

**ҚУЁШ ЭНЕРГЕТИКАСИ/ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА/ SOLAR ENERGY****ЭКСТРЕМАЛ ШАРОИТЛАРДА ФОТОИССИҚЛИК ВА ФОТОЭЛЕКТРИК БАТАРЕЯЛАРИНИ ПАРАЛЛЕЛ УЛАШНИНГ ҚУРИЛМА САМАРАДОРЛИГИГА ТАЪСИРИ**

акад. Р.А.Муминов, т. ф. д. М. Н.Турсунов, т. ф. н.Х.Сабиров, У.Р.Холов  
Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси, Физика-техника институти

**Аннотация.** В научно-исследовательской работе исследована возможность обеспечения электроэнергией и горячей водой, с помощью автономных фотоэлектрических устройств, с целью создания комфортных условий для населения, занимающегося животноводством и сельским хозяйством вдали от городских и районных центров. Электроэнергия и горячее водоснабжение осуществлялось на основе параллельного включения фототепловой батареи (ФЭБ) и фотоэлектрической батареи (ФЭБ).

**Ключевые слова;** фотоэлектрическая батарея, фототепловая батарея, аккумулятор, инвертор, контроллер, арристон, насос, электр энергия.

**Abstract.** In the research work, the possibility of providing electricity and hot water, using autonomous photovoltaic devices, was investigated in order to create comfortable conditions for the population engaged in animal husbandry and agriculture away from urban and regional centers. Electricity and hot water supply were carried out on the basis of the parallel connection of a photothermal battery (FEB) and a photovoltaic battery (FEB).

**Keywords;** photovoltaic battery, photothermal battery, accumulator, inverter, controller, Ariston, pump, electric power.

**Кирриш.** Қуёш нурланиш оқимини тўғридан-тўғри электр энергиясига айлантириш учун ФЭБ лардан фойдаланилади. Аммо ҳароратнинг кўтарилиши ФЭБ нинг электр самарадорлигини пасайишига олиб келади. ФЭБ нинг электр қуввати атроф-муҳитнинг ҳарорати ошишининг ҳар бир градусига  $0,5\%/^{\circ}\text{C}$  гача камаяди [1, 2]. Шундай қилиб, ФЭБ ҳароратини пасайтириш орқали электр самарадорлигини ошириш учун фаол совутиш усулларида фойдаланиш жуда муҳимдир.

Олдинги ишларда кўзгалмас таянч конструкцияларга ўрнатилган ФЭБ лар фронтал юзасига фаслар кесимида қуёш нурланиш оқим зичлигининг ер сиртига тушиш бурчакларининг ўзгариши сабабли самарадорлик камайиши кўриб чиқилган [3, 4]. Бу тадқиқот ишида ФЭБнинг орқа юзасига йиғиладиган иссиқликни камайитириш орқали электр самарадорлигини оширишга эришилди. Бундан ташқари ФЭБ нинг орқа юзасини совутиш ҳисобига олинган иссиқликдан фойдаланиш имконияти кўрилди. Совутишнинг фаол методи асосида ФЭБ нинг техник параметрлари ва тафсилотлари ўрганилди. Амалдаги ФЭБ ларнинг электр самарадорлиги стандарт синов (паспорт маълумотлари  $1000 \text{ Вт/м}^2$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ) шартлари бўйича  $19,89\%$  га тенг. Қолган қисмини эса орқа юзасида иссиқлик сифатида сақлайди. Натижада электр самарадорлиги пасайиб кетади. Бундан ташқари, ФЭБ юзасига тушадиган қуёш нурланиш оқим зичлигини оширувчи рефлекторлар билан жиҳозланганда ҳам электр ва иссиқликни янада ошириш мумкин. Аммо қуёш нурланиш оқим зичлигининг ортиши эса қувватни пропорционал оширади. Шунинг учун ФЭБ ҳароратини пастроқ ва фронтал юзасига тушадиган қуёш нурланиш оқим зичлигини юқорироқ тушишини таъминлаш муҳимдир [5].

