



FOTOELEKTRIK MODULLARNI BINOGA INTEGRATSIYA QILISH USULLARI VA TEXNOLOGIYALARINI TADQIQ QILISH

Nasrullayev Yu.Z.¹, Allamurotov A.X.²

¹Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O'zbekiston

²Toshkent arxitektura va qurilish universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya. Turar-joy va jamoat binolariga integratsiyalangan fotoelektrik panellar (BIFP) tizimlarini o'rnatishda, umumiy energiyaga bo'lgan ehtiyojni va ular bilan bog'liq bo'lgan issiqlik va elektr ta'minoti tizimini minimallashtirishga qaratilgan. Binoga integratsiyalangan fotoelektrik tizimlarning energiya infratuzilmasi, qayta tiklanadigan energiya manbalari energiya samarador qurilmalarni o'z ichiga oladi. Ushbu maqolada binoning tomiga/fasadlariga asoslangan (BIFP) tizimlarining ishlashi va binolarni sovutish/isitish tizimlariga ta'sir etuvchi parametrlar ko'rib chiqilgan. Mavjud bo'lgan bir qator texnologiyalar va binoga integratsiyalangan fotoelektrik tizimlarning konfiguratsiyasini osonlashtiradi, har qanday tizimlarda qurilmalarning ishlash jarayoning va mahalliy atrof-muhit va o'rnatilish tizimlarining moslashuvchanligiga imkon beradi.

Havo va suvga asoslangan (BIFP) tizimlarining passiv va faol ta'siri sovutish va isitish tizimlariga va elektr energiyasi iste'moliga katta ta'sir ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: BIFP, fotoelektrik panellar, monokristall kremniy, mis-selen-indiy-galliy CIGS, quyosh elementi, ventilyator, termopara, yorug'lik yutilishi, tashuvchining kontsentratsiyasi, samaradorlik omili, oqim-kuchlanish xarakteristikasi.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕГРАЦИИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ В ЗДАНИЕ

Насруллаев Ю.З.¹, Алламуротов А.Х.²

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Ташкентский архитектурно-строительный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация: Установка систем интегрированных фотоэлектрических панелей (BIFP) в жилых и общественных зданиях направлена на минимизацию общего энергопотребления и связанной с ним системы тепло- и электроснабжения. Энергетическая инфраструктура интегрированных в здание фотоэлектрических систем, возобновляемых источников энергии включает в себя энергоэффективные конструкции. В данной статье рассматриваются характеристики систем на основе крыши/фасадов зданий (BIFP) и параметры, влияющие на системы охлаждения/обогрева зданий. Ряд доступных технологий и фотоэлектрических систем, интегрированных в здание, упрощают настройку, обеспечивая гибкость в эксплуатации установок в любой системе, а также в локальной среде и системах установки.

Пассивное и активное воздействие воздушно-водяных систем (BIFP) оказывает существенное влияние на системы охлаждения и обогрева и потребление электроэнергии.

Ключевые слова: BIFP, фотоэлектрические панели, монокристаллический кремний, медь-селен-индий-галлий CIGS, солнечный элемент, вентилятор, терморпара, светопоглощение, концентрация носителей, КПД, вольт-амперная характеристика.

RESEARCH OF METHODS AND TECHNOLOGIES OF INTEGRATION OF PHOTOELECTRIC MODULES INTO THE BUILDING

Nasrullayev Yu.Z.¹, Allamurotov A.X.²





Karshi Engineering Economics Institute, Karshi, Uzbekistan
Tashkent Architecture and Construction University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. The installation of integrated photovoltaic panels (BIFP) systems in residential and public buildings aims to minimize the total energy demand and the associated heat and power supply system. The energy infrastructure of building-integrated photovoltaic systems, renewable energy sources includes energy-efficient structures. This paper examines the performance of building roof/facade based (BIFP) systems and the parameters affecting building cooling/heating systems. A number of available technologies and building-integrated photovoltaic systems facilitate the configuration, allowing for flexibility in the operation of installations in any system and the local environment and installation systems.

The passive and active effects of air and water-based (BIFP) systems have a significant impact on cooling and heating systems and electricity consumption.

Key words: BIFP, photovoltaic panels, monocrystalline silicon, copper-selenium-indium-gallium CIGS, solar cell, fan, thermocouple, light absorption, carrier concentration, efficiency factor, current-voltage characteristic.

