

UO'K:621.354

**BINOGA INTEGRATSIYALASHGAN FOTOELEKTRIK MODULLARNING ISSIQLIK TIZIMLARNI TAHLIL QILISH USULLARI VA TAJRIBA NATIJALARI****Nasrullayev Yusuf Zokirovich**– doktorant (PhD), E-mail: [yusuf.nasrullayev@gmail.com](mailto:yusuf.nasrullayev@gmail.com)

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O'zbekiston

*Annotatsiya.* Binoga integratsiyalashgan fotoelektrik panellar tizimlari qo'llanilishi, adabiyotlarda ushbu sohadagi tadqiqotlarning hozirgi holatini hisobga olgan holda talqin qilingan. Ushbu maqolada barcha tadqiqot ishlari ikki xil bosqichga bo'lingan. Birinchi bosqichda binolarda qo'llaniladigan standart holatdagi fotoelektrik modullar tizimini ishlab chiqish. Ikkinchi bosqichda standart holatdagi fotoelektrik panellarning issiqlik va elektrik parameterlarini xususiyatlarini o'lchash uchun qo'llaniladigan eksperimental qurilmalarning xarakteristikalarining xususiyatlari o'rganilgan. Binoning ichki qismidagi asosiy issiqlik harakati yoki issiqlik yo'qotilishlari energiya samaradorligiga asoslanadi.

**Kalit so'zlar:** Simulyator, quyosh paneli, atrof muhit, havo, harorat, quyosh radiatsiyasi, issiqlik miqdori, issiqlik berish.

УДК:621.354

**МЕТОДЫ ТЕПЛОВОГО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ВСТРОЕННЫХ В ЗДАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ.****Насруллаев Юсуф Зокирович**- докторант (PhD), E-mail: [yusuf.nasrullayev@gmail.com](mailto:yusuf.nasrullayev@gmail.com)

Каршинский инженерно-экономический институт, г Карши, Узбекистан

*Аннотация.* Использование встроенных в здания фотоэлектрических панельных систем трактуется в литературе с учетом современного состояния исследований в этой области. В данной статье вся исследовательская работа разделена на два разных этапа. На первом этапе ведется разработка системы фотоэлектрических модулей в стандартном состоянии, применяемых в зданиях. На втором этапе были изучены характеристики экспериментальных установок, используемых для измерения тепловых и электрических параметров фотоэлектрических панелей в стандартном состоянии. Основное перемещение тепла или тепловые потери внутри здания основаны на энергоэффективности.

**Ключевые слова:** симулятор, солнечная панель, окружающая среда, воздух, температура, солнечное излучение, количество тепла, теплоснабжение.

UDC: 621.354

**METHODS OF THERMAL SYSTEM ANALYSIS AND RESULTS OF EXPERIMENTATION OF PHOTOVOLTAIC MODULES BUILT INTO A BUILDING****Nasrullayev Yusuf Zokirovich** – doctoral student(PhD), E-mail: [yusuf.nasrullayev@gmail.com](mailto:yusuf.nasrullayev@gmail.com)

Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi city, Uzbekistan

*Abstract.* The use of building-integrated photovoltaic panel systems is treated in the literature taking into account the current state of research in this field. In this article, the entire research work

is divided into two different phases. The first stage is the development of a system of photovoltaic modules in a standard state, used in buildings. In the second stage, the characteristics of the experimental installations used to measure the thermal and electrical parameters of photovoltaic panels in the standard state were studied. The main movement of heat, or heat loss, within a building is based on energy efficiency.

