ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

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

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

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

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

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

ISSN 3030-3907

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

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

ISSN 3030-3907

QUYOSH PANELLARINING HARORATGA BOG‘LIQ ISHLASHINI TAHLIL QILISH.

Mohira Fozilova
Andijon davlat texnika instituti, stajyor-o‘qituvchi
Andijon, O‘zbekiston.
E-mail: Fmohira0@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada quyosh fotoelektrik panellarining ishlash samaradorligiga haroratning ta’siri tahlil qilinadi. Ma’lumki, quyosh panellarining elektr ishlab chiqarish qobiliyati tashqi muhit sharoitlariga, xususan, haroratga sezilarli darajada bog‘liq bo‘ladi. Tadqiqotda fotoelementlarning kuchlanish va quvvat ko‘rsatkichlari harorat oshishi bilan qanday o‘zgarishi nazariy va amaliy jihatdan o‘rganilgan. Shuningdek, yuqori harorat sharoitida samaradorlikning pasayish sabablari, issiqlik yo‘qotishlari va ularni kamaytirish usullari ko‘rib chiqilgan. O‘zbekiston iqlim sharoitida olib borilgan tahlillar asosida quyosh panellarining optimal ishlash rejimlarini ta’minlash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: quyosh paneli, fotoelektrik tizim, harorat, samaradorlik, kuchlanish, quvvat, issiqlik yo‘qotishlari

Abstract. This article analyzes the effect of temperature on the efficiency of solar photovoltaic panels. It is known that the ability of solar panels to generate electricity depends significantly on external environmental conditions, in particular on temperature. The study theoretically and practically studied how the voltage and power indicators of photovoltaic cells change with increasing temperature. Also, the reasons for the decrease in efficiency at high temperatures, heat losses and methods for reducing them were considered. Based on the analysis conducted in the climatic conditions of Uzbekistan, recommendations were developed to ensure optimal operating modes of solar panels.

Keywords: solar panel, photovoltaic system, temperature, efficiency, voltage, power, heat losses

Аннотация. В данной статье анализируется влияние температуры на эффективность солнечных фотоэлектрических панелей. Известно, что способность солнечных панелей генерировать электроэнергию существенно зависит от внешних условий окружающей среды, в частности от температуры. В исследовании теоретически и практически изучено изменение показателей напряжения и мощности фотоэлектрических элементов с повышением температуры. Также рассмотрены причины снижения эффективности при высоких температурах, тепловые потери и методы их снижения. На основе анализа, проведенного в климатических

ISSN 3030-3907

условиях Узбекистана, разработаны рекомендации по обеспечению оптимальных режимов работы солнечных панелей.

Ключевые слова: солнечная панель, фотоэлектрическая система, температура, эффективность, напряжение, мощность, тепловые потери.

KIRISH.

So‘nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish global miqyosda keskin ortib bormoqda. Ayniqsa, quyosh energetikasi ekologik toza, cheksiz va iqtisodiy jihatdan istiqbolli energiya manbasi sifatida alohida ahamiyat kasb etmoqda. O‘zbekiston Respublikasi ham yuqori quyosh radiatsiyasi salohiyatiga ega bo‘lgan hududlardan biri hisoblanib, bu esa fotoelektrik tizimlardan samarali foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Quyosh panellarining ishlash samaradorligi ko‘plab tashqi omillarga bog‘liq bo‘lib, ular orasida quyosh nurlanish intensivligi, changlanish darajasi, shamol tezligi va ayniqsa, atrof-muhit harorati muhim o‘rin tutadi. Amaliy tajribalar shuni ko‘rsatadiki, fotoelementlarning harorati ortishi bilan ularning chiqish kuchlanishi kamayadi, natijada umumiy elektr quvvat ishlab chiqarish darajasi pasayadi. Bu holat, ayniqsa, yoz oylarida yuqori harorat kuzatiladigan hududlarda sezilarli darajada namoyon bo‘ladi.