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish samaradorligi, asosan, elektr energiyasini ishlab chiqaradigan fotoelektrik panellarga bog'liq [1-6]. Zamonaviy quyosh modullari bir yoki bir nechta faol qatlamlarga ega bo'lishi mumkin, bu esa ko'rinadigan hududda butun quyosh spektrining singdirilishini oshirishi mumkin.

Fotoelektrik panellar quyosh elementlar texnologiyalari va ishlatiladigan materiallarga ko'ra uchta asosiy turlarga bo'linadi:

- monokristall kremniyli;
- polikristall kremniyli;
- yupqa qatlamli

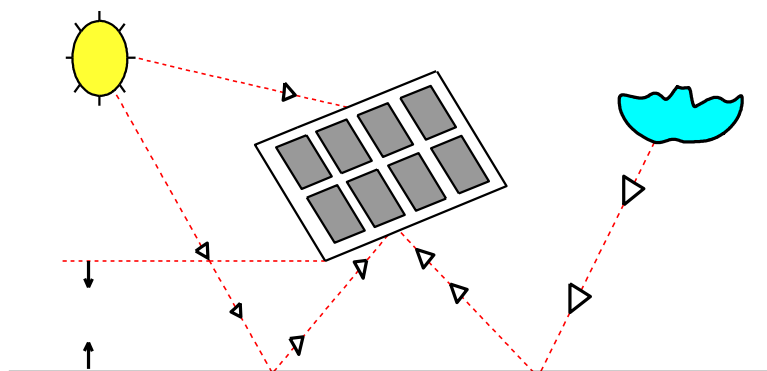


1-rasm: Kremniy quyosh elementining turlari.

Fotoelektrik panellari umumiy samaradorlikka ega va ular juda sezgir ob-havo sharoitlariga, masalan, chang, namlik, bulutli sharoitlarda, quyosh panellaridan optimal quvvat olish uchun ularning ishchi harorati 15.....25°C atrofida bo'lishi lozim, chunki maksimal quvvat olish faqat ochiq havoda, atrof muhit harorati 25°C, panellarning yunalishi quyoshga orientatsiyalanganda sodir bo'ladi. Hattoki, kichik bulutlilik mavjudligida ham ularning quvvati 70% gacha kamayadi, to'liq bulutlilik vaqtida 90% gacha ham kamayishi mumkin.

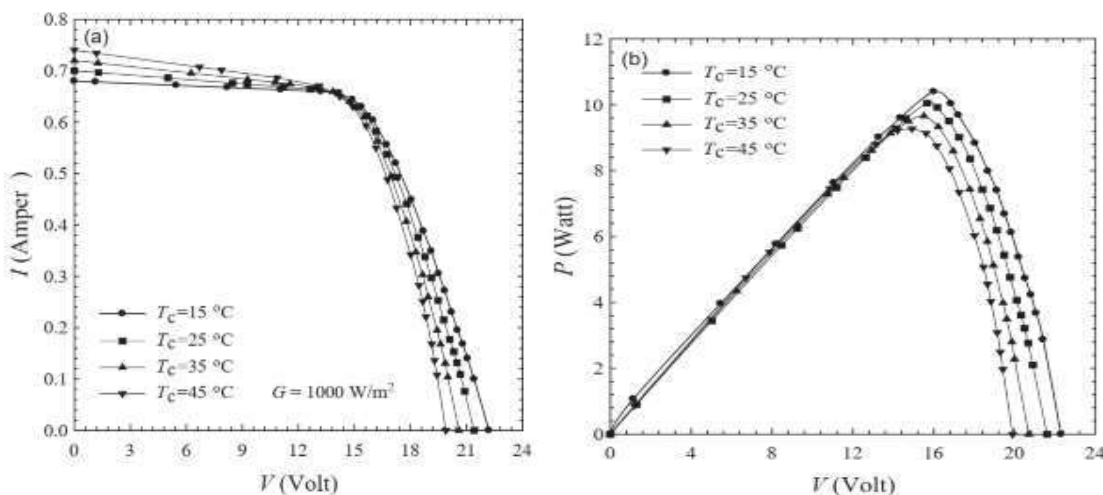
Shuning uchun amaliyot vaqtida monokristall panellardan maksimal quvvat olish uchun ularni quyosh potentsiali yuqori bo'lgan hududlarga o'rnatib quyosh yunalishini avtomatik kuzatish tizimiga ega moslamalar bilan ta'minlash lozim.