**Тажриба қурилмаси.** Тажриба қурилмаси қуёш нурланиш оқим зичлиги ва совутиш системасининг ФЭБ самарадорлигига таъсирини ўрганиш мақсадида ишлаб чиқилди. Тажриба Тошкент шаҳри Физика-техника институти Гелиополигонда олиб борилди. Тажрибада  $2$  та  $340 \text{ Вт}$  ли монокристалл кремнийли ФЭБ ларни кўзгалмас таянч конструкцияга қуёш зенит нуқтасига нисбатан  $41^{\circ}$  бурчак остида ўрнатилди. Бу ФЭБ лардан





бирининг орқа юзасини совутиш учун иссиқлик коллектори, фронтал юзасига куёш нурланиш оқим зичлигини зичлаштириш учун рефлекторлар ўрнатилди. Қурилма 1-расмда келтирилган.



1-расм. Тажриба қурилмаси.

1-ФИБ, 2-ФЭБ, 3-энергия билан таъминлаш қутиси, 4-иссиқ сув учун бак, 5-насос, 6-Аристон, 7-куёш нурланиши оқим зичлигини ўлчовчи асбоб, 8-шамол тезлигини ўлчовчи асбоб, 9-вольтметр, 10-амперметр, 11- термометр.

Рефлектор ли ФИБ (1) ва оддий ФЭБ (2) параллел равишда улаиб энергия билан таъминлаш қутисида ўрнатилган МРРТ контроллери 100 А·соатли 2 та кетма-кет уланган аккумуляторларни зарядлаш учун уланган. ФИБ га истеъмол қувуридаги 21 °С ли сув уланди. ФИБ нинг орқа юзасига тўпланган иссиқликни иссиқлик коллектори орқали харакатланадиган сув ўзига иссиқлик узатиш йўли билан олиб иссиқ сув чиқиш йўли орқали сувни сақловчи бак (4) да тўплайди. Бакдаги ФИБ дан олинган 35 °С ли иссиқ сув 125 Вт ли насос (5) ёрдамида аристон (6) га уланди. Тажриба давомида куёш нурланиш оқим зичлиги, шамол тезлиги, қисқа туташув токи ва салт юриш кучланиши ва атроф муҳит ҳарорати аниқланди. Қуйидаги 1-жадвалда тажриба қурилмасининг механик, электрик ва иссиқлик параметрлари келтирилган.

1-жадвал

Механик характеристикалари	
Бўйи, эни, баландлиги (мм)	1950 x 99 x 35
Вазни (кг)	22,5
Куёш элемент-лар сони ва жой-лаиши тартиби	72(12x6)
Куёш элементи тури	Моно кристалл кремний
Химоя ойнаси материали ва қалинлиги	Таркибида темир кам бўлган тобланган ойна/3,2 мм/4мм
Изоляцион қатлам	Этиленвинил ацетат
Рамка материали	Анодланган алюминий қотишмаси
Кабел кесими	4 мм <sup>2</sup>
Электрик характеристикалари	
Номинал максимал қувват ( $P_M$ , Вт).	340
Салт юриш кучланиши ( $U_{с.ю.к.}$ , В)	46
Қисқа туташув токи ( $I_{к.т.}$ , А)	9
Максимал қувватдаги кучланиш ( $U_M$ , В)	38
Максимал қувватдаги қисқа туташув токи ( $I_M$ , А)	8,5
Модул самарадорлиги (%)	20
Иссиқлик характеристикалари	
Қисқа туташув токнинг температура коэффициенти ( $I_{к.т.}$ ), $\alpha$ (%/°С)	0,0118
Салт юриш кучланишининг температура	-0,2627

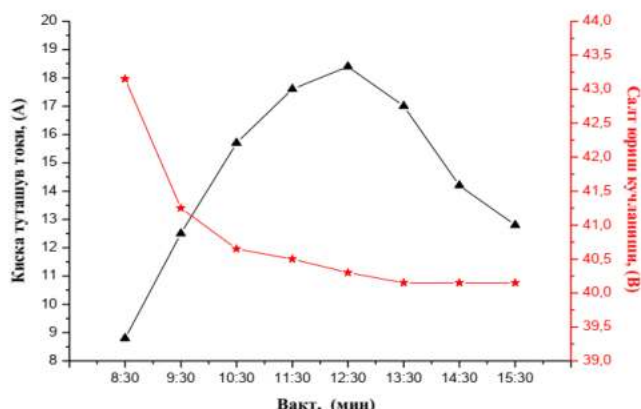




коэффициенти ( $U_{с.ю.к}$ ), $\beta$ (%/°C)	
Қувватнинг ҳарорат коэффициенти ( $P_M$ ), $\gamma$ (%/°C)	-0,3677
Ишлаш ҳарорат оралиғи (°C)	-40÷85