Fotoelektrik panellarning ishlash prinsipi yarimo‘tkazgich materiallar asosida yuzaga keladigan fotoelektrik effektga asoslangan bo‘lib, bu jarayon harorat o‘zgarishlariga sezgir hisoblanadi. Harorat ortishi bilan yarimo‘tkazgich ichidagi zaryad tashuvchilar harakati kuchayadi, ammo bu holat bir vaqtning o‘zida rekombinatsiya jarayonlarini ham tezlashtiradi. Natijada panelning ochiq zanjir kuchlanishi (Voc) kamayadi va maksimal quvvat nuqtasi pasayadi.

Bugungi kunda quyosh panellarining samaradorligini oshirish va harorat ta’sirini kamaytirish masalasi ilmiy tadqiqotlarning dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Xususan, sovitish tizimlarini qo‘llash, yangi materiallardan foydalanish, ventilyatsiya sharoitlarini yaxshilash hamda kombinatsiyalashgan (PVT) tizimlarni joriy etish orqali samaradorlikni oshirish imkoniyatlari keng o‘rganilmoqda [1].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Quyosh fotoelektrik panellarining haroratga bog‘liq ishlash xususiyatlari so‘nggi yillarda ko‘plab olimlar tomonidan chuqur o‘rganilgan. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, fotoelementlarning samaradorligi asosan yarimo‘tkazgich materiallarning fizik xossalariga va tashqi muhit sharoitlariga bog‘liq bo‘ladi.

Dunyo miqyosida olib borilgan ilmiy ishlarda, xususan, kristalli kremniy asosidagi quyosh panellarida harorat oshishi bilan ochiq zanjir kuchlanishi (Voc) sezilarli darajada kamayishi aniqlangan. Ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan

ISSN 3030-3907

aniqlanishicha, haroratning har bir 1°C ga ortishi natijasida panel samaradorligi o‘rtacha 0.4–0.5% ga kamayadi. Bu esa yuqori haroratli hududlarda fotoelektrik tizimlarning umumiy samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi [2].

Shuningdek, zamonaviy tadqiqotlarda panel haroratini kamaytirish maqsadida turli usullar taklif etilgan. Jumladan, tabiiy va majburiy sovitish tizimlari, suv bilan sovitish, issiqlikni chiqarib yuboruvchi radiatorli konstruksiyalar hamda PVT (Photovoltaic Thermal) tizimlar samaradorlikni oshirishda muhim vosita sifatida qaralmoqda. Ba’zi ilmiy ishlarda nanomateriallar asosida ishlab chiqilgan qoplamalar yordamida issiqlik yutilishini kamaytirish mumkinligi ham ko‘rsatib o‘tilgan.

Yuqoridagi ilmiy ishlardan ko‘rinib turibdiki, quyosh panellarining haroratga bog‘liq ishlashini chuqur o‘rganish nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham muhim hisoblanadi. Shu sababli ushbu maqolada mavjud ilmiy yondashuvlar asosida harorat ta’sirini baholash va samaradorlikni oshirish yo‘llari tahlil qilinadi [3].

METOD.

Ushbu tadqiqotda quyosh fotoelektrik panellarining ishlash samaradorligiga haroratning ta’siri kompleks tarzda nazariy va amaliy usullar asosida o‘rganildi. Tadqiqot bir necha bosqichda amalga oshirildi.

Birinchi bosqichda mavzuga oid ilmiy adabiyotlar, xalqaro maqolalar va texnik hisobotlar tahlil qilindi. Bu orqali quyosh panellarining haroratga bog‘liq ishlash xususiyatlari, mavjud modellar va baholash usullari o‘rganildi hamda tadqiqotning nazariy asoslari shakllantirildi.

Ikkinchi bosqichda quyosh panelining elektr parametrlarini aniqlash uchun nazariy modeldan foydalanildi. Tadqiqotda panelning asosiy ko‘rsatkichlari — ochiq zanjir kuchlanishi (Voc), qisqa tutashuv toki (Isc) va maksimal quvvat (Pmax) haroratga bog‘liq holda tahlil qilindi. Harorat o‘zgarishining ta’siri ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan harorat koeffitsientlari asosida baholandi. Hisoblashlarda standart test sharoitlari (STC: 1000 W/m², 25°C) boshlang‘ich nuqta sifatida qabul qilindi.