**Keywords:** simulator, solar panel, environment, air, temperature, solar radiation, amount of heat, heat supply.

### Kirish

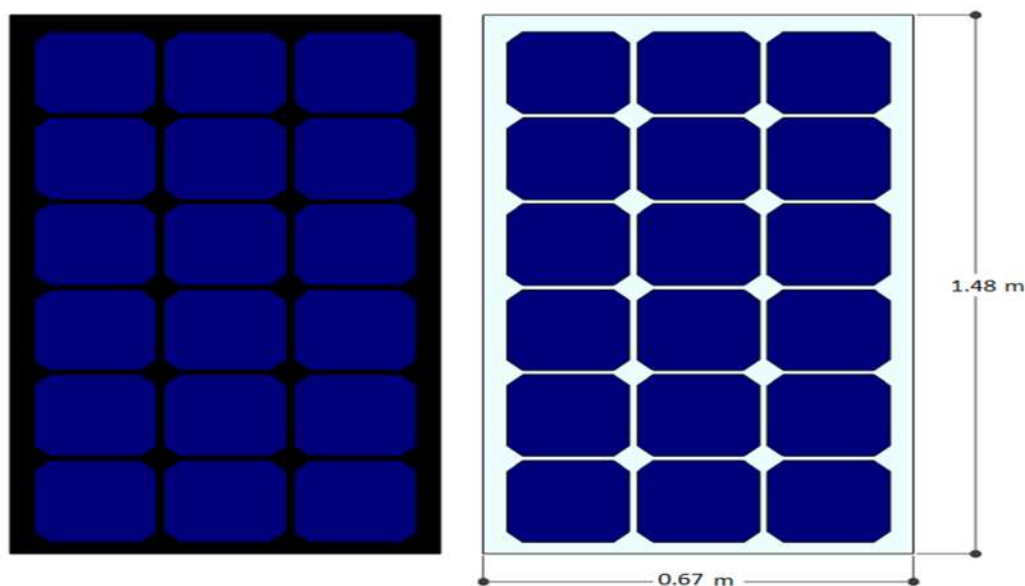
Binolarda qo'llaniladigan fotoelektrik panellar tizimlarida elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun bino tomlari ustiga joylashtiriladi, binoga integratsiyalashgan fotoelektrik panellar tizimi esa qurilish tizimlarining turli nuqtalarida birlashtiriladi va ularni to'liq almashtirish imkoniyati mavjud bo'ladi. Binoga integratsiyalashgan fotoelektrik panellar tizimlari va binolarda qo'llaniladigan fotoelektrik panellar tizimlarining takomillashtirilgan versiyasidir. Elektr energiyasini ishlab chiqarishda fotoelektrik panelning haroratini hisobga olgan holda shaffof va shaffof bo'lmagan fotoelektrik panellar turlari uchun 80% ga nisbatan hisoblash koeffitsienti (quyosh elementlari bilan qoplangan fotoelektrik panelni maydoning ulushi) foydalanilgan. Tajriba jarayonida Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimlariga prototiplarining o'lchamlarini aniqlashda quyidagi omillar hisobga olindi:

➤ Fotoelektrik modulining uzunligi to'liq ishlab chiqilgan energiya oqim harakatini ta'minlashi kerak.

➤ Tajribada foydalanilgan quyosh simulyatori orqali fotoelektrik modulining yuzasiga radiatsiyaning bir xilligini sozlashni osonlashtirishi kerak.

➤ Tajribada foydalanilgan binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimining uzunligi maksimal 3 m ni tashkil qiladi [1].

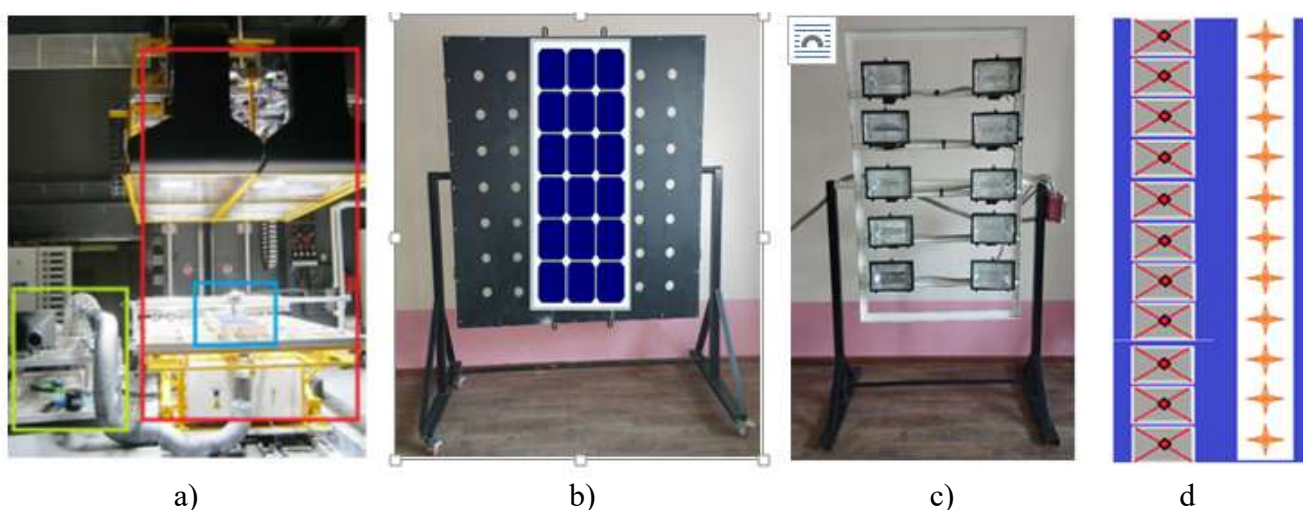
1-rasmda maxsus loyihalashtirilgan va ishlab chiqarilgan polokristalli fotoelektrik panellardan tashkil topgan eksperimental shaffof binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimlarining sxemasi keltirilgan. Fotoelektrik panelning uzunligi  $\times$  eni  $\times$  qalinligi 1480 mm  $\times$  680 mm  $\times$  4 mm bo'lgan oltita quyosh elementining uchta ustuni mavjud.



