

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

№5

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

2026 MAY



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, may.

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)

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

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

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 modellashtirish
- 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
- 05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
- 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

STERJEN KO'NDALANG KESIM YUZASI ELLIPS SHAKLIDAGI TRANSFORMATORNING QISQA TUTASHUV PAYTIDAGI MEKANIK ZO'RIQISHGA CHIDAMLILIGI	10
Bekishev Allabergen Yergashevich, Yakubova Dilfuza Kuanishovna, Saidova Nozima Akkulovna	
ВЛИЯНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ НА РАЗВИТИЕ СФЕРЫ УСЛУГ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГИОНОВ УЗБЕКИСТАНА	19
Мусаева Шоира Азимовна, Муйинжонов Хусейн Алишеревич	
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО АДАПТАЦИИ В УЗБЕКИСТАНЕ	28
Габбарова Ильмира Володиевна	
BALAND BINOLAR FASADLARINI PARDOZLASH TEXNOLOGIYALARINI EKSPLOATATSION ISHONCHLILIK VA XIZMAT MUDDATINI UZAYTIRISH ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH	34
Amirov Shavkat Rahmatullayevich	
ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУРИСТСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ	41
Усманова Азиза Баходировна	
PEREGONDAGI HARAKATNI BOSHQARISH TIZIMLARINI MIKROPROTSESSORLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA TAKOMILLASHTIRILGAN TUZILMAVIY SXEMASINI ISHLAB CHIQISH	46
Xujamkulov Eldor G'ayratjon o'g'li	
INVESTITSIYALAR HAJMINI OSHIRISHGA QARATILGAN CHORA-TADBIRLAR VA ULARNI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI	55
Alimova Dilafrō'z Tohir qizii	
HUDUDLAR KESIMIDA AHOLI O'SISHINING BANDLIK DARAJASIGA TA'SIRINI EKONOMETRIK BAHOLASH (O'ZBEKISTON MISOLIDA)	61
Xusniddinova Gulnoza Ulug'bek qizi	
QUYOSH FOTOELEKTRIK PANELLARI SAMARADORLIGIGA ATROF-MUHIT OMILLARI VA CHANGLANISHNING TA'SIRI HAMDA ULARNI KAMAYTIRISHGA QARATILGAN INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR	67
Botirov Bozorbek, Iskandarova Charos, Avazov Jonibek, Sultonov Abror	
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO'JALIGINI RIVOJLANTIRISHNING HOZIRGI HOLATI TAHLILI ..	75
Rajapov Xayrulla Bekdurdıyevich, Sharipova Lobar Umrbek qizi	
INTERPOLATSION TIKLASH ALGORITMLARINING OCR ANIQLIGIGA TA'SIRINI BAHOLASH	82
Aliyev Nodirbek Hamidullo o'g'li	
IKORXONALARDA KORPORATIV BOSHQARUVNI TAKOMILLASHTIRISHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI VA INSTITUTSIONAL OMILLARI	90
Muxtorova Shaxlo Farxodovna	
O'ZBEKISTONDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINING RIVOJLANISH ISTIQBOLLARINI EKONOMETRIK PROGNOZLASH	94
Qo'ziboyev Behzod Hamidovich	
KPI-BASED PERFORMANCE MANAGEMENT AND ITS IMPACT ON EMPLOYEE PRODUCTIVITY	99
Sultanova Kamila Mukhtorali kizi	
SANOAT KORXONALARI IQTISODIY XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHDA MARKETING VOSITALARIDAN FOYDALANISH AMALIYOTINI TAKOMILLASHTIRISH	104
Tursunxo'jayev Sardor Jamoliddin o'g'li	
FARG'ONA VILOYATI MAHALLALARIDA TADBIRKORLIK VA HUNARMANDCHILIKNI RIVOJLANTIRISHNING IJTIMOY-IQTISODIY VA INSTITUTSIONAL OMILLARINI BAHOLASH	110
Tuxtasinov Zafarjon Odiljonovich	



MHXS STANDARTLARIGA O‘TISH: KORXONALAR UCHUN AMALIY MUAMMOLAR VA YECHIMLAR	116
Eshniyazova Yulduz Yuldashbayevna	
TURMUSH FAROVONLIGINI BAHOLASHNING KO‘P O‘LCHOVLI USULLARI VA MEZONLARI	120
Turdikulova Moxira Maxmasharifovna	
KICHIK BIZNESNI RIVOJLANTIRISHNING MOLIVAVIY-IQTISODIY IMPERATIVLARI	125
Kaxorova Zamira Safaraliyevna	
YENGIL SANOAT KORXONALARIDA RO‘Y BERISHI MUMKIN BO‘LGAN BAXTSIZ HODISALAR VA UNI BARTARAF ETISH CHORA-TADBIRLARI	131
Dehqonov Oyatillo Mansurbek o‘g‘li, Abduraxmanov Abdurashid Ataxanovich	
VTULKA DETALINI ISHLAB CHIQRISHDA SHTAMPLASH TEXNOLOGIK JARAYONINI ISHLAB CHIQISH...	136
Abdullayev Fatxulla, Xasanov Kamoliddin, Yolg‘ashova Madina, Jo‘rayev Muhiddin	
JAHON MOLIVAVIY TIZIMINING TRANSFORMATSIYASI.....	140
Qobilova Nodira Qayumjon qizi, Normurodov X.E.	
KORXONALARDA “TEJAMKOR ISHLAB CHIQRISH” KONSEPSIYASIDAN FOYDALANISHNING XORIJ TAJRIBASI	144
Mamasoliyev G‘ayratbek Maxamadyusupovich	
HUDUDIY BARQARORLIKNI TA‘MINLASHDA MAHSULOT EKSPORTINI DIVERSIFIKATSIYALASH YO‘LLARI.....	149
Mamadjanova Tuyg‘unoy Axmadjanovna	
PAXTA-TO‘QIMACHILIK KLASTERLARIDA ISHLAB CHIQRISHNI DIVERSIFIKATSIYA QILISH ASOSIDA YUQORI QO‘SHILGAN QIYMATLI MAHSULOTLAR ULUSHINI KENGAYTIRISH	154
Yusupova Feruza Yo‘ldoshevna	
AHOLINING MOLIVAVIY SAVODXONLIGINI OSHIRISHDA MIKROLOYIHALARNING O‘RNI	159
Irgashev Anvar Farxodovich	
XALQARO KOMPANIYALARDA INNOVATSION BOSHQARUV TIZIMLARINI RIVOJLANTIRISH STRATEGIYALARI.....	166
Raxmankulov Sherzod Shokirovich	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ КОМПОНЕНТОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ: ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	171
Дыскин Валерий Григорьевич, Курбанов Юнус Муртаза угли, Жубаназаров Ринат Шапагат Улы	
RIVOJLANGAN DAVLATLARDA CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH TIZIMINING INSTITUTSIONAL ASOSLARI	177
O‘tbosarov Abrorbek Adxamjon o‘g‘li	
DAVLAT ORGANLARI VA TASHKILOTLARI ICHKI AUDITORLARINING PROFESSIONAL AXLOQ QOIDALARINI ISHLAB CHIQRISH.....	182
Xamidova Zarifa Urol qizi	
AUDIT JARAYONIDA DALIL OLISH VA UNING MUAMMOLARI.....	189
Ro‘zmetov Mansur	
O‘ZBEKISTONDA IJTIMOYIY TURIZMNI QO‘LLAB-QUVVATLASH MEXANIZMI VA ULARNING SAMARADORLIGI.....	193
Shaydulova Marjona Alisher qizi	
KORXONALARNING MOLIVAVIY HOLATINI IFODALOVCHI KO‘RSATKICHLAR VA ULARNING MOLIVAVIY TAHLILI AHAMIYATI.....	198
Rizoyev Farrux Hikmatilloevich	
NAMANGAN VILOYATIDA KICHIK SANOAT ZONALARIDA IQTISODIY SALOHİYATNI TAKOMILLASHTIRISH VA RIVOJLANTIRISH MASALALARI.....	203
Turaboev Ibroxim Ismoil o‘g‘li	
ISSIQLIK TEXNIKASIDA IKKILAMCHI BUG‘DAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH	208
Komilova Nodira Abdirahmon qizi	



