Almukhtar, T. T. Lie, W. A. M. Al-Shohani, T. Anderson, Z. Al-Tameemi. Comprehensive review of dust properties and their influence on photovoltaic systems: Electrical, optical, thermal models and experimentation techniques. *Energies* (Basel), 16(8), 2023. – 3401.
2. H. A. Kazem, M. T. Chaichan, A. H. Al-Waeli, K. Sopian. A review of dust accumulation and cleaning methods for solar photovoltaic systems. *Journal of Cleaner Production*, 276, 2020, 123187.
3. K. A. Moharram, M. S. Abd-Elhady, H. A. Kandil, H. El-Sherif. Influence of cleaning using water and surfactants on the performance of photovoltaic panels. *Energy Conversion and Management*, 68, 2013, pp. 266–272.
4. A. Elnozahy, A. K. A. Rahman, A. H. H. Ali, M. Abdel-Salam, S. Ookawara. Performance of a PV module integrated with a standalone building in hot arid areas as enhanced by surface cooling and cleaning. *Energy and Buildings*, 88, 2015, pp. 100-109.
5. Y. Jiang, L. Lu, H. Lu. A novel model to estimate the cleaning frequency for dirty solar photovoltaic (PV) modules in desert environments. *Solar Energy*, 140, 2016, pp. 236-240.
6. C. D. Love, S. B. Shah, J. L. Grimes, D. W. Willits. Transpired solar collector duct for tempering air in North Carolina turkey brooder barn and swine nursery. *Solar Energy*, 102, 2013, pp. 308-317.
7. M. R. Poole, S. B. Shah, J. L. Grimes, M. D. Boyette, L. F. Stikeleather. Evaluation of a novel, low-cost plastic solar air heater for turkey brooding. *Energy for Sustainable Development*, 45, 2018, pp. 1-10.
8. L. Yu, S. B. Shah, M. T. Knauer, M. D. Boyette, L. F. Stikeleather. Comprehensive evaluation of a landscape fabric-based solar air heater in a pig nursery. *Energies* (Basel), 14(21), 2021, 7258. <https://doi.org/10.3390/en14217258>.
9. J. Zorrilla-Casanova, M. Piliouline, J. Carretero, P. Bernaola, P. Carpena, L. Mora-Lopez, M. Sidrach-de-Cardona. Analysis of dust losses in photovoltaic modules. 2011, pp. 2985-2992.
10. J. Tanesab, D. Parlevliet, J. Whale, T. Urme. Dust effect and its economic analysis on PV modules deployed in a temperate climate zone. *Energy Procedia*, 100, 2016, pp. 65-68.
11. B. R. Paudyal, S. R. Shakya. Dust accumulation effects on efficiency of solar PV modules for off-grid purpose: A case study of Kathmandu. *Solar Energy*, 135, 2016, pp. 103-110.
12. S. K. Pathak, P. O. Sharma, V. Goel, S. Bhattacharyya, H. Aybar, J. P. Meyer. A detailed review on the performance of photovoltaic/thermal systems using various cooling methods. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 51, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101844>.
13. S. Nizetic, D. Coko, A. Yadav, F. Grubisic-Cabo. Water spray cooling technique applied on a PV panel: The performance response. *Energy Conversion and Management*, 108, 2016, pp. 287-296.
14. Z. Rostami, M. Rahimi, N. Azimi. Using high-frequency ultrasound waves and nanofluid for increasing the efficiency and cooling performance of a PV module. *Energy Conversion and Management*, 160, 2018, pp. 141-149.
15. C. Mah, B. Lim, C. Wong, M. Tan, K. Chong, A. Lai. Investigating the performance improvement of a photovoltaic system in a tropical climate using water cooling method. *Energy Procedia*, 159, 2019, pp. 78-83.
16. P. Bevilacqua, R. Bruno, N. Arcuri. Comparing the performances of different cooling strategies to increase photovoltaic modules electric output in different meteorological conditions. *Energy*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.116950>.
17. A. Hadipour, M. R. Zargarabadi, S. Rashidi. An efficient pulsed-spray water cooling system for photovoltaic panels: Experimental study and cost analysis. *Renewable Energy*, 164, 2021, pp. 867-875.
18. T. Chea, T. Deethayat, T. Kiatsiroat, A. Asanakham. Experiment and model of a photovoltaic module with evaporative cooling. *Results in Engineering*, 19, 2023, 101290. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101290>.
19. Z. N. Soliyeva. O'zbekiston iqlim sharoitida quyosh fotoelektrik modullariga sovutish tizimini joriy etish samaradorligini baholash. *Yashil iqtisodiyot va taraqqiyot, maxsus son*, 2024, 281-287-betlar.
20. Ш. Н. Абилфайзиев, С. Ф. Тошпўлатов, Р. Н. Абилфайзиев. Фотоэлектрик батареяларни ҳаво ва сув ёрдамида совутишда энергия самарадорлиги таҳлиллари. *Муқобил энергетика*, 4(07), 2022, 41–46-бетлар.
21. M. N. Tursunov, H. Sabirov, R. B. Alikulov, T. Z. Akhtamov, U. R. Kholov, M. M. Eshmatov. Development and testing of various heat collector methods for cooling photovoltaic-thermal batteries. *International Journal of Transport and Technological Machines*, 3, 2025.

muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 3

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100