**Тажриба натижалари ва муҳокамаси.** Тажриба синов натижалари 2022-йил ёзда 17-июль куни очик ҳавода соат 8<sup>30</sup> дан 15<sup>30</sup> га қадар олиб борилди. Кун давомида атроф-муҳит температураси +27+42 °C, шамол тезлиги 5-8 м/с, атмосфера босими 756 мм.с.м.уст. ва рефлекторли ФИБ ва ФЭБ қўзғалмас таянч конструкцияга ўрнатилганда фронтал юзларига қуёш нурланиш оқим зичликлари 450-1197 Вт/м<sup>2</sup>, 357-785 Вт/м<sup>2</sup> миқдорида тушиши таъминланди. Тажриба бошланган вақтда рефлекторлар ФИБ га нисбатан қуёш нурланиши оқим зичлигини максимал йўналтиришини ҳисобга олган ҳолда ўрнатилди [6]. 30 дақиқа кейин нормал шароитдаги сув уланди. Иссиқлик коллекторидан 15 секундда бир литр 35 °C ли иссиқ сув олинди. 12<sup>00</sup> да 125 Вт қувватли насос иссиқ сув сақланган бақдан 80 литр 35 °C иссиқ сувни аристонга узатиш учун 0,2 кВт·соат электр энергия сарфлади. Иккита кетма-кет уланган 100 А·соатли аккумуляторларда тўпланган ўзгармас ўзгарувчан токка инвертор орқали аристонга уланди. Аристон уланмасдан олдин аккумуляторлар 26,6 В ни кўрсатди. Аристон 80 литр сувни 45 °C га кўтариш учун 1,14 кВт·соат электр энергия сарфлади. Бу вақтда аккумуляторлар кучланиши 23,6 В гача камайиб борди. ФИБ ва ФЭБ лар параллел уланган ҳолатда аккумуляторлардан ишлатилган электр энергиясининг ўрни тўлдирилганлиги учун инвертор аристонга бериладиган ток узиб қўйилмади. Тадқиқотда аристон сувни аҳоли эҳтиёжидан келиб чиқиб 45 °C га киздириб беришга мослаштирилган. Шунинг учун аристон 80 литр сувни 45 °C га кўтарилгач электр энергия истеъмоли автоматик равишда узилди.

Агар йўқотилган электр энергиянинг ўрни тўлдирилмаганда ҳар бир аккумулятор кучланиши 11,4 вольтга етганда зарядсизланиш ҳолати қайд қилинар эди. Аккумуляторлар кучланиши 12,2 бўлганда қуввати 50 % гача пасайгани аниқланди. Оптимал зарядлаш жараёни аккумулятор қувватидан келиб чиқиб 10% ни ташкил қилади. Биз ишлатадиган аккумуляторлар ҳар бири 100 А·соат. Уларни ҳар бири учун ФЭБ лар орқали 10 ампер миқдорида зарядлаш керак [7]. Ўлчанган кучланиш 12,2 вольт бўлса, яъни батарея 50% зарядсизланган ҳисобланса, бу унинг қувватини тўлдириш учун 50 А·соат заряд етказиб бериш кераклигини аниқлатади. Бизнинг тажрибада ФИБ ва ФЭБ параллел уланганда иккаласининг ток кучи МРРТ контроллери орқали йиғинди кўринишда, кучланиши эса иккаласини ўртача қийматлари кўринишида аккумуляторларни зарядлаш учун етказиб берилди. ФИБ ва ФЭБ параллел ҳолатда 18,5 А билан аккумуляторлар зарядланди. Тажриба якунига қадар аккумуляторлар 27,7 В кучланиш қиймати миқдорида қайта тўлдирилди. Натижада яна 1,14 кВт·соат захира электр энергияси тўпланди. Табиий шароитда ўтказилган тадқиқот натижалари 2-расмда келтирилган.