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В КОМПАНИЯХ С ГОСУДАРСТВЕННЫМ УЧАСТИЕМ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕФОРМ	218
Юсупов Зойиржон Ровшан угли, Жумаев Улуғбек Нодирбекович ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КОМПАНИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	224
Тожалиев Шохрух Талип ўғли GAMES ARE A POWERFUL TOOL FOR IMPROVING LANGUAGE LEARNING	229
Kulakhmedova Gulnora Abdurahimovna O'ZBEKISTONDA TIJORAT BANKLARINING INNOVATSION XIZMATLARI ORQALI KAMBAG'ALLIKNI KAMAYTIRISH	234
Azlarova Aziza Axrorovna AVTOMOBIL SANOATIDA MAHALLIYLASHTIRISH JARAYONLARINI BOSHQARISH VA RISKLARNI KAMAYTIRISH MEKANIZMLARI	241
Marufxanov Davron Hasanovich O'ZBEKISTONDA KICHIK BIZNES VA YOSHLAR TADBIRKORLIGINI RIVOJLANTIRISHNING YANGI IMKONIYATLARI: 2026-YIL ISLOHOTLARI VA ISTIQBOLLARI	249
Isakjanova Saboxat Muhamedovna MINTAQA IQTISODIYOTI VA SANOATNING RIVOJLANISHI O'RTASIDAGI O'ZARO BOG'LIQLIKNING NAZARIY YONDASHUVLARI	256
Jalolova Muazzamxon Akbarjonovna DINAMIK NARX SHAKLLANTIRISHNI JORIY ETISHDA ASOSIY MUAMMOLAR VA ULARNI HAL ETISH YO'LLARI	261
Anvar Deberdiyev RAQAMLI XIZMATLARNING O'ZBEKISTON TASHQI SAVDO BALANSIDAGI O'RNI	265
Latipova Shaxnoza Maxmudovna, Normurodova Zuhra Orzimurod qizi TURISTIK KORXONALAR INNOVATSION FAOLIYATINI MOLIYALASHTIRISH SAMARADORLIGINI BAHOLASHNING METODOLOGIK ASOSLARI	271
Ruzibayeva Nargiza Xakimovna IQTISODIY TIZIMDA TADBIRKORLIK VA TADBIRKORLIK QOBILiyATIGA YANGICHA YONDASHUV	276
Tadjiev Bexzod Umidjanovich OTMNI MOLIYAVIY TA'MINLASHNING INNOVATSION MOLIYAVIY MODELARI	283
Tuxliyev Bozor Karimovich TOG'-KON SANOATI KORXONALARIDA TEXNOLOGIK TIZIMLARNI RIVOJLANTIRISHNING KONSEPTUAL ASOSLARI	286
Abirova Nargizabonu TADBIRKORLIK SUBYEKTLARI FAOLIYATIDA INNOVATSION LOYIHALARNI MOLIYALASHTIRISHNI SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO'LLARI	291
Ro'ziyeva Maftuna Yusufovna OMMAVIY AXBOROT VOSITALARI KORXONALARINING MOLIYAVIY BARQARORLIGINI BAHOLASHDA IQTISODIY KO'RSATKICHLAR DINAMIKASINING EMPIRIK TAHLILI	296
Sharipova Shahlo Istamovna METROLOGIYANING ILMIY-METODIK ASOSLARI VA UNING ZAMONAVIY RIVOJLANISH TENDENSIYALARI	301
Maxmudov Dostonbek Soyibjon o'g'li PLYONKA QOPLAMALI POLIZ EGINLARI EKISH TEXNIKASIDA PUSHTA SHAKLLANTIRUVCHI ISHCHI ORGANLAR SAMARADORLIGINI OSHIRISH	305
Nigmatjonov Sardor Abdumannovich O'ZBEKISTONDA RAQAMLI DAVLAT BOSHQARUVI TIZIMINI RIVOJLANTIRISHNING USTUVOR YO'NALISHLARI	310
Ibragimova Saodat, Mirhamidova Dilorom, Shagaipova Gulchehra	



OLIV TA'LIM BITIRUVCHILARI SONINING JISMONIY SHAXSLAR DAROMAD SOLIG'IGA TA'SIRI VA INSON KAPITALI ORQALI IJTIMOY XARAJATLARNI BOSHQARISH.....	316
Primova Nigora Ikrom qizi	
GLOBAL BIZNESDA INNOVATSIYALARNING ROLI: YANGI TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHGA STRATEGIK YONDASHUVLAR	324
Raxmankulov Sherzod Shokirovich	
ELEKTRON TIJORAT BILAN SHUG'ULLANUVCHI KORXONALARDA MIJOZLAR QONIQISH DARAJASI..	330
Aripov Ulug'bek Bahodirovich	
KICHIK BIZNESDA INVESTITSIYA SAMARADORLIGINI BAHOLASH MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI.....	334
Xakimov Akbar Anvarovich	
FOTOELEKTRIK TIZIM SAMARADORLIGIGA HARORAT, SOYALANISH VA DEGRADATSIYA OMILLARINING TA'SIRI.....	337
Majidova Maxliyo A'zam qizi	



FOTOELEKTRIK TIZIM SAMARADORLIGIGA HARORAT, SOYALANISH VA DEGRADATSIYA OMILLARINING TA'SIRI

Majidova Maxliyo A'zam qizi

Qarshi davlat universiteti

E-mail: maxliyomajidova106@gmail.com

Tel.: +998 87 310 11 93

ORCID: 0009-0000-6078-5944

Annotatsiya. Mazkur maqolada fotoelektrik tizimlarda harorat, soyalanish va degradatsiya omillarining quyosh panellari samaradorligiga o'zaro ta'siri hamda ularning matematik tahlili o'rganilgan. Tadqiqot davomida fotoelektrik modullarning elektr energiyasi ishlab chiqarish quvvatiga tashqi muhit omillarining ta'siri nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilindi. Haroratning oshishi natijasida kuchlanish va foydali ish koeffitsiyentining kamayishi, qisman soyalanish holatlarida energiya yo'qotishlarining ortishi hamda uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonida degradatsiya ta'sirida tizim unumdorligining pasayishi matematik modellar asosida baholandi. Olingan natijalar fotoelektrik tizimlarning samaradorligini oshirish va energiya yo'qotishlarini kamaytirish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: fotoelektrik tizim, quyosh paneli, harorat ta'siri, soyalanish, degradatsiya, energiya yo'qotilishi, matematik model, samaradorlik, elektr energiyasi.

Abstract. This article investigates the interaction of temperature, shading, and degradation factors in photovoltaic systems and provides their mathematical analysis. The study theoretically and experimentally analyzes the influence of environmental factors on the electrical power output of photovoltaic modules. Mathematical models were used to evaluate the reduction in voltage and efficiency caused by temperature increase, the increase in energy losses under partial shading conditions, and the decrease in system performance due to degradation during long-term operation. The obtained results can be applied to improve the efficiency of photovoltaic systems and reduce energy losses.

Keywords: photovoltaic system, solar panel, temperature effect, shading, degradation, energy loss, mathematical model, efficiency, electrical energy.

Аннотация. В данной статье исследовано взаимное влияние температурных факторов, затенения и деградации на эффективность фотоэлектрических систем, а также выполнен их математический анализ. В ходе исследования теоретически и экспериментально проанализировано влияние внешних факторов среды на электрическую мощность фотоэлектрических модулей. На основе математических моделей оценены снижение напряжения и коэффициента полезного действия при повышении температуры, увеличение энергетических потерь при частичном затенении, а также уменьшение производительности системы вследствие деградации в процессе длительной эксплуатации. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности фотоэлектрических систем и снижения энергетических потерь.

Ключевые слова: фотоэлектрическая система, солнечная панель, влияние температуры, затенение, деградация, потери энергии, математическая модель, эффективность, электрическая энергия.