1-rasm. Shaffof va shaffof bo'lmagan fotopanellar sxemasining umumiy ko'rinishi [2].

## Uslub va materiallar

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining “Muqobil energiya manbalari” kafedrasida laboratoriyasida yangi qurilgan quyosh simulyatori va binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimlarini tomning/fasadning turli egilish nuqtalarida tadqiq qilish uchun  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  gacha burilishi mumkin bo‘lgan tajriba stentidan foydalanilgan va tajribalar o‘tkazilgan. Tajriba maydoni turli xil egilish burchagiga ega o‘nta maxsus metall IEK-54 yoritgich lampalaridan iborat chiroq maydoni bilan yoritilgan [2]. Chiroqlarning issiqlik quvvati 10 kVt ga etadi va issiqlikni olib tashlash sinov xonasining yonidagi mexanik xonada sovutish moslamasi tomonidan amalga oshiriladi. Chiroq maydonidagi lampalar ko‘chirilishi va yorqinligi silliq sozlanishi mumkin, bu esa turli xil radiatsiya darajalari bilan turli o‘lchamdagi sinov maydonlarini maksimal bir xil yoritish imkonini beradi [3]. Ushbu maqolada o‘tkazilgan tajribalarda bir xillik  $\pm 3\%$  ichida nazorat qilinadi. Quyosh simulyatori orqali  $1100 \text{ Vt/m}^2$  nurlanish darajasida 2,0 m dan 2,5 m gacha bo‘lgan masofa o‘lchamdagi tajriba jarayonida  $\pm 3\%$  bir xillikka erishildi.



2-rasm. a) BIPV/T havo yig'uvchisi b) Foto-sezgir stendi, c) Quyosh nurlanishini simulyatsiya qilish qurilmasi d) BIPV/T kollektoridagi termojuftning joylashuvi.

Yorug‘lik maydonini, shuningdek, platformani  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  gacha bo‘lgan har qanday burchak ostida egilishi mumkin, bino tomining/fasadning turli egilish nuqtalarida taqlid qilish mumkin.

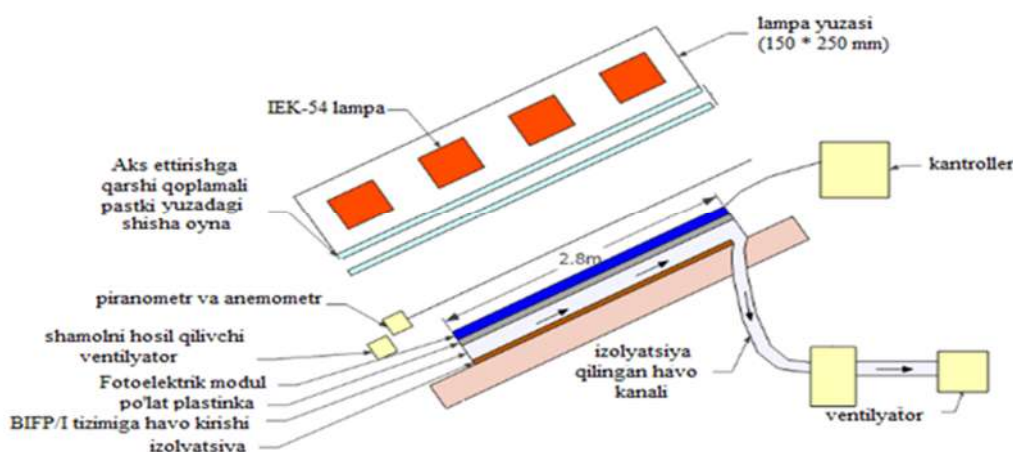
2a-rasmda (a) Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimi havo kollektori (ko‘k to‘rtburchakda) gorizonttal ravishda quyosh simulyatorida (qizil to‘rtburchakda) va havo kollektori sinov platformasida (yashil to‘rtburchakda) sinovdan o‘tgan. [4];

2.b -rasmda Quyosh simulyatorining konfiguratsiyasi diagrammasi va binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimining eksperimental o‘rnatilishi ko‘rsatilgan [3].