Shuningdek, energiyani uzatish uchun regulyatorlar, batareyalar, kabellar va o'zgaruvchan tokga(AC) inversiya kabi passiv komponentlar ham kiradi. Ba'zi tajribalarda fotoelektrik panellarining qiyalik burchagi va uning orientatsiyasining quyosh nurlanishining tushish miqdoriga va ishlab chiqariladigan elektr va issiqlik quvvatiga ta'sirini o'rganish uchun o'tkazildi [7].



2-rasm. Ikki tomonlama modullarning harakati.

Fotoelektrik panellarning bir qismini bulut qoplagan joyda umumiy energiya ishlab chiqarishni kamaytiradi. Fotoelektrik panellarning binolarga o'rnatish uchun ushbu effektlarni va ularning narxini boshqa ananaviy tizimlarga baholash usullari talab qilinadi. Bundan tashqari, fotoelektrik panellari bilan ta'minlangan elektr energiya quvvati uning haroratiga va kuchlanishiga bog'liq. 1000 Wt/m^2 doimiy quyosh radiatsiyasi ostida 100 Vt polikristalli kremniyli fotoelektrik panellarga tegishli har xil haroratlar uchun quvati, tok kuchi, kuchlanishning parametrlarini xususiyatlari grafikda keltirilgan [8].



3-rasm. Turli xil haroratda fotoelektrik elementlarning quvvati, tok kuchi va kuchlanishining o'zgarishi.

Elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun fotoelektrik modullarining FIK, xarajati va energiya ishlab chiqarish samaradorligi, ishlab chiqarishda mavjudligi va arzonligi bilan bog'liq. Jamlangan fotoelementlardan foydalangan holda fotoelektrik modullarining energiya ishlab chiqarishini maksimal darajada oshirish uchun turli xil usullardan foydalanilgan, quyosh paneli integratsiya qilingan havoni bug'lantirib sovitish qurilmasi, fazani o'zgartirish materiallari, issiqlik va elektrik ta'minoti tizimlari, va boshqa tizimlar o'rganilgan.

Binoga integratsiyalashgan fotoelektrik tizimlarning o'lchami turar-joy uchun bir necha kilovatt (kVt) dan tijorat maqsadlarida foydalanish uchun bir necha megavatt (MVt) gacha foydalanish mumkin[9]. Binoda o'rnatish joyiga qarab, uni ikkita kichik guruhga bo'lish mumkin: Binoga integratsiyalashgan fotoelektrik tizimlarni (bino tomlariga yoki bino fasadlaririga) o'rnatiladi.

Hozirgi vaqtda bino tomlarida fotoelektrik modullarni birlashtirish uchun eng maqbul joy hisoblanadi[10]. Odatda, binoning tom qismi, fasad tizimidan kamroq soylali bo'ladi.

Bino tomlarida muntazam ravishda integratsiyalashgan fotoelektrik panellar tizimi sezilarli darajada foydalanilmaydigan maydonni beradi va bino tom qismining har kvadrat metriga yillik quyosh nurlanishi odatda bino fasadriga nisbatan ko'proq tushadi. Binoga integratsiyalashgan



fotoelektrik qurilmalarining chiqish quvvatini baholashning bir qancha usullari mavjud. Ruxsat etilgan kuchlanish uchun moslashtirilgan fotoelektrik panellar tizimining maksimal quvvat nuqtasini kuzatuvchisi (MPPT) Salameh va boshqalar tomonidan tajribalarda aniqlangan. Taklif qilingan boshqaruvchi batareyalar yoki suv nasoslari kabi har xil tizimlar uchun yaroqli ekanligini ko'rsatadi. Tajribalar davomida fotoelektrik modullarining har xil ilovalari 2-rasmda keltirilgan.