KIRISH

Bugungi kunda dunyo miqyosida energiya resurslariga bo'lgan talabning ortib borishi hamda an'anaviy yoqilg'i manbalarining cheklanganligi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishni dolzarb masalaga aylantirmoqda. Xususan, quyosh energiyasidan elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi fotoelektrik tizimlar ekologik tozaligi, ekspluatatsion xarajatlarning nisbatan kamligi va uzoq muddat xizmat qilishi sababli keng qo'llanilmoqda. So'nggi yillarda fotoelektrik stansiyalarni sanoat, qishloq xo'jaligi hamda maishiy sohalarda joriy etish ko'lami sezilarli darajada kengaymoqda.

Biroq fotoelektrik tizimlarning amaliy ish samaradorligi nazariy qiymatlarga nisbatan bir qator tashqi va ichki omillar ta'sirida kamayishi mumkin. Ayniqsa, haroratning ortishi, quyosh panellarining qisman yoki to'liq soyalanishi hamda vaqt o'tishi bilan yuz beradigan degradatsiya jarayonlari energiya ishlab chiqarish hajmiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Fotoelektrik modullar ishchi haroratining oshishi ularning chiqish kuchlanishini kamaytirib, foydali ish koeffitsiyentining pasayishiga olib keladi. Shu bilan birga, soyalanish natijasida panellar zanjirida tokning notekis taqsimlanishi yuzaga kelib, energiya yo'qotishlari ortadi va ayrim hollarda "issiq nuqta" (*hot-spot*) hodisasi kuzatiladi. Degradatsiya jarayonlari esa uzoq muddatli ekspluatatsiya davomida fotoelementlarning fizik va elektr xususiyatlarini o'zgartirib, tizim unumdorligining bosqichma-bosqich

pasayishiga sabab bo'ladi.

Fotoelektrik tizimlarda mazkur omillar ko'pincha o'zaro bog'liq holda namoyon bo'ladi. Masalan, yuqori harorat degradatsiya jarayonlarini jadallashtirishi mumkin, soyalanish esa ayrim modullarda lokal qizish jarayonlarini kuchaytiradi. Shu sababli harorat, soyalanish va degradatsiya omillarining o'zaro ta'sirini kompleks ravishda o'rganish hamda ularning matematik modellarini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Mazkur maqolaning maqsadi fotoelektrik tizimlarda harorat, soyalanish va degradatsiya omillarining o'zaro ta'sirini tahlil qilish, ularning energiya ishlab chiqarish samaradorligiga ta'sirini matematik usullar asosida baholash hamda energiya yo'qotishlarini kamaytirish bo'yicha ilmiy xulosalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot natijalari fotoelektrik tizimlarning ekspluatatsion samaradorligini oshirish, energiya ishlab chiqarish barqarorligini ta'minlash va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishga xizmat qiladi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Fotoelektrik tizimlarda energiya samaradorligini oshirish, energiya yo'qotishlarini kamaytirish hamda tashqi muhit omillarining ta'sirini aniqlash bo'yicha so'nggi yillarda ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ayniqsa, harorat, soyalanish va degradatsiya jarayonlarining fotoelektrik panellar ish samaradorligiga ta'siri xorijiy va mahalliy olimlar tomonidan keng o'rganilgan.

Xorijiy tadqiqotchilardan J. A. Duffie va W. A. Beckman quyosh energetikasi tizimlarining ishlash prinsiplari hamda tashqi muhit omillarining ta'sirini nazariy jihatdan tahlil qilgan. Mualliflar fotoelektrik modullarda harorat ortishi natijasida chiqish kuchlanishi va foydali ish koeffitsiyentining kamayishini ilmiy asoslab bergan.

Messenger va Ventre tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda fotoelektrik tizimlarning injenerlik xususiyatlari, energiya oqimlari hamda tizim samaradorligini baholash usullari keng yoritilgan. Ularning ishlarida fotoelektrik modullarning ish rejimlariga iqlim omillarining ta'siri muhim ahamiyat kasb etishi ta'kidlangan.

A. Luque va S. Hegedus tomonidan fotoelektrik texnologiyalar bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda panellarda degradatsiya jarayonlari va ularning uzoq muddatli ekspluatatsiyaga ta'siri tahlil qilingan. Mualliflar fotoelement materiallaridagi fizik o'zgarishlar natijasida quvvat pasayishi kuzatilishini ilmiy jihatdan asoslagan.

Qisman soyalanish holatlari va ularning tizimda "hot-spot" hodisasini yuzaga keltirishi Villalva hamda hammualliflar ishlarida tahlil qilingan. Mazkur tadqiqotlarda fotoelektrik tizimlarning matematik modellari asosida tok-kuchlanish xarakteristikalarini tadqiq etilgan.

MDH mamlakatlari olimlari tomonidan ham fotoelektrik tizimlarda energiya yo'qotishlarini baholash bo'yicha bir qator ilmiy ishlar amalga oshirilgan. Jumladan, V. E. Fortov, J. I. Alfyorov va boshqa tadqiqotchilar quyosh energetikasi texnologiyalarini takomillashtirish hamda fotoelektrik qurilmalarning energetik samaradorligini oshirish masalalarini o'rgangan.

O'zbekistonlik olimlar tomonidan ham qayta tiklanuvchi energiya manbalari, ayniqsa, quyosh energetikasi sohasida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. A. Abduqodirov, G'. Rahimov, Sh. Yusupov va boshqa tadqiqotchilar tomonidan O'zbekiston iqlim sharoitida fotoelektrik panellar samaradorligini baholash, quyosh radiatsiyasi taqsimoti hamda energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichlarini tahlil qilish bo'yicha tadqiqotlar amalga oshirilgan. Ushbu ilmiy ishlar asosan iqlim omillarining fotoelektrik tizimlarga ta'sirini o'rganishga qaratilgan.

Mazkur maqolaning o'ziga xosligi shundan iboratki, unda fotoelektrik tizimlarda harorat, soyalanish va degradatsiya omillarining o'zaro ta'siri yagona tizim sifatida kompleks ravishda tahlil qilinadi. Tadqiqotda energiya yo'qotishlarini baholash uchun matematik modellar asosida amaliy hisoblashlar amalga oshirilib, omillarning birgalikdagi ta'siri natijasida tizim samaradorligida yuzaga keladigan o'zgarishlar aniqlanadi. Bu esa fotoelektrik tizimlarning ishonchliligi va energiya samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy-amaliy yechimlar ishlab chiqish imkonini beradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur maqolada fotoelektrik tizimlarda harorat, soyalanish va degradatsiya omillarining o'zaro ta'sirini aniqlash hamda ularning energiya samaradorligiga ta'sirini baholash uchun nazariy, qiyosiy-tahliliy va matematik modellashtirish usullaridan foydalanildi. Tadqiqot jarayonida fotoelektrik tizimlarning ish rejimlari va energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichlari bo'yicha ilmiy adabiyotlar, xorijiy hamda mahalliy tadqiqotchilar tomonidan olingan natijalar o'rganildi va o'zaro taqqoslandi [1-2].

Tadqiqotning asosiy metodologik yondashuvlaridan biri qiyosiy taqqoslash usuli hisoblanadi. Ushbu usul orqali haroratning ortishi, qisman soyalanish va degradatsiya jarayonlarining fotoelektrik modullar



samaradorligiga ta'siri alohida hamda birgalikdagi holatda tahlil qilindi. Turli ilmiy manbalarda keltirilgan eksperimental natijalar o'zaro qiyoslanib, energiya yo'qotilishining asosiy omillari aniqlashtirildi [3]. Shuningdek, fotoelektrik tizimlarning standart ish sharoitidagi ko'rsatkichlari bilan real ekspluatatsiya sharoitidagi natijalari o'zaro taqqoslandi.

Maqolada matematik tahlil usullaridan ham keng foydalanildi. Fotoelektrik tizimning ishlab chiqargan umumiy energiyasi, foydali energiya miqdori hamda energiya yo'qotishlari o'rtasidagi bog'liqlik matematik formulalar asosida ifodalandi. Haroratning ortishi natijasida kuchlanishning kamayishi, soyalanish natijasida tok notekisligining yuzaga kelishi hamda degradatsiya tufayli quvvatning pasayishi matematik modellar yordamida baholandi [4].