2.c-rasmda quyosh simulyatori binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimli kollektorini  $45^\circ$  egilish burchagida sinovdan o‘tkazildi. Yuqori haroratli lampalar chiqaradigan uzun to‘lqinli infraqizil nurlanishni yo‘qotish uchun lampalar va sinov maydoni o‘rtasida sun‘iy devor yaratildi.

2.d-rasmda Tizimda jami qirq sakkizta maxsus limitli T tipidagi termojuftlar taqsimlangan. Har bir fotoelement markazi ostida o‘n bitta termojuft birlashtirilgan; yana o‘n bittasi izolyatsiyalash yuzasiga o‘rnatiladi (umumiy tushuncha uchun rasmga keltirilgan). O‘n to‘rtta termojuft kanalidagi havo haroratini o‘lchaydi va yana o‘n ikkitasi kollektor ustidagi haroratni o‘lchash uchun fotoelektrik panel tizimning ustiga qo‘yilgan.

Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimi  $45^\circ$  burchak ostida sinovdan o‘tkazildi;



3-rasm. Quyosh simulyatorining sxemasi va binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimining eksperimental o‘rnatilish sxemasi [5].

Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimining prototipi uzunligi 1,48 m va kengligi 0,67 m; fotoelektrik modul tomning metall qatlamiga biriktirilgan va 4 sm qalinlikdagi ushbu qatlam ostida ventilyator yordamida havo so‘riladi. Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimidagi havo oqimi orqali, tizimining sirtini isitadi. Har bir o‘lchov hajmida havo orqali olinadigan jami issiqlik quydagicha hisoblanadi [5]

$$Q_h = \dot{m}c_p(T_t - T_i) . \tag{1}$$

Bo‘shliqning pastki yuzasi bo‘shliqning yuqori yuzasidan quyosh nurlanish energiyasini oladi. Pastki yuzasida issiqlik o‘tkazuvchanligi ahamiyatsiz deb hisoblangan holda, pastki yuzadagi nurlanish orqali uzatilgan issiqlik havoga o‘tkaziladi. Shunday qilib, bizda mavjud [5]

$$\frac{F\sigma(T_{plas}^4 - T_{in}^4)}{\frac{1}{\epsilon_{plas}} + \frac{1}{\epsilon_{in}} - 1} = h_b(T_{in} - \bar{T}_h) . \tag{2}$$

Yuqori sirdan havoga konvektiv issiqlik uzatish orqali beriladi.

$$Q_h - \frac{F\sigma(T_p^4 - T_{in}^4)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_{in}} - 1} \cdot wdx = h_y(T_p - \bar{T}_h)wdx \tag{3}$$

Fotoelektrik modul yuzasiga tushadigan radiatsiya va konvektiv issiqlik uzatish orqali atrof-muhitga issiqlik beriladi. Kombinatsiyalangan radiatsiyaviy va konvektiv issiqlik uzatish koeffitsienti aniqlandi [5].

$$h_{at}(T_p - T_{sh}) \cdot wdx = \alpha G \cdot wdx - P_{elec} - Q_h \tag{4}$$

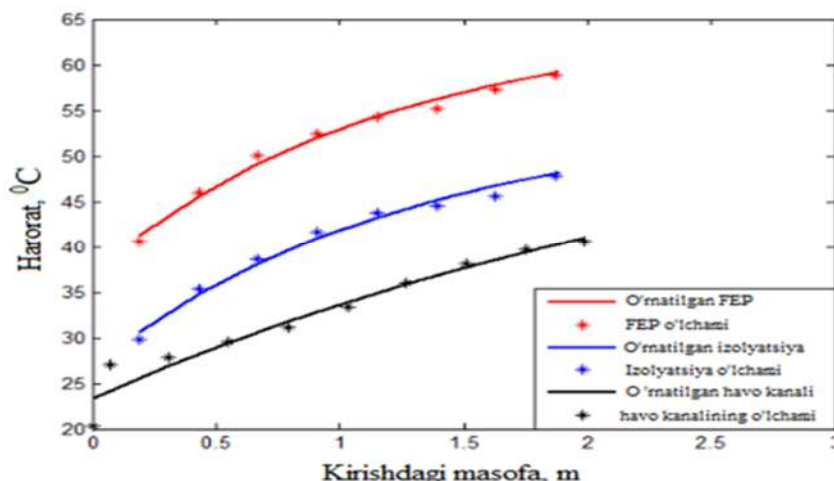
Fotoelektrik modullar, havo va izolyatsiyalashning harorat ko‘rsatkichlari yordamida amalga oshirildi. Tajriba ko‘rsatkichlari quydagi formula orqali ifodalangan [6]:

$$T(x) = A(1 - e^{-\frac{x}{B}}) + C \tag{5}$$

bu yerda  $x$  kirish joyidan masofani bildiradi.