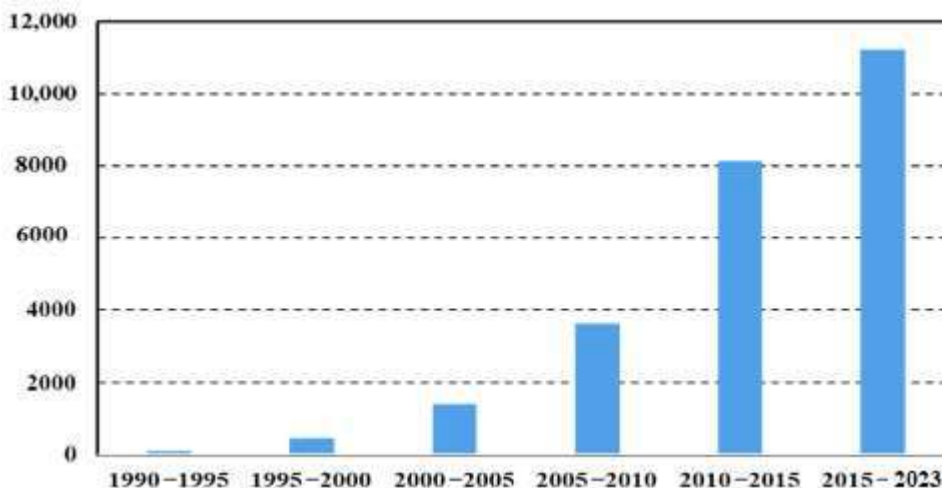
Masalan, yakka tartibdagi uy-joy uchun bir yil davomida fotoelektrik va quyosh issiqlik ta'minoti tizimlarining, asosiy tushunchalari keltirilgan.

Binoga-integrallashgan fotoelektrik (BIFP) tizimlari - bu Quyosh fotoelektrik panellarini fasadlari, derazalar, derazalar yoki binolar tomlari bilan birlashtiradigan energiya ishlab chiqaradigan tizim. Issiqlikni hosil qilishda BIFP tizimlaridan foydalanilgan, ochiq yoki yopiq tizimlarda suyuqliklarning majburiy aylanishi, binoga o'rnatilgan fotoelektrik tizimlar orqali amalga oshiriladi. Sovuq ob-havo sharoitida havoga asoslangan BIFP issiqlik tizimlari atrof-muhit havosining past harorati tufayli yil davomida binoni isitish bilan ta'minlashda foydalaniladi. Binolarni energetik tizimini loyihalash va foydalanishga erishish uchun BIFP tizimlarni o'rnatish yo'li bilan bajarish mumkin. Shu bilan birga, u zarur funktsiya va talablarini bajarish uchun bino tomlariga integratsiyalashuvidan oldin texnik va iqtisodiy talablarni, ekologik jihatlarni saqlashi kerak.

Dastlab xizmat ko'rsatish va almashtirish xarajatlari, iqtisodiy samaradorlik, standart talablari, fotoelektrik panellarning turlari, qurilish tizimlarining joylashuvi, BIFP tizimiga ta'sir qiladigan asosiy parametrlar hisoblanadi. Hozirgi vaqtda tuman yoki shahar energetika tizimining integral qismi bo'lishi kerak. Ular asosini o'rganish taklif qilishni rejalashtirish jarayonidagi asosiy omillar o'rganilmoqda.

Konditsioner tizimlarini qo'llash uchun oynalar/fasadlari ham elektr energiyasini ishlab chiqaradi va bir vaqtning o'zida quyosh issiqligini kamaytirish orqali konditsioner tizimining sovitish jarayoni minimallashtiradi.

BIFP tizimi mavzusida so'nggi o'ttiz yillik davomidagi mavjud bo'lgan adabiyotlar o'rganilgan. Shuni ta'kidlash kerakki, ushbu adabiyot barcha mavjud ilmiy maqolalarni taqdim etmaydi, lekin ular BIFP tizimlarini o'rganishdagi tajribalar keltirilgan.



4-rasm. BIFP tizimi mavzusida so'nggi o'ttiz yillik davomidagi mavjud bo'lgan adabiyotlar o'rganilganligi.

Hozirgi vaqtda 1-jadvalda ko'rsatilganidek, qo'llanilish sohasiga qarab BIFP tizimlarining turli xil qurilmalari mavjud. Tomga o'rnatishda BIFP tizimlari fotoelektrik (ramkali yoki ramkasiz) modullari bilan birlashtirilgan turli xil o'rnatish tizimlarini o'z ichiga oladi. Ushbu tizimlar odatda qurilish tizimlariga qo'llanilishi kerakli bo'lgan funktsiyalarni bajaradi. Biroq, oddiy fotoelektrik modulidan foydalanganda estetik nuqtai nazar muhim emas va integratsiya qisman. Aksincha, to'liq tom yopish tizimlari ko'proq integratsiyalashgan va estetik jihatdan muhim vazifani bajaradi. BIFP elementining ushbu taklif etilayotgan yechimlari an'anaviy tom yopish funktsiyalarini bajaradi va



ba'zida u turli xil tizimlardagi issiqlik izolatsiyasi sifatida ishlab chiqariladi. Shuning uchun, bu integratsiya optimal funktsiya deb ko'rib chiqilishi mumkin.