Tadqiqot davomida tizim samaradorligini aniqlash uchun analitik hisoblash usullaridan foydalanildi. Olingan natijalar grafik va jadval ko'rinishida tahlil qilinib, omillarning o'zaro bog'liqligi hamda energiya ishlab chiqarish samaradorligiga ta'siri baholandi. Shu asosda fotoelektrik tizimlarda energiya yo'qotishlarini kamaytirish va ekspluatatsion samaradorlikni oshirish bo'yicha ilmiy-amaliy xulosalar ishlab chiqildi [5].

TAHLIL VA NATIJALAR

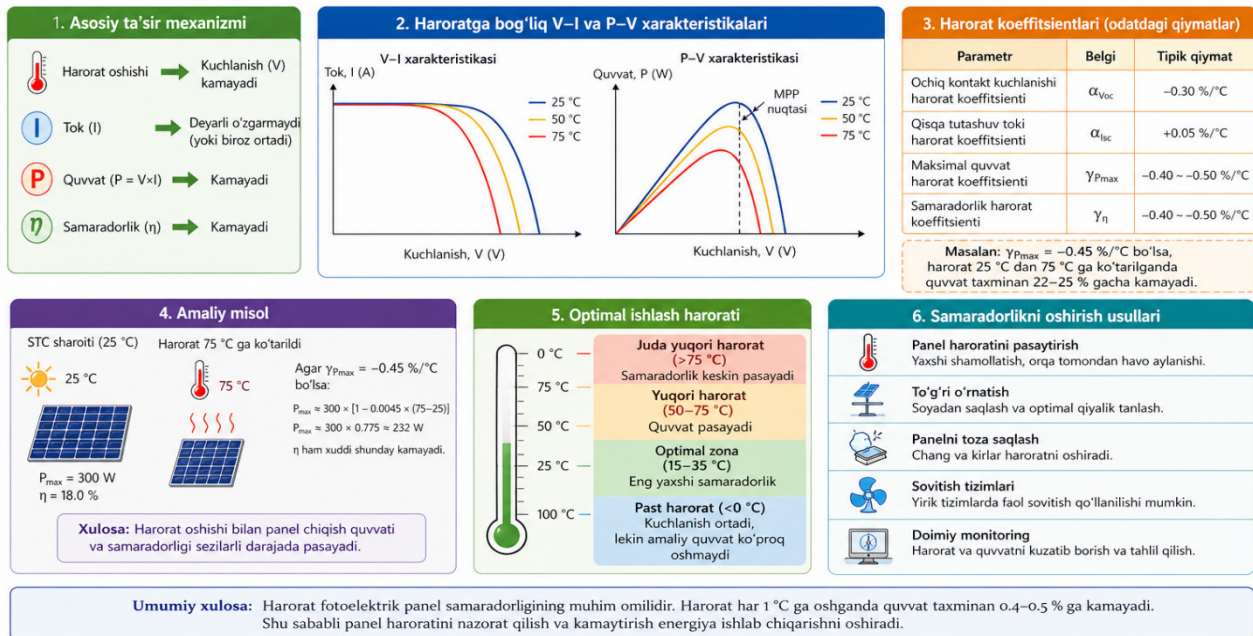
Fotoelektrik tizimlarning samaradorligi turli fizik va ekspluatatsion omillar ta'sirida shakllanadi. Ushbu omillar orasida harorat, soyalanish va degradatsiya jarayonlari alohida ahamiyat kasb etadi. Mazkur omillar bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'lib, ularning kompleks ta'siri fotoelektrik tizimlarda energiya yo'qotishlarining asosiy qismini tashkil etadi. Fotoelektrik tizimlarning samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy omillar qatoriga harorat, soyalanish va degradatsiya jarayonlari kiradi.

Harorat fotoelektrik tizim samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadigan eng muhim fizik omillardan biri hisoblanadi. Quyosh nurlanishi ta'sirida fotoelementlar qiziydi va bu jarayon yarimo'tkazgich materiallarning elektr xususiyatlariga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Natijada fotoelektrik konversiya jarayonining samaradorligi pasayadi va ishlab chiqariladigan elektr energiyasi miqdori kamayadi.

Tadqiqotlarga ko'ra, kremniy fotoelementlar uchun haroratning har 1°C ga oshishi samaradorlikning o'rtacha 0,4–0,5 foizga kamayishiga olib keladi [6] (1-rasm).

Haroratning fotoelektrik panel samaradorligiga ta'siri

Harorat oshishi fotoelektrik panelning chiqish kuchlanishini kamaytiradi, natijada quvvat va samaradorlik pasayadi. Past haroratda esa kuchlanish biroz ortadi, lekin tok deyarli o'zgarmaydi.



1-rasm. Haroratning fotoelektrik panel samaradorligiga ta'siri

Haroratning ortishi yarimo'tkazgich materiallarda zaryad tashuvchilarning harakatchanligi va rekombinatsiya ijaravonlariga ta'sir ko'rsatadi. Xususan, harorat oshishi bilan fotoelementlarning ochiq zanjir kuchlanishi (V_{oc}) kamayadi. Bu holat quyidagi ifoda orqali tavsiflanadi:

$$V_{oc} = V_{oc,ref} - k(T - T_{ref})$$

Bu yerda:

$V_{oc}V_{oc}$ — ochiq zanjir kuchlanishi;

TT — ishchi harorat;

$T_{ref}T_{ref}$ — standart harorat (odatda 25°C);

kk — harorat koeffitsiyenti.

Mazkur tenglamadan ko'rinib turibdiki, harorat oshishi bilan kuchlanish kamayadi, bu esa maksimal quvvat (P_{max}) (P_{max}) ning pasayishiga olib keladi. Natijada fotoelektrik tizimning umumiy samaradorligi kamayadi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kremniy asosidagi fotoelementlar uchun haroratning har 1°C ga oshishi samaradorlikning o'rtacha 0,4–0,5 foizga kamayishiga sabab bo'ladi [7]. Bu, ayniqsa, yuqori haroratli hududlarda joylashgan fotoelektrik tizimlar uchun muhim omil hisoblanadi.

Haroratning oshishi faqat kuchlanishga emas, balki tok va quvvat parametrlariga ham ta'sir qiladi. Tok qiymati biroz ortishi mumkin, biroq bu ortish kuchlanishning kamayishini qoplay olmaydi. Shu sababli umumiy quvvat kamayadi. Maksimal quvvat quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P_{max} = V_m I_m$$

Bu yerda:

V_mV_m — maksimal quvvat nuqtasidagi kuchlanish;

I_mI_m — maksimal quvvat nuqtasidagi tok.

Harorat ortishi natijasida aynan V_mV_m ning kamayishi ustunlik qiladi va natijada $P_{max}P_{max}$ pasayadi. Mahalliy tadqiqotlar ham shuni ko'rsatadiki, O'zbekistonning issiq iqlim sharoitida yoz oylarida fotoelektrik panellarning ishlash samaradorligi sezilarli darajada kamayadi. Bu holat yuqori quyosh nurlanishiga qaramay, yuqori harorat ta'siri bilan izohlanadi [6].

Fotoelektrik tizimlarda haroratning ortishi yarimo'tkazgich materiallarning elektr xususiyatlariga ta'sir ko'rsatib, ayniqsa chiqish kuchlanishining kamayishiga va umumiy samaradorlikning pasayishiga olib keladi. Shu sababli fotoelektrik panellarda issiqlik ta'sirini kamaytirish zamonaviy energetika tizimlarida muhim ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

Harorat ta'sirini minimallashtirish maqsadida bir qator texnologik va ekspluatatsion choralar qo'llaniladi. Avvalo, fotoelektrik panellarni shamollanishi yaxshi bo'lgan joylarga o'rnatish muhim ahamiyatga ega.

Tabiiy konveksiya jarayoni orqali panel yuzasida hosil bo'lgan issiqlik atrof-muhitga uzatiladi va bu panel haroratining ortib ketishining oldini oladi. Ayniqsa, panellarni tom yuzasidan ma'lum masofada joylashtirish orqali havo aylanishini yaxshilash mumkin, bu esa issiqlikni samarali chiqarib yuborishga xizmat qiladi.