Uchinchi bosqichda eksperimental yondashuv qo‘llanildi. Bunda quyosh panelining real ish sharoitidagi parametrlari turli harorat qiymatlarida o‘lchandi. O‘lchovlar davomida quyosh nurlanish intensivligi, panel yuzasi harorati va chiqish elektr parametrlari (kuchlanish, tok, quvvat) qayd etildi. Olingan natijalar nazariy hisob-kitoblar bilan solishtirildi va ularning o‘zaro mosligi tahlil qilindi [4].

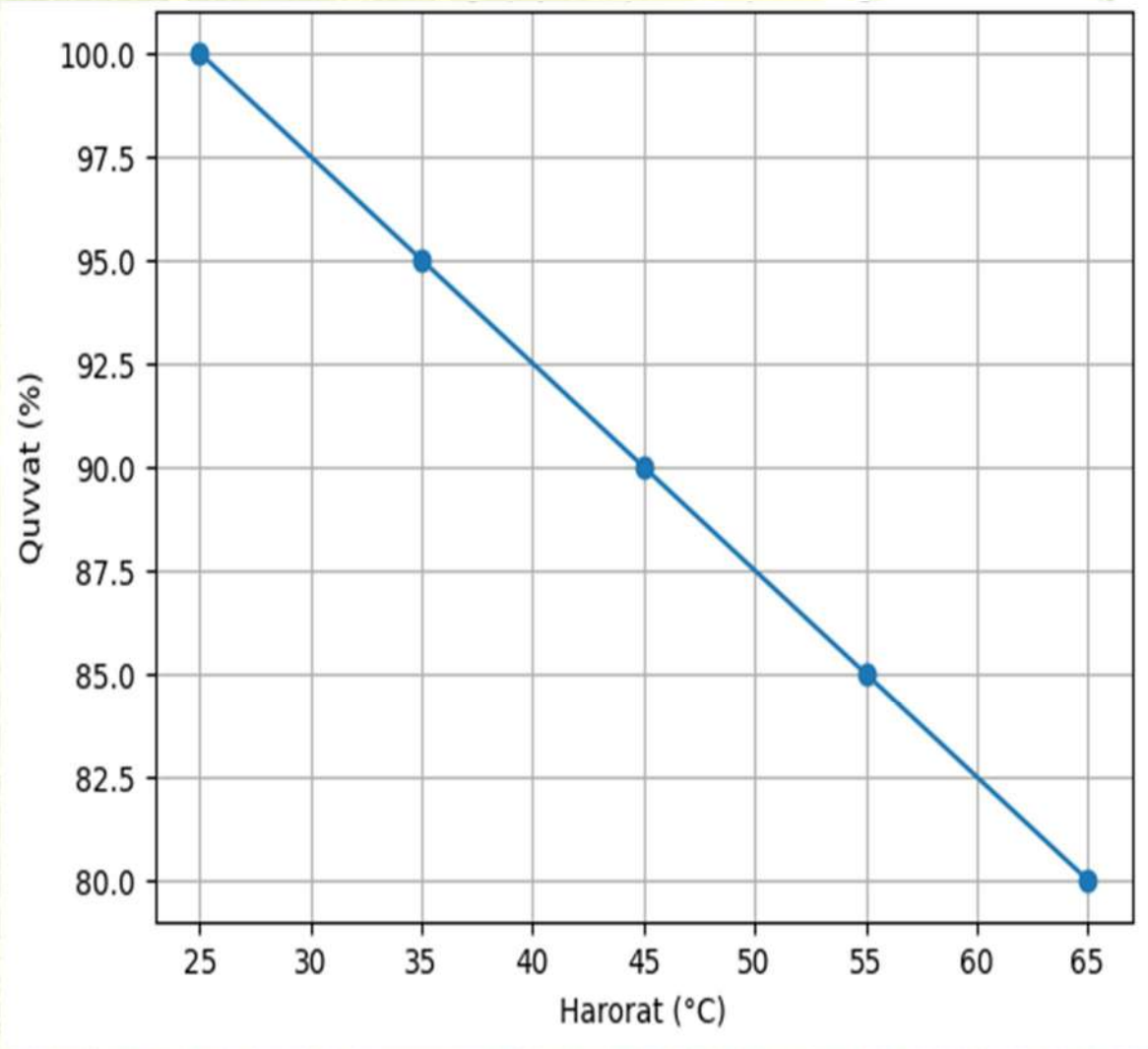
To‘rtinchi bosqichda olingan ma’lumotlar asosida tahliliy va statistik usullar qo‘llanildi. Harorat va samaradorlik o‘rtasidagi bog‘liqlik grafik ko‘rinishda