1-jadval.

Ilova maydoniga qarab BIFP tizimlarining qurilmalari.

№	Qurulmaning turi	Ilova hududi	
		Fasad	Tom qismi
1	Tomga o'rnatilgan tizim		*
2	To'liq tom yopish qurilmalari		*
3	Shingle va kafel		*
4	Yaltiroq tom qoplamasi		*
5	Fotoelektrik modullar ramkasi		*
6	Moslashuvchan yangil fotoelektrik modullari	*	
7	Shamollatilmaydigan quyosh fasad elementlari	*	
8	Yomg'irdan himoya qiluvchi fasad komponentlari	*	
9	Aksessuarlar	*	

Bundan tashqari, metall tom yopish tizimi odatda mis indiy galliy selenid (CIGS) fotoelektrik elementlardan tashkil topgan qo'shimcha fotopanellar yupqa plyonkali engil metall tizimlaridan tashkil topgan. BIFP tizimlari bo'lgan moslashuvchan engil modullar, masalan, rulonli va membranalar, har qanday o'rnatish elementlarisiz sirtga oddiy yopishtirish orqali turli sirtlarga joylashtirilishi mumkin. Shunday qilib, BIFP tizimlarining ushbu turlari ham tomlar va fasad tizimlari uchun ham mos keladi.

Bundan tashqari, keyingi vazifalarni bajarish uchun uni ishlab chiqarish bosqichlarida an'anaviy qurilish komponentlari bilan birlashtirish mumkin. Shamollatilmaydigan yoki issiq fasad elementlari binolardagi parda devorlarini tashkil etuvchi BIFP tizimlarining elementlari hisoblanadi.

Yomg'ir yoki sovuq fasad qoplamasi sifatida o'rnatilgan BIFP tizimlarining tarkibiy elementlaridir.

Ko'pincha, bu turlar BIFP tizimlarining elementlari va bino fasadlarining ikkinchi qavati o'rtasidagi ventilyatsiyaga bog'liqdir. Bir yil davomidagi ob-havo parametrlarini inobatga olgan holatda atrof-muhit harorati, quyosh radiatsiyasining, sochilgan radiatsiya, xona ichidagi harorat va to'g'ridan-to'g'ri tushayotgan radiatsiyaning normal komponentlari qayd etilgan.

Binoga integratsiyalangan fotoelektrik/issiqlik (BIFP/I) tizimi quyosh nurlanishini binoning tomlariga singdiradi va quyosh energiyasining bir qismini issiqlik energiyasiga aylantirish uchun xizmat qiladi. Kristalli fotoelektrik modullar odatda quyosh nurlari energiyasining deyarli 15-20% ni elektr energiyasiga aylantiradi, qolganlari esa 5-10% aks ettadi yoki issiqlik energiyasiga (issiqlik) aylanadi, bu esa fotoelektrik modullarining sirt haroratini oshiradi. Keng miqyosdagi ilovalarda fotoelektrik modulining eng yuqori harorati 60°Cga (issiqlik yoz kunlarida yuqoriroq) osonlikcha yetishi mumkin.

Havo bilan sovutish - bu issiqlikni mo'tadillash usuli bo'lib, iqtisodiy jihatdan samarali usul sifatida har tomonlama o'rganilgan. Fotoelektrik panellari va bino o'rtasida havo bo'shlig'ini kiritishda, ya'ni, fasad yoki egilgan tomda fotoelektrik panellarini sezilarli darajada sovutish uchun havoning majburiy aylanishi uchun ishlatiladi, hosil bo'lgan havoni binolarga issiqlik ta'minoti sifatida yetkazib beriladi. Fotoelektrik modullari orqasida harakatlanuvchi havo oqimlarining harakatini nazariy va eksperimental tadqiqotlar turli tadqiqotchilar, tomonidan turli havo oqimi konfiguratsiyasidan foydalangan holda o'rganildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ramkasiz fotoelektrik panelli ikki qavatli tizim an'anaviy fotoelektrik panellar bilan solishtirganda issiqlik samaradorligini 5% ga oshiradi. Yarim shaffof modullarga ega BIFP/I tizimi shaffof bo'lmaganlarga nisbatan 7,6% ko'proq issiqlik samaradorligini saqlab qoladi.