Shuningdek, zamonaviy fotoelektrik tizimlarda tabiiy yoki sun'iy sovitish tizimlaridan foydalanish keng qo'llanilmoqda. Tabiiy sovitish tizimlariga havo oqimini kuchaytiruvchi konstruktiv yechimlar kirs, sun'iy sovitish tizimlari esa suv yoki havo yordamida faol sovitishni ta'minlaydi. Masalan, suv bilan sovitish texnologiyasi nafaqat haroratni pasaytiradi, balki ayrim hollarda panellarning energiya ishlab chiqarish samaradorligini ham oshiradi.

Materialshunoslik nuqtayi nazaridan qaralganda, yuqori haroratga chidamli yarimo'tkazgich materiallardan foydalanish ham muhim omil hisoblanadi. Zamonaviy PV texnologiyalarida kremniy asosidagi materiallar bilan bir qatorda yuqori issiqlik barqarorligiga ega bo'lgan yangi materiallar (masalan, perovskit yoki ko'p qatlamli strukturalar) qo'llanilmoqda. Bunday materiallar harorat o'zgarishlariga nisbatan kam sezgir bo'lib, tizim samaradorligini barqaror saqlash imkonini beradi.

Fotoelektrik panellarni optimal burchak ostida joylashtirish ham issiqlik ta'sirini kamaytirishda muhim rol o'ynaydi. Noto'g'ri burchak ostida o'rnatilgan panellarda quyosh nurlanishi ortiqcha issiqlik to'planishiga olib kelishi mumkin. Optimal burchak esa nafaqat maksimal energiya ishlab chiqarishni, balki issiqlik yuklamasining kamayishini ham ta'minlaydi.

Haroratning ortishi natijasida quyosh panelining samaradorligi sezilarli darajada pasayadi, chunki yuqori harorat fotoelektrik modullarning elektr energiyasini ishlab chiqarish qobiliyatiga ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, quyosh panellari optimal samaradorlik bilan ishlashi uchun ularning sirt harorati 22–25 °C oralig'ida bo'lishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Ammo intensiv quyosh radiatsiyasi va issiqlik almashinuvi jarayonlari tufayli sirt harorati mazkur maqbul diapazondan oshib ketishi mumkin.

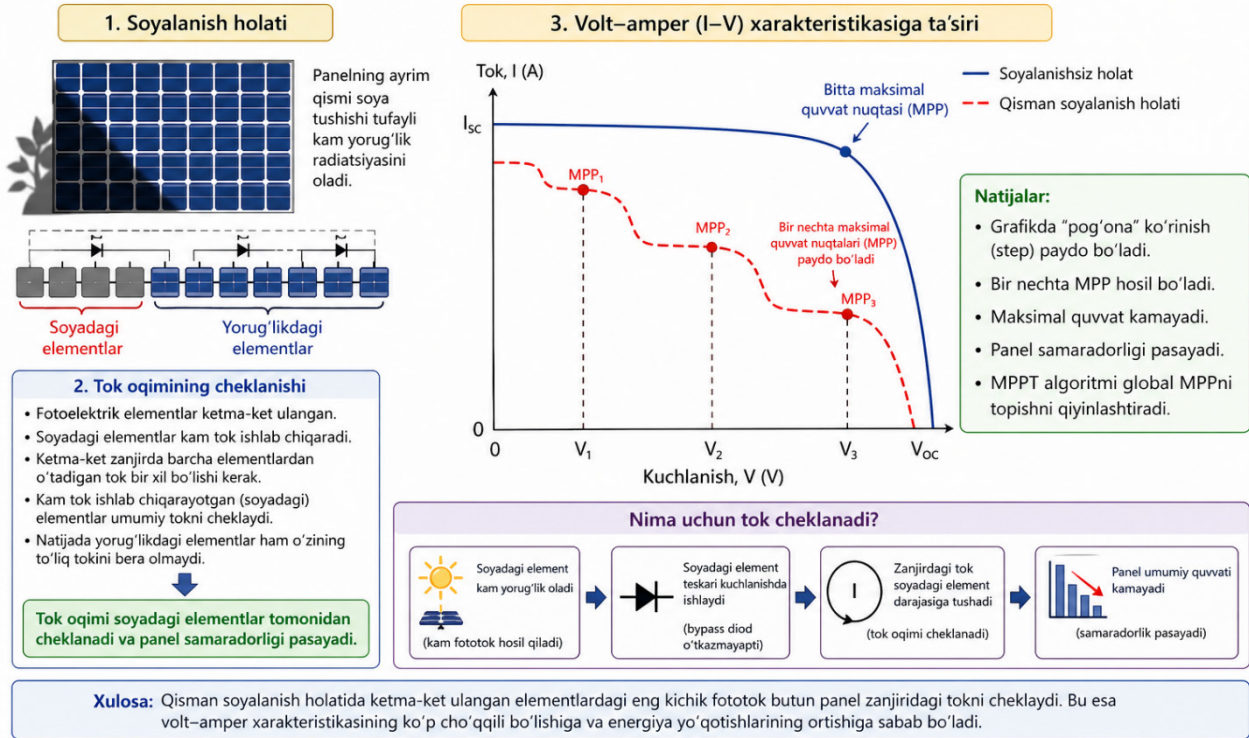
Shu sababli quyosh panellarining haroratini nazorat qilish va uni maqbul diapazonda ushlab turish uchun samarali sovitish tizimlarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday tizimlar quyosh panellaridan



issiqlikning samarali chiqarib yuborilishini ta'minlab, ularning uzoq muddat davomida barqaror va yuqori samaradorlik bilan ishlashiga xizmat qiladi [8].

Fotoelektrik tizimlarda soyalanish (partial shading) energiya yo'qotishlarining eng murakkab va muhim omillaridan biri hisoblanadi. Ushbu hodisa fotoelektrik panellar yuzasining ma'lum bir qismi quyosh nurlaridan to'silib qolishi natijasida yuzaga keladi. Panel elementlari odatda ketma-ket ulanganligi sababli, hatto kichik soyalanish ham butun tizim samaradorligining sezilarli darajada pasayishiga olib keladi (2-rasm).

Fotoelektrik panelda qisman soyalanishning ta'siri va tok oqimining cheklanishi



2-rasm. Fotoelektrik panelda qisman soyalanishning (partial shading) ta'siri va tok oqimining cheklanishi[®]

Fizik mohiyatiga ko'ra, fotoelektrik panellarda elementlar ketma-ket ulangan bo'lib, tok qiymati eng zaif, ya'ni soyada qolgan element bilan cheklanadi. Shundan kelib chiqadiki, bitta element soyada qolsa, butun zanjirdagi tok kamayadi va natijada umumiy quvvat sezilarli darajada pasayadi. Shu sababli tokning kamayishi to'g'ridan-to'g'ri quvvatning pasayishiga olib keladi.

Soyalanish jarayoni quyidagi texnik va fizik holatlarni yuzaga keltiradi:

tok oqimining kamayishi — butun tizim ishlashini cheklaydi;

maksimal quvvat nuqtasining siljishi — MPPT algoritmlarining ishlash jarayonini murakkablashtiradi;

“issiq nuqta” (hot-spot) hodisasi — lokal qizish natijasida elementning shikastlanishiga olib keladi;

panel unumdorligining pasayishi — uzoq muddatli ekspluatatsiya davomida degradatsiya jarayonlarini tezlashtiradi.

Fotoelektrik (PV) tizimlarda energiya yo'qotishlarining eng muhim va murakkab turlaridan biri soyalanish (partial shading) hisoblanadi. Ushbu hodisa, ayniqsa, panellar notekis yoritilgan sharoitlarda tizim samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Soyalanish natijasida fotoelektrik elementlarning elektr parametrlari o'zgaradi, volt-amper xarakteristikasi deformatsiyalanadi va maksimal quvvat nuqtasini aniqlash jarayoni murakkablashadi.

Fotoelektrik panellar odatda ketma-ket ulangan elementlardan tashkil topgan bo'lib, bu ulanish turi tizimning umumiy tokini eng past tok hosil qiluvchi element bilan cheklaydi. Ushbu jarayon quyidagi matematik ifoda orqali tavsiflanadi:

$$I = \min(I_1, I_2, \dots, I_n)$$

Bu yerda:

I — umumiy tok;

$I_1, I_2, \dots, I_n, I_1, I_2, \dots, I_n$ — alohida elementlarning tok qiymatlari.