### Natijalar

Quyosh nurlanishining tushishi  $1000 \text{ Wt/m}^2$ , shamolning o‘rtacha tezligi 1,6 m/s, Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimlaridagi havo kanalidagi o‘rtacha tezligi esa 0,26 m/s ga o‘rnatilganida tajriba jarayonida olingan natijalar 4-rasmda keltirilgan [5].



4-rasm. Eksperimental ma’lumotlar va bitta kirish prototipida fotoelektrik modullari, izolyatsiyasi va havoning harorati tizimlari keltirilgan.

Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimi havoning 45° gradus burchak ostida yuqori va pastki sirlari orasidagi issiqlik uzatish koeffitsientlari mahalliy Nusselt soni orqali ifodalangan va Candanedo tajribasidan ham foydalanilgan [5].

$$Nu_{yuq}(x) = 8.818Re^{0.07}Pr^{3.85}e^{-\frac{x^{0.2}}{14Dh}} + 0.005Re^{0.07}Pr^{3.85} \quad 2300 < Re < 9500 \quad (6)$$

$$Nu_b(x) = 4.02Re^{1.09}Pr^{1.93}e^{-\frac{x^{0.2}}{14Dh}} + 0.005Re^{1.09}Pr^{1.93} \quad 2300 < Re < 9500 \quad (7)$$

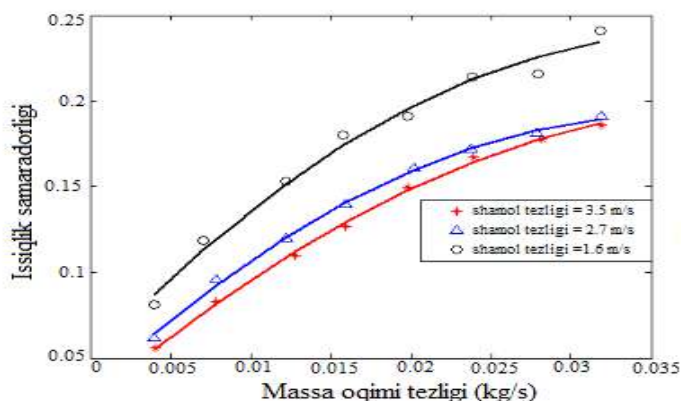
Va laminar oqim uchun quyidagi mos tenglamalarga egamiz.

$$Nu_{yuq}(x) = 0.6883Re^{0.7}Pr^{0.8}e^{-\frac{x^{0.3}}{6.45Dh}} + 0.0124Re^{0.7}Pr^{0.8} \quad 1190 < Re < 2300 \quad (8)$$

$$Nu_b(x) = 50Re^{0.5}Pr^{0.2}e^{-\frac{x^{0.3}}{1.37Dh}} + 0.428Re^{0.5}Pr^{0.2} \quad 1190 < Re < 2300 \quad (9)$$

Quyosh simulyatori orqali keng qamrovli tajribalar o‘tkazildi tizim havoning kanalidagi oqim tezligi nazorat qilinadi [7], Reynolds soni 1200 dan 10000 gacha bo‘lib, u binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimi bilan oldingi tajribaga asoslanib, amaliy ish Reynolds soni 10000 dan past bo‘lgan (ishqalanish yo‘qotishlarini past ushlab turish uchun) tanlangan [8]. Sun‘iy shamol kollektorga parallel ravishda yo‘naltiriladi, uning tezligi 1,6 dan 3,5 m / s gacha sozlangan.

Shamollatish tezligi kollektorga parallel ravishda boshqariladigan tezlikda 1,6 dan 3,5 m/s gacha harakat qiladi. 5-rasmda fotoelektrik panellar [9] sirtining tepasida turli xil shamol tezligi bilan binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimi kollektorining issiqlik samaradorligi taqqoslandi. Kutilganidek, shamol tezligi oshishi bilan issiqlik samaradorligi pasayadi.