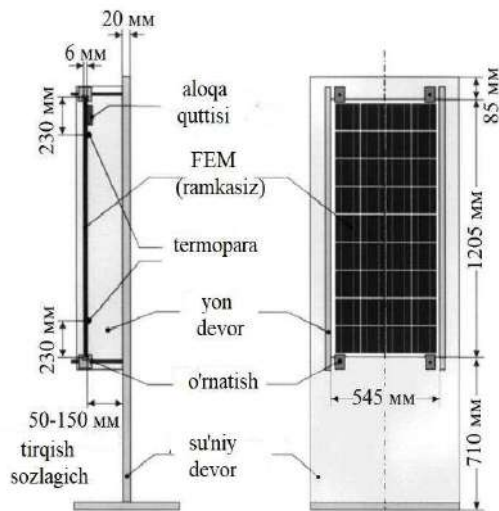




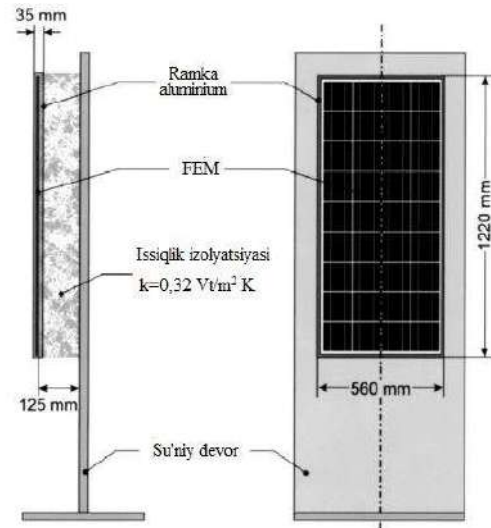
5-rasm. Yarim shaffof va shaffof fotoelektrik panellar tatajriba jarayonida quyosh semulyatoridan foydalangan holda BIFP tizimining fotosuratlari.

Ushbu maqsadga erishish uchun, 5-rasmda ko'rsatilganidek, quyosh simulyatoridan foydalangan holda qo'shimcha ravishda radiatsiya hosil qiluvchi BIFP modelidan iborat qurilma ishlab chiqildi. Yarim shaffof fotoelektrik panellarining samaradorligini oshirishning energiya tejavchi potentsialini yanada yaxshilaydi va bundan tashqari elektr energiyasini ishlab chiqarish samaradorligi oshiradi.

Yarim shaffof fotoelektrik panellarining samaradorligini oshirish PV-DSF ning energiya tejavchi potentsialini yanada yaxshilaydi va shuning uchun ham ushbu barqaror texnologiyani yanada moslashtiradi. Tajriba davomida 5-rasmda ko'rsatilganidek, fotoelektrik modullar va fasadlarning konfiguratsiyasi uchun BIFP tizimining turli xil kanstruksiyasi ko'rib chiqildi, ya'ni ventilyatsiyali fotoelektrik panel va ventilyatsiyasiz fotoelektrik panellar. Natijalar shuni ko'rsatadiki, modul harorat 18 K ga kamaytirilganda, shamolning tezligi 2 m/s bo'lganda elektr samaradorligi 8% ga teng bo'ladi.



7-rasm. Fotoelektrik modulda tabiiy aylanish havosi bilan issiqlik tarqalishi.



8-rasm. Issiqlik izolyatsiyalovchi fotoelektrik modul fasad elementining yon va old ko'rinishi.

Majburiy konveksiya orqali 2m/s faol shamollatish 18 K ga ishlaydigan fotelementni haroratining maksimal qisqarishiga olib keladi. Bu an'anaviy fotoelektrik modullar yuzlariga nisbatan elektr quvvati ishlab chiqarishning 8% ga oshishiga olib keladi.