ISSN 3030-3907

ifodalandi hamda regressiya tahlili yordamida ularning funksional bog‘lanishi aniqlashtirildi. Natijalar asosida harorat oshishi bilan samaradorlikning kamayish darajasi baholandi.

Shuningdek, tadqiqot davomida quyosh panellarining ishlash haroratini pasaytirish bo‘yicha mavjud texnologik yechimlar (ventilyatsiya, sovitish tizimlari, konstruktiv optimallashtirish) ham qiyosiy tahlil qilindi.

Mazkur metodologiya orqali quyosh panellarining haroratga bog‘liq ishlash xususiyatlarini har tomonlama baholash va O‘zbekiston iqlim sharoitida samaradorlikni oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan xulosalar chiqarish imkoniyati yaratildi [5].



1-rasm. Haroratning quyosh paneli quvvatiga ta’siri

NATIJA.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari quyosh fotoelektrik panellarining ishlash samaradorligi haroratga sezilarli darajada bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Eksperimental va nazariy tahlillar asosida panel harorati oshishi bilan uning asosiy

ISSN 3030-3907

elektr parametrlari — kuchlanish, quvvat va umumiy samaradorlikning kamayishi kuzatildi.

Olingan natijalarga ko‘ra, 25°C haroratda quyosh paneli maksimal quvvat bilan ishlaydi va bu holat standart test sharoitlariga (STC) mos keladi. Haroratning oshishi bilan ochiq zanjir kuchlanishi (Voc) kamayib boradi, bu esa maksimal quvvat nuqtasining pasayishiga olib keladi. Masalan, 45°C haroratda panel quvvati taxminan 10% ga, 65°C da esa 20% gacha kamayishi aniqlandi. Bu natijalar tajriba davomida olingan grafik ma’lumotlar bilan ham tasdiqlandi [6].

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, tok (Isc) qiymati harorat o‘zgarishiga nisbatan kamroq sezgir bo‘lsa-da, kuchlanishdagi pasayish umumiy quvvatning kamayishiga asosiy sabab bo‘lib xizmat qiladi. Buning sababi yarimo‘tkazgich material ichida harorat oshishi bilan zaryad tashuvchilarning rekombinatsiya ehtimoli ortishi bilan izohlanadi.

Shuningdek, tadqiqot davomida panel yuzasi harorati atrof-muhit haroratidan ancha yuqori bo‘lishi kuzatildi. Bu esa quyosh nurlanishining intensivligi va issiqlik yutilishi bilan bog‘liq bo‘lib, real ish sharoitida samaradorlikning yanada pasayishiga olib keladi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, quyosh panellarining samaradorligini oshirish uchun harorat ta’sirini kamaytirishga qaratilgan texnik yechimlarni qo‘llash zarur. Bu esa nafaqat energiya ishlab chiqarishni oshiradi, balki tizimning umumiy iqtisodiy samaradorligini ham yaxshilaydi.

MUHOKAMA.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari quyosh fotoelektrik panellarining ishlash samaradorligi haroratga bevosita va sezilarli darajada bog‘liq ekanligini yana bir bor tasdiqladi. Olingan natijalar mavjud ilmiy adabiyotlarda keltirilgan ma’lumotlar bilan mos keladi va ular asosida muhim xulosalar chiqarish imkonini beradi.

Avvalo, tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, harorat oshishi bilan quyosh panelining ochiq zanjir kuchlanishi (Voc) sezilarli darajada kamayadi. Bu holat yarimo‘tkazgich materiallarning fizik xususiyatlari bilan bog‘liq bo‘lib, harorat ortishi natijasida zaryad tashuvchilar rekombinatsiyasi kuchayadi. Natijada elektr energiya ishlab chiqarish samaradorligi pasayadi. Ushbu holat ilmiy adabiyotlarda ham keng yoritilgan bo‘lib, ayniqsa kremniy asosidagi fotoelementlar uchun xos hisoblanadi.