2-расм. Салт юриш кучланиши ва қисқа тўташув токнинг вақтга боғлиқлиги.





Олинган натижалар асосида ФИБ ва ФЭБ ларнинг кун давомида ишлаб чиқилган иссиқлик ва электр энергия самарадорликлари куйидаги формулалар ёрдамида аниқланди:

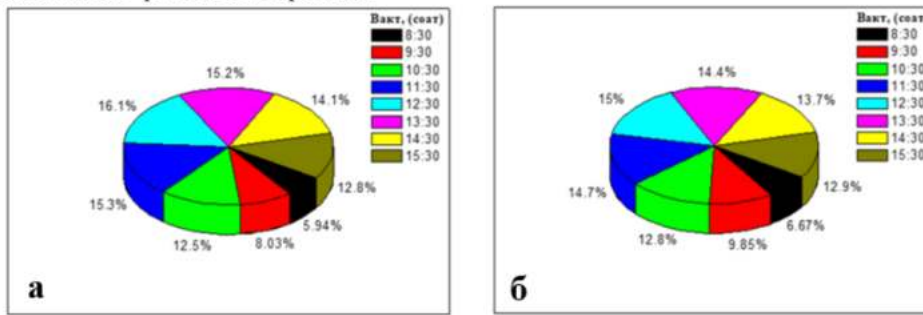
$$\eta_e = \frac{Q_e}{E \cdot S} = \frac{I_m U_m}{E \cdot S} \quad (1)$$

бу ерда,  $I_m, U_m$  – максимал ток кучи ва кучланиш (А, В),  $E$  – куёш нурланиш оқим зичлиги ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ),  $S$  – ФЭБ юзаси ( $\text{м}^2$ ).

$$\eta_e = \frac{Q_{is}}{E \cdot S} = \frac{c \cdot G_{ss} \cdot (T_2 - T_1)}{E \cdot S} \quad (2)$$

бу ерда,  $c$  – иссиқлик ташувчининг солиштирма иссиқлик сифими ( $\text{Ж}/\text{кг} \cdot \text{К}$ ),  $G_{ss}$  – иссиқлик ташувчининг масса сарфи ( $\text{кг}/\text{с}$ ),  $T_1, T_2$  – иссиқлик ташувчининг иссиқлик коллекторидаги кириш ва чиқиш ҳароратлари (К).

2-расмда келтирилган графикда параллел уланган ФИБ ва ФЭБ ларнинг қисқа туташув токи ва салт юриш кучланишининг вақтга боғлиқлиги келтирилган. Мос равишда ФИБ ва ФЭБ лардаги салт юриш кучланиши 42-43,2 В ва 38,3-43,1 В ни кўрсатди. МРРТ контроллери аккумуляторларга бу қийматларнинг ўртачасини яъни, 43,15-40,5 В ни етказиб берди. Қисқа туташув тоқлари 4,7-10,2 А ва 4,1-8,2 А ни кўрсатди. МРРТ контроллери аккумуляторларга иккала қийматнинг йиғиндисини, яъни 8,8-18,4 А билан зарядлади. ФИБ ва ФЭБ ларнинг фронтал юзасига тушадиган куёш нурланиши оқимининг % лар ҳисобида тақсимланиши 3-расмда келтирилган.



3-расм. а - рефлекторли ФИБ, б – ФЭБ ларнинг фронтал юзасига тушадиган куёш нурланиши оқим зичлигининг вақтлар кесимида % ларда тақсимланиши

3-расмдан ФИБ ва ФЭБ ларнинг фронтал юзасига тушадиган куёш нурланиш оқим зичлиги асосан  $10^{30}$  дан  $15^{30}$  гача бўлган вақт оралиғида юқори тушганлигини кузатиш мумкин. Қолган вақт оралиқларида куёш нурланиш оқим зичлиги қурилмалар қўзғалмас таянч конструкцияга ўрнатилганлиги сабабли кам тушади.

**Хулоса.** Ушбу қурилмадан шаҳар ва туман марказларидан узоқда жойлашган аҳолининг чорвачилик ва деҳқончилик билан шуғулланишлари учун далаларда мавсумий яшаш шароитларини яхшилаш мақсадида фойдаланиш мумкин [8]. ФИБ дан