Agar ushbu elementlardan biri soyada qolsa, uning fototok qiymati keskin kamayadi va natijada butun tizimning umumiy toki ham pasayadi. Bu esa zanjirning barcha elementlariga ta'sir qilib, umumiy quvvat ishlab chiqarishni kamaytiradi [9].

Fotoelektrik tizimning quvvati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P = IV$$

R_n yerda:

PP — quvvat;

II — tok;

VV — kuchlanish.

Soyalanish natijasida tok kamayishi sababli quvvat ham to'g'ridan-to'g'ri pasayadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, panel yuzasining atigi 10–20 foiz qismi soyada qolgan holatda ham umumiy quvvat yo'qotishlari 40–50 foizgacha yetishi mumkin [10]. Bu natija fotoelementlarning ketma-ket ulanish xususiyati bilan izohlanadi.

Oddiy ish sharoitida fotoelektrik panelning volt-ampere ($I-V$) xarakteristikasi silliq egri chiziq ko'rinishida bo'ladi va yagona maksimal quvvat nuqtasi (MPPT) mavjud bo'ladi. Biroq soyalanish sharoitida ushbu xarakteristika sezilarli darajada o'zgaradi. Ayniqsa, notekis soyalanish holatlarida xarakteristika ko'p bosqichli shaklga o'tadi va bir nechta lokal maksimal nuqtalar hosil bo'ladi.

Bu jarayon fizik jihatdan quyidagicha tushuntiriladi: har bir fotoelement turli darajada yoritilganligi sababli ular turli tok qiymatlarini hosil qiladi.

Natijada umumiy xarakteristika bir nechta segmentlardan iborat bo'ladi. Ushbu segmentlar lokal maksimal nuqtalarni hosil qiladi. Lokal maksimal nuqtalarning mavjudligi MPPT algoritmlarining samaradorligini pasaytiradi. Oddiy MPPT algoritmlari faqat yagona maksimal nuqtani aniqlashga mo'ljallangan bo'lsa, global MPPT algoritmlari butun xarakteristika bo'yicha optimal nuqtani aniqlash imkonini beradi. Bu esa zamonaviy PV tizimlarda muhim texnologik yondashuv hisoblanadi.

Soyalanishning eng muhim oqibatlaridan biri "issiq nuqta" (hot-spot) hodisasidir. Ushbu hodisa soyada qolgan elementning passiv yuk sifatida ishlashi natijasida yuzaga keladi. Ya'ni, soyada qolgan element elektr energiyasini ishlab chiqarmaydi, balki boshqa elementlar tomonidan ishlab chiqarilgan tokni o'zidan o'tkazadi va qarshilik tufayli qiziydi.

Mazkur jarayon Joule–Lenz qonuni orqali ifodalanadi:

$$Q = I^2 R t$$

Bu yerda:

QQ — ajralgan issiqlik;

II — tok;

RR — qarshilik;

tt — vaqt.

Issiq nuqta hosil bo'lishi panelning lokal qizib ketishiga olib keladi, bu esa material degradatsiyasini tezlashtiradi va panelning xizmat muddatini qisqartiradi [10]. Issiq nuqta hodisasi, ayniqsa, yuqori quyosh nurlanishi va yuqori harorat sharoitida yanada kuchayadi. Bu esa PV tizimlarning ishonchligiga ta'sir ko'rsatib, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarining ortishiga sabab bo'lishi mumkin.

Ko'plab eksperimental tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, soyalanish darajasi va quvvat yo'qotishlari o'rtasida chiziqli bo'lmagan bog'liqlik mavjud. Masalan, 10 foiz soyalanish 10 foiz quvvat yo'qotishiga emas, balki 30–40 foizgacha quvvat kamayishiga olib kelishi mumkin. Bu holat tizimning elektr konfiguratsiyasi bilan izohlanadi.

Eksperimental natijalarga ko'ra:

10% soyalanish → 30–40% quvvat yo'qotish;

20% soyalanish → 40–50% quvvat yo'qotish;

notekis soyalanish → 50% dan ortiq quvvat yo'qotishlari.

Mazkur natijalar fotoelektrik tizimlarni loyihalashda soyalanish omilini albatta hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

Soyalanish ta'sirini kamaytirish maqsadida zamonaviy PV tizimlarda bir qator texnologik yechimlar qo'llaniladi:

bypass diodlar — soyada qolgan elementlarni "aylanib o'tish" imkonini beradi;

MPPT algoritmlari — maksimal quvvat nuqtasini aniqlashni optimallashtiradi;

mikroinvertorlar — har bir panelni alohida boshqaradi;

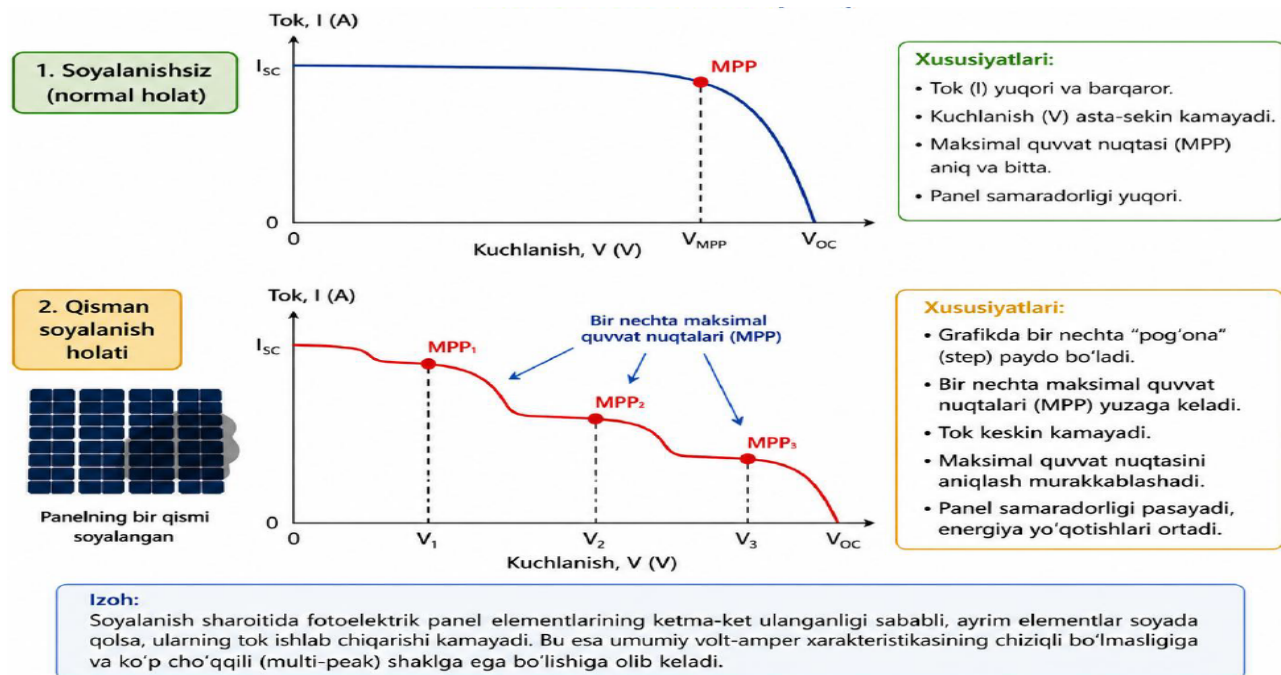
optimizatorlar — tizimning umumiy samaradorligini oshiradi.

Ushbu texnologiyalar tizimning moslashuvchanligini oshiradi hamda energiya yo'qotishlarini kamaytirishga



xizmat qiladi.

Fotoelektrik panellarda elementlar ketma-ket ulangan bo'lib, umumiy tok eng past tok hosil qiluvchi element bilan cheklanadi. Soyalanish natijasida tok kamayadi va natijada quvvat sezilarli darajada pasayadi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 10–20 foiz soyalanish holatida quvvat yo'qotishlari 40–50 foizgacha yetishi mumkin [10] (3-rasm).