5-rasm. Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimining har xil shamol tezligida issiqlik samaradorligi, 45° egilish burchagi va 1080 Wt/m<sup>2</sup> quyosh nurlanishi tajriba natijalari [9].



## Xulosa

Ushbu maqola havo oqimi va fotoelektrik modullari o'rtasida issiqlik o'tkazuvchanligini yaxshilash uchun bir nechta kirish joylaridan foydalanadigan, binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimlari uchun takomillashtirilgan qurulma konsepsiyasi ishlab chiqilgan. Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimlarining eksperimental prototiplari qurildi va quyosh simulyatori kontsepsiyasining amalga oshirilishini va uning issiqlik uzatish xususiyatlarini o'rganish uchun foydalanildi [10]. Eksperimental prototiplar o'tkazuvchanlikning tizimni ishlashiga ta'sirini o'rganish uchun ikki turdagi shaffof va shaffof bo'lmagan moslashtirilgan ramkasiz monokristalli kremniyli fotoelektrik modullaridan foydalanilgan. Natijalar quyidagicha umumlashtirildi:

Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimi, issiqlik samaradorligini bir kirishmali tizimga nisbatan 5% ga oshirishi mumkin va amalga oshirish oson va arzon;

Binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimining issiqlik ko'rsatkichlari binoga integratsiya qilingan fotoelektrik panellarning issiqlik tizimining bo'shlig'idagi pastki yuzasida ba'zi quyosh nurlanishining yutilishi tufayli shaffof bo'lmaganlar o'rniga shaffof kristalli kremniyli fotoelektrik modullarini qo'llash orqali sezilarli darajada samaradorligini oshirish mumkin [5].

## Foydalangan adabiyotlar

- [1] D. Bigot. F. Miranville. A. H. Fakra. I. Ingar. S. Guichard and H. Boyer., "Thermal Performance of Photovoltaic Systems Integrated in Buildings," *Sol. Collect. Panels, Theory Appl.*, 2010, doi: 10.5772/10347.
- [2] Yu.Z.Nasrullayev, "Quyosh batareyalarni parametrlari o'lchash uchun kichik o'lchamli quyosh simulyatorining nurlanish xarakteristikasi," *Innov. texnologiyalar, Maxsus son, 2022, ISSN 2181-4732*, pp. 118–121.
- [3] A. Tiwari and M. S. Sodha, "Parametric study of various configurations of hybrid PV/thermal air collector: Experimental validation of theoretical model," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 91, no. 1, pp. 17–28, 2007, doi: 10.1016/j.solmat.2006.06.061.
- [4] Sauer K.J. Roessler T. & Hansen C.W. (2015)., "Modeling the Irradiance and Temperature Dependence of Photovoltaic Modules in PVsyst. Photovoltaics.," *Photovoltaics. IEEE Journal*; 5(1), pp.152–158.
- [5] Yang.Tingting, "A numerical and experimental investigation of enhanced open - loop air-based Building - Integrated Photovoltaic / Thermal systems," *Build. Civ. Environ. Eng. Present.*, 2015.
- [6] F. Spertino, J. Ahmad, A. Ciocia, and P. Di Leo, "Techniques and Experimental Results for Performance Analysis of Photovoltaic Modules Installed in Buildings," *Energy Procedia*, vol. 111, no. September 2016, pp. 944–953, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.257.
- [7] L. Zhu, Q. Li, M. Chen, K. Cao, and Y. Sun, "A simplified mathematical model for power output predicting of Building Integrated Photovoltaic under partial shading conditions," *Energy Convers. Manag.*, vol. 180, no. November 2018, pp. 831–843, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2018.11.036.
- [8] Akinyele D. Belikov J. Levron Y., "Battery Storage Technologies for Electrical Applications: Impact in Stand-Alone Photovoltaic Systems.," doi: <https://doi.org/10.3390/en10111760>.
- [9] A.G. Komilov. Yu.Z. Nasrullaev., "Influence of the Ambient on the Parameters of a Photovoltaic and Photovoltaic-thermal Converter Based on CIGS in Real Conditions," *Appl. Sol. Energy*, vol. 57, no. 1, pp. 16–22, 2021.
- [10] A. H. Fannery, B. P. Dougherty, and M. W. Davis, "Performance and characterization of building integrated photovoltaic panels," *Conf. Rec. IEEE Photovolt. Spec. Conf.*, no. December, pp. 1493–1496, 2002, doi: 10.1109/pvsc.2002.1190893.