$k=0,32\text{Vt/Km}$ bo'lgan issiqlik izolyatsion fotoelektrik modul fasad elementlari haroratning $20,7\text{ K}$ ga oshishiga olib keladi, bu esa elektr rentabelligini $9,3\%$ ga yo'qotishiga olib keladi (an'anaviy fotoelektrik modul yuzalari bilan bog'liq). O'rnatish xarajatlarini tejashga nisbatan fotoelektrik modul orqali ishlab chiqarilgan elektr energiyasining qiymatiga qarab, bunday yechim variantlarini tanlash mumkin [8-13].

Kombinatsiyalangan issiqlik izolyatsion fotoelektrik modul elementlari, suvli sovutish tizimlari bilan birgalikda (issiqlik suv ilovalari uchun ham ishlatilishi mumkin) an'anaviy fotoelektrik modullar uchun topilganidan 9% yuqori elektr rentabelligini ta'minlaydi.

Qo'shimcha tadqiqotlarni osonlashtirish, fotoelementlarni harorati, samaradorligi va energiya tejamkorligini hisoblash imkonini beruvchi tajribalarning nazariy ma'lumotlari ilovada keltirilgan.

Fotoelektrik modullar tomonidan hosil qilingan issiqlik q fotoelementga quyidagicha tavsiflash mumkin:

$$q = G(1 - \rho_{opt} - \eta_{pv}) \quad (1)$$

Ko'zgu yo'qotishlari ρ_{opt} materiallarning optik xususiyatlariga, tushish burchagiga va spektrga bog'liq, fotoelektrik konversiya samaradorligi, η_{pv} esa nurlanish, spektr va ish haroratining funktsiyasidir. Ko'zgu yo'qotishlari, issiqlik oqimi, fotoelementlar harorati va ishlashini aniqlaydigan optik, issiqlik va elektr parametrlarining batafsil modeli Krauter tomonidan berilgan (1993) va Krauter va Hanitsch (1996). Amaldagi modullar uchun ko'zgu yo'qotishlari (uch qatlamli modelda, shu jumladan optik dispersiya va ideal bo'lmagan aks ettirishga qarshi qoplama bilan hisoblangan) $13,1\%$ ni tashkil qiladi. $G = 700\text{ Vt/m}^2$ va $T_{element} = 27\text{ }^\circ\text{C}$ da o'lgan haqiqiy fotoelementlar konversiya samaradorligi ramkasiz fotoelektrik moduli uchun $8,5\%$ ni tashkil etdi.

Muvozanat sharoitida hosil bo'ladigan issiqlik oqimi, Fotoelektrik modulning old (pastki indeksi) va orqa yuzasidan (pastki indeksi) b) o'tkazuvchanlik (q_k) konveksiya (q_c) va nurlanish (q_r) orqali tarqalishi kerak. Qo'shimcha issiqlikdan foydalanishda (HYTIPVE) oqayotgan suv tomonidan issiqlik oqimining tarqalishini ham hisobga olish kerak (q_w):

$$q = q_k + q_c + q_r + q_w \quad (2)$$

$$q = q_{kf} + q_{kb} + q_{cf} + q_{cb} + q_{rf} + q_{rb} + q_w \quad (3)$$

O'rnatish turiga ko'ra, orqa tomonda hech qanday izolyatsion material ishlatilmasa, o'tkazuvchanlik orqali issiqlik oqimi ahamiyatsiz. Orqa tarafdagi izolyatsiyaga ega bo'lgan tajribalarda konveksiya va orqa tomondan radiatsiya orqali issiqlik tarqalishini e'tiborsiz qoldirish mumkin. Tashqi fasad bilan tajriba o'tkazish uchun modul va orqa devor o'rtasidagi radiatsiya almashinuvi chegarasi ko'rib chiqiladi va cheksiz parallel sovutish tizimi orasidagi issiqlik almashinuvi sifatida qabul qilinadi.