3-rasm. Soyalanish sharoitida fotoelektrik panelning volt-ampere xarakteristikasi¹

Issiq nuqta hodisasi ayniqsa muhim texnik omillardan biri bo'lib, u quyidagi sharoitda yuzaga keladi: soyada qolgan element energiya ishlab chiqarmaydi, balki boshqa elementlar tomonidan hosil qilingan tok uchun "yuk" vazifasini bajaradi va natijada qizib ketadi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, fotoelektrik panel yuzasining atigi 10–20 foiz qismi soyada qolgan taqdirda ham tizim ishlab chiqarishi 40–50 foizgacha kamayishi mumkin [10]. Bu natija fotoelektrik tizimlarning ketma-ket ulanishiga xos xususiyat bilan izohlanadi.

Fotoelektrik tizimlarda soyalanish (partial shading) energiya yo'qotishlarining eng murakkab va ko'p omilli ko'rinishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, notekis soyalanish holatlarida tizimning elektr parametrlari sezilarli darajada o'zgaradi. Bunday sharoitda fotoelektrik panellarning volt-ampere xarakteristikasi (I - V curve) deformatsiyalanadi va natijada yagona maksimal quvvat nuqtasi o'rniga bir nechta lokal maksimal nuqtalar yuzaga keladi. Bu holat energiya ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirishni murakkablashtiradi hamda tizim samaradorligiga ta'sir ko'rsatadi.

Fotoelektrik tizimlarda soyalanish quyidagi asosiy omillar ta'sirida yuzaga keladi:

- atrof-muhitdagi daraxtlar va binolar;
- chang, qum va boshqa ifloslanishlar;
- bulutlilik darajasi hamda atmosfera sharoitlari;
- antennalar, ustunlar va boshqa konstruksion elementlar;
- panellarni noto'g'ri joylashtirish yoki ular orasidagi masofaning yetarli emasligi.

Shu sababli fotoelektrik tizimlarni loyihalash bosqichida soyalanish tahlilini amalga oshirish muhim ahamiyat kasb etadi. Maxsus simulyatsiya dasturlari (masalan, PVsyst) yordamida soyalanish darajasi oldindan baholanadi va optimal joylashtirish sxemalari ishlab chiqiladi.

Zamonaviy fotoelektrik tizimlarda soyalanish ta'sirini kamaytirish uchun bir qator texnologik yechimlar qo'llaniladi. Birinchidan, bypass diodlar keng qo'llaniladigan samarali vositalardan biri hisoblanadi. Ushbu diodlar soyada qolgan elementlar orqali tok oqimini cheklab, tokning boshqa yo'nalish orqali o'tishini ta'minlaydi.

Natijada tizimda issiq nuqtalar hosil bo'lishi kamayadi va panelning shikastlanish ehtimoli pasayadi. Ikkinchidan, maksimal quvvat nuqtasini kuzatish (MPPT) algoritmlari muhim ahamiyatga ega. Oddiy sharoitda MPPT yagona maksimal nuqtani aniqlasa, soyalanish sharoitida bir nechta lokal maksimumlar paydo bo'ladi. Zamonaviy MPPT algoritmlari (masalan, global MPPT) ushbu lokal maksimumlar orasidan global maksimal nuqtani

1 Muallif ishlanmasi



aniqlash imkonini beradi.

Uchinchidan, optimizatorlar va mikroinverterlar texnologiyasi qo'llaniladi. Bu tizimlar har bir panelni alohida boshqarish imkonini beradi. Natijada soyada qolgan panel butun tizim samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

Fotoelektrik panellarda degradatsiya jarayonini quyidagi matematik ifoda orqali tavsiflash mumkin:

$$P(t) = P_0(1 - r)^t$$

Bu yerda:

P_0 — boshlang'ich quvvat;

r — yillik degradatsiya koeffitsiyenti;

t — vaqt (yil).

Tadqiqotlarga ko'ra, fotoelektrik panellarda degradatsiya darajasi yiliga o'rtacha 0,5–1 foizni tashkil etadi [11].

Harorat, soyalanish va degradatsiya o'zaro bog'liq jarayonlar hisoblanadi. Degradatsiya — bu fotoelektrik modullarning fizik va elektr xususiyatlarining vaqt o'tishi bilan asta-sekin o'zgarishi hamda panel samaradorligining pasayib borishidir.

Shuningdek:

yuqori harorat degradatsiya jarayonlarini tezlashtiradi;

soyalanish lokal qizish (hot-spot) hodisasini kuchaytiradi;

degradatsiya esa tok va kuchlanish parametrlarining pasayishiga olib keladi.

Shu sababli fotoelektrik tizim samaradorligini baholashda ushbu omillar kompleks tarzda tahlil qilinishi zarur. Xulosa qilib aytganda, harorat, soyalanish va degradatsiya fotoelektrik tizimlarda energiya yo'qotishlarining asosiy omillari hisoblanadi. Ushbu omillarni matematik modellashtirish va ularning o'zaro ta'sirini tahlil qilish fotoelektrik tizim samaradorligini oshirish uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Fotoelektrik tizimlarning uzoq muddatli barqaror ishlashi nafaqat ichki texnik parametrlar, balki vaqt o'tishi bilan yuzaga keladigan degradatsiya jarayonlariga ham bevosita bog'liqdir. Fotoelektrik tizimlarda kuzatiladigan degradatsiya jarayonlari turli fizik va kimyoviy mexanizmlar asosida yuzaga keladi hamda ular bir nechta asosiy turlarga bo'linadi.

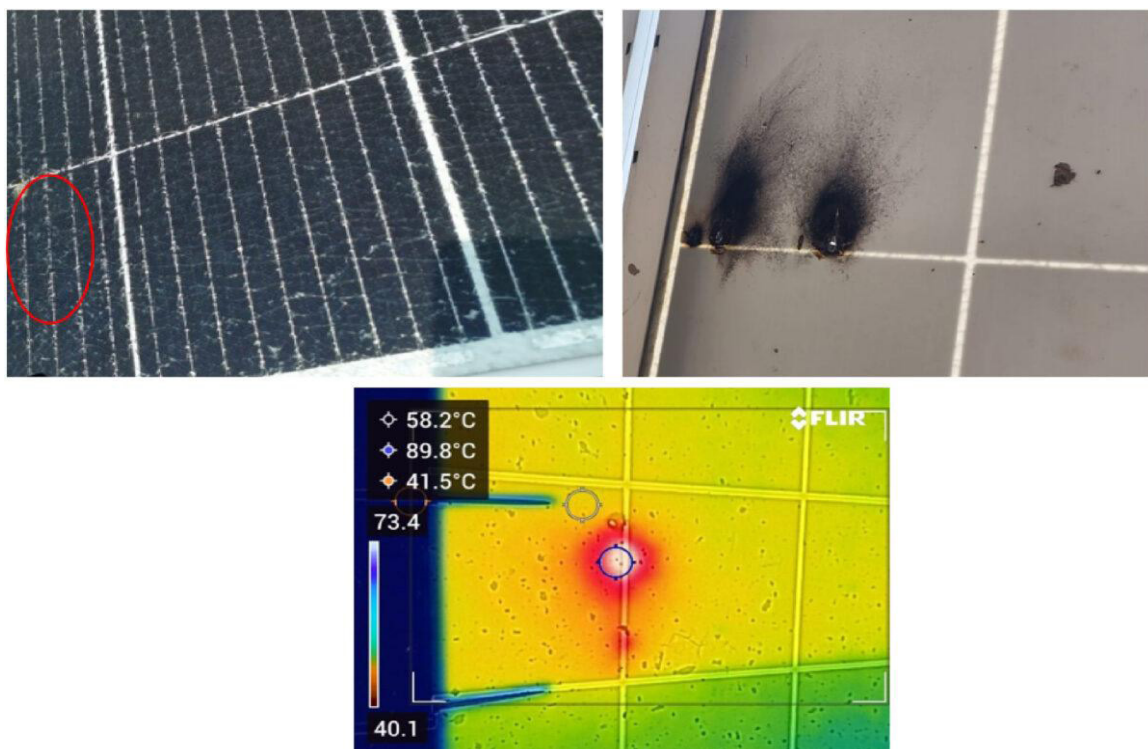
Degradatsiya omillarini chuqur o'rganish va tahlil qilish fotoelektrik tizimlarning ishonchligi hamda xizmat muddatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Birinchi tur — yorug'lik ta'sirida yuzaga keladigan degradatsiya, ya'ni LID (Light-Induced Degradation) hisoblanadi. Ushbu jarayon asosan kremniy (Si) asosidagi fotoelementlarda kuzatiladi va u yorug'lik ta'sirida bor-kislorod (B–O) komplekslarining hosil bo'lishi bilan bog'liq.

Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, LID ta'siri natijasida bir necha hafta ichida fotoelektrik modullarning samaradorligi taxminan 1–3 foizgacha kamayishi mumkin. Ushbu hodisa ayniqsa yuqori quyosh nurlanishi sharoitida kuchliroq namoyon bo'ladi.

Ikkinchi muhim tur — PID (Potential-Induced Degradation), ya'ni potensial ta'sirida yuzaga keladigan degradatsiya hisoblanadi. Bu jarayon fotoelektrik modullar yuqori kuchlanish ostida ishlaganda yuzaga keladi va elektr maydon ta'sirida ionlarning migratsiyasi bilan bog'liq. PID jarayoni ayniqsa yuqori namlik va harorat sharoitida tezlashadi hamda katta quvvatli fotoelektrik stansiyalarda muhim texnik omillardan biri sifatida qaraladi.

Uchinchi tur — termal degradatsiya bo'lib, u yuqori harorat ta'sirida materiallarning fizik xususiyatlari o'zgarishi bilan bog'liq. Fotoelementlarning uzoq vaqt davomida yuqori haroratda ishlashi ularning ichki qarshiligining ortishiga, elektr kontaktlarning yomonlashishiga va energiya yo'qotishlarining ko'payishiga olib keladi. Bundan tashqari, yuqori harorat laminatsiya qatlamlarining eskirish jarayonini tezlashtiradi, bu esa modulning mexanik barqarorligiga ta'sir ko'rsatadi.

To'rtinchi tur — mexanik degradatsiya bo'lib, u tashqi muhit ta'siri natijasida yuzaga keladi. Bunga shamol bosimi, qor yuklamasi, chang, vibratsiya va turli mexanik ta'sirlar kiradi. Ushbu omillar natijasida fotoelektrik modullarda mikro yoriqlar (microcracks) hosil bo'ladi. Mexanik degradatsiya ko'pincha uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonida asta-sekin rivojlanadi (4-rasm).



4-rasm. Fotoelektrik modullarda degradatsiya turlari²

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, fotoelektrik panellar yiliga o'rtacha 0,5–1 foiz samaradorlikni yo'qotadi. 20–25 yil davomida ushbu yo'qotishlar sezilarli darajaga yetib, umumiy energiya ishlab chiqarish hajmiga ta'sir ko'rsatadi. Mahalliy sharoitda olib borilgan tadqiqotlar ham ushbu natijalarni tasdiqlab, O'zbekiston iqlim sharoitida, ayniqsa yuqori harorat va changlanish darajasi yuqori bo'lgan hududlarda degradatsiya jarayonlari nisbatan tezroq kechishini ko'rsatmoqda. Bu esa fotoelektrik tizimlarni loyihalash va ekspluatatsiya qilishda mazkur omillarni alohida hisobga olish zarurligini ta'kidlaydi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Fotoelektrik tizimlarda degradatsiya jarayonlari ko'p omilli va murakkab xarakterga ega bo'lib, ular tizim samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. LID, PID, termal va mexanik degradatsiya omillarini kompleks ravishda tahlil qilish hamda ularni kamaytirish choralarini ishlab chiqish fotoelektrik energetika samaradorligini oshirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Fotoelektrik tizimlarda harorat, soylanish va degradatsiya omillari mustaqil ravishda emas, balki o'zaro bog'liq holda kompleks ta'sir ko'rsatadi. Ushbu omillarning sinergetik (birgalikdagi) ta'siri natijasida energiya yo'qotishlari yanada ortadi va tizim samaradorligi sezilarli darajada pasayadi. Shu sababli fotoelektrik tizimlarni baholashda har bir omilni alohida ko'rib chiqish yetarli emas, balki ularning o'zaro ta'sirini kompleks ravishda tahlil qilish muhim ahamiyat kasb etadi.

Masalan, yuqori harorat ta'sirida yarimo'tkazgich materiallarning energetik zonalarini o'zgaradi, bu esa zaryad tashuvchilarning rekombinatsiya jarayonlarini kuchaytiradi. Natijada fotoelementlarning foydali ish koeffitsiyenti kamayadi va degradatsiya jarayonlari tezlashadi. Haroratning ortishi, ayniqsa, ochiq zanjir kuchlanishining pasayishiga olib keladi, bu esa umumiy quvvat ishlab chiqarishga ta'sir ko'rsatadi.

Shu bilan birga, soylanish natijasida fotoelektrik panellarning ayrim qismlarida lokal qizish — "issiq nuqtalar" (hot-spot) hosil bo'ladi. Bunday holatda soyada qolgan elementlar energiya ishlab chiqarmaydi, balki yuk sifatida ishlaydi va qizib ketadi. Bu esa lokal haroratning keskin oshishiga olib kelib, materiallarning termal degradatsiyasini tezlashtiradi hamda modulning xizmat muddatini qisqartiradi.

Bundan tashqari, changlanish omili ham ushbu jarayonlar bilan chambarchas bog'liqdir. Chang qatlamlari



quyosh nurlanishining fotoelement yuzasiga yetib borishini kamaytiradi, natijada foydali energiya ishlab chiqarish pasayadi. Shu bilan birga, chang issiqlik almashinuvini yomonlashtirib, panelning qizishini kuchaytiradi. Bu esa termal degradatsiya jarayonlarining yanada tezlashishiga olib keladi.

Yuqoridagi omillar o'zaro kuchaytiruvchi ta'sirga ega. Masalan, changlanish natijasida yuzaga kelgan qo'shimcha qizish soyalanish bilan birgalikda lokal haroratning yanada oshishiga olib keladi. Bu esa mikro yoriqlar hosil bo'lishi, elektr kontaktlarning yemirilishi va materiallarning eskirish jarayonini tezlashtiradi. Zamonaviy tadqiqotlar ham aynan integratsiyalashgan yondashuv fotoelektrik tizimlarning real ishlash samaradorligini aniqlashda eng samarali usullardan biri ekanligini ko'rsatmoqda.

Fotoelektrik tizimlarda harorat, soyalanish va changlanish kabi omillar o'zaro bog'liq holda degradatsiya jarayonlarini kuchaytiradi hamda energiya yo'qotishlarini oshiradi. Ularning sinergetik ta'siri tizim samaradorligining pasayishiga olib keladi. Shu bois fotoelektrik tizimlarni loyihalash va ekspluatatsiya qilishda ushbu omillarni kompleks ravishda hisobga olish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. — New York: Wiley, 2013.
2. Messenger R., Ventre J. *Photovoltaic Systems Engineering*. — CRC Press, 2010.
3. Villalva M.G., Gazoli J.R., Filho E.R. Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays // *IEEE Transactions on Power Electronics*. — 2009. — Vol. 24(5). — P. 1198–1208.
4. Luque A., Hegedus S. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. — John Wiley & Sons, 2011.
5. Rahimov G', Yusupov Sh. Quyosh fotoelektrik tizimlarida energiya samaradorligini oshirish usullari // *Energetika va resurs tejamkor texnologiyalar ilmiy jurnali*. — Toshkent, 2022. — №3. — B. 45–52.
6. Tursunov X.T. *Qayta tiklanuvchi energiya manbalari*. — Toshkent: Iqtisodiyot, 2020. — B. 78–85.
7. Skoplaki E., Palyvos J.A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance // *Solar Energy*. — 2009. — P. 614–624.
8. Otamirzayev D.R. Quyosh fotoelektrik panellarining yuzasini sovutish orqali samaradorligini oshirish: texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati. — Farg'ona, 2025. — B. 20.
9. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. — Wiley, 2013. — P. 1–25.
10. Messenger R., Ventre J. *Photovoltaic Systems Engineering*. — CRC Press, 2010. — P. 75–110.
11. Green M.A. *Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications*. — Prentice-Hall, 1982. — P. 55–95.

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. № 5

© 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