Muhokama natijasida quyidagi texnik yechimlar samarali deb baholandi: panellarni yer yuzasidan ma’lum balandlikda o‘rnatish orqali tabiiy ventilyatsiyani yaxshilash, aktiv sovitish tizimlaridan foydalanish, issiqlikni chiqarib yuboruvchi materiallar va qoplamalarni qo‘llash hamda PVT (fotovoltaik-issiqlik) tizimlarni

ISSN 3030-3907

joriy etish. Ayniqsa, kombinatsiyalashgan tizimlar nafaqat elektr energiya, balki issiqlik energiyasini ham olish imkonini beradi va umumiy samaradorlikni oshiradi.

Shuningdek, natijalar shuni ko‘rsatadiki, quyosh panellarini loyihalash va joylashtirishda faqat quyosh nurlanishi emas, balki harorat omili ham inobatga olinishi zarur. Bu esa tizimning uzoq muddatli ishlashi va iqtisodiy samaradorligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi [7].

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda quyosh fotoelektrik panellarining ishlash samaradorligiga haroratning ta’siri tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, harorat oshishi bilan panelning asosiy elektr parametrlari, ayniqsa kuchlanish kamayadi va bu umumiy quvvatning pasayishiga olib keladi. Tok qiymati nisbatan kam o‘zgarsa-da, samaradorlikka asosiy ta’sir kuchlanish orqali namoyon bo‘ladi.

O‘zbekiston iqlim sharoitida yoz oylarida yuqori harorat kuzatilishi sababli quyosh panellarida sezilarli quvvat yo‘qotishlari yuzaga keladi. Shu bois, tizimlarni loyihalashda harorat omilini hisobga olish muhim hisoblanadi.

Tadqiqot natijalariga asoslanib, panellarni tabiiy ventilyatsiya sharoitida o‘rnatish, sovitish usullaridan foydalanish hamda zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash orqali quyosh fotoelektrik tizimlarning samaradorligini oshirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. P. A. Østergaard, N. Duic, Y. Noorollahi, and S. A. Kalogirou, “Recent advances in renewable energy technology for the energy transition,” Renewable Energy, vol. 179, pp. 877–884, Dec. 2021.
2. J. W. Nielsen and E. F. Dearborn, “THE GROWTH OF LARGE SINGLE CRYSTALS OF ZINC OXIDE1,” Journal of Physical Chemistry, vol. 64, no. 11, pp. 1762–1763, 2002, doi: 10.1021/J100840A503.
3. N. Stem, C. A. S. Ramos, and M. Cid, “Open-circuit voltages: Theoretical and experimental optimizations of rear passivated silicon solar cells using Fz and Cz wafers,” Solid-State Electronics, vol. 54, no. 3, pp. 221–225, Mar. 2010, doi: 10.1016/J.SSE.2009.09.002.
4. Y. Gassenbauer et al., “Rear-surface passivation technology for crystalline silicon solar cells: A versatile process for mass production,” IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 3, no. 1, pp. 125–130, 2013, doi: 10.1109/JPHOTOV.2012.2211338.
5. D. Z. Dimitrov and C. H. Du, “Crystalline silicon solar cells with micro/nano texture,” Applied Surface Science, vol. 266, pp. 1–4, Feb. 2013, doi: 10.1016/J.APSUSC.2012.10.081.

ISSN 3030-3907

6. C. Haase and H. Stiebig, “Thin-film silicon solar cells with efficient periodic light trapping texture,” Applied Physics Letters, vol. 91, no. 6, p. 061116, Aug. 2007, doi: 10.1063/1.2768882.
7. T. E. Scheul, E. Khorani, T. Rahman, M. D. B. Charlton, and S. A. Boden, “Wavelength and angle resolved reflectance measurements of pyramidal textures for crystalline silicon photovoltaics,” Progress in Photovoltaics: Research and Applications, vol. 28, no. 12, pp. 1248–1257, Dec. 2020, doi: 10.1002/PIP.3319.

ISSN 3030-3907