BIFP bozorining rivojlanishiga katta ta'sir ko'rsatadigan asosiy omillar fotoelektrik panellarning tegishli tarkibiy qismlarining narxi va samaradorligi hisoblanadi. Bu barqaror energiyaga asoslangan so'nggi texnologiyalarga qiziqish ortib borishi va BIFP tizimlarining imkoniyatlarining ortishi bilan bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, qurilish sohasida BIFP tizimi haqida yetarli darajada xabardorlik va bilimga ega bo'lish juda muhimdir. Integratsiyalashgan fotoelektrik panellar tizimlarining hozirgi tannarxini va chegirmali to'lov muddatlarini hisoblash uchun innovatsion yondashuv taqdim etiladi. Fotoelektrik panellar texnologiyasi barqarorlik va toza elektr energiyasini ishlab chiqarish bo'yicha ijobiy ta'sir ko'rsatdi. Garchi so'nggi paytlarda yangi fotoelektrik materiallar ishlab chiqilmoqda va ushbu texnologiyadan keng foydalanishni belgilovchi asosiy omil samaradorlikning oshishi bo'lib qolmoqda. Tajriba jarayonlari shuni ko'rsatdiki, birinchi avlod quyosh texnologiyasi doimiy ravishda arzon quyosh batareyalari va yuqori samaradorlik bilan bozorni egallaydi. Yupqa plyonkali fotoelektrik panellar texnologiyalari moddiy va ishlab chiqarish xarajatlari pastligi sababli ishlatilgan, ammo ular birinchi avlodi fotoelektrik tizimlarga qaraganda rivojlanish pastroq va so'nggi paytlarda ularning bozordagi ulushi pasayib bormoqda. Boshqa tomondan, yangi texnologiyalar hali keng miqyosda tijoratlashtirilishi kerak, ammo yuqori samaradorligi, arzonligi va vazni tufayli ular elektr energiyasida istiqbolli kelajakka ega.



FOYDALANGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Toshmamatov B, Davlonov Kh, Rakhmatov O, Toshboev A, Rakhmatov A 2023 Modeling of thermal processes in a solar installation for thermal processing of municipal solid waste. *AIP Conference Proceedings* 2612 050027
2. Toshmamatov B.M., Shomuratova S.M., Mamedova D.N., Samatova S.H.Y., Chorlieva S. 2022 Improving the energy efficiency of a solar air heater with a heat exchanger – Accumulator. 1045(1), 012081.
3. Kodirov I.N., Toshmamatov B.M., Aliyarova L.A., Shomuratova S.M., Chorlieva S. 2022 Experimental study of heliothermal processing of municipal solid waste based on solar energy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1070(1), 012033.
4. Toshmamatov B, Davlonov Kh, Rakhmatov O, Toshboev A 2021 Recycling of municipal solid waste using solar energy *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1030 012165. doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012165.
5. Aliyarova L A, Uzakov G N, Toshmamatov B M 2021 The efficiency of using a combined solar plant for the heat and humidity treatment of air *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 723 052002. doi:10.1088/1755-1315/723/5/052002.
6. G N Uzakov, S M Shomuratova and B M Toshmamatov 2021 Study of a solar air heater with a heat exchanger – accumulator *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 723 (2021) 052013. doi:10.1088/1755-1315/723/5/052013.
7. T A Faiziev and B M Toshmamatov 2021 Mathematical model of heat accumulation in the substrate and ground of a heliogreenhouse *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 723 032006. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032006.
8. Rabaia, M.K.H.; Abdelkareem, M.A.; Sayed, E.T.; Elsaid, K.; Chae, K.J.; Wilberforce, T.; Olabi, A.G. Environmental impacts of solar energy systems: A review. *Sci. Total Environ.* 2021, 754, 141989, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141989.
9. A.G. Komilov, B.E. Egamberdiev, R. Kabulov, Y.Z. Nasrullayev, F.A. Akbarov, The result of successive exposure to reverse and forward bias on the electro-physical characteristics of ZnO:Al/i-ZnO/CdS/CuIn_{1-x}Gax(S,Se)₂/Mo structure solar cells, 2022, published in *Geliotexnika*, 2022,625-632.
10. Комилов А.Г., Насруллаев Ю.З. Эффект поглощения света на электрофизические характеристики солнечных элементов» *Innovatsion texnologiyalar* Vol.48, No. 4, 2022:
11. Насруллаев Ю.З. “Қуёш батареяларни параметрлари ўлчаш учун кичик ўлчамли қуёш симуляторининг нурланиш характеристикаси” 2022 (махсус сон). 118-119 б.
12. Влияние окружающей среды на параметры фото- и фототепло-преобразователя на основе CIGS в реальных условиях А.Г. Комилов, Ю.З. Насруллаев, *Гелиотехника*, 2021, Том, 57, с. 16-22.
13. Bibliographic description: Nasrullaev Y.Z., Panjiev D. Temperature connection of volt-ampere characteristics of solar elements // *Universum: техническиенауки : электрон. научн. журн.* 2021. 4(85). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11564> (дата обращения: 26.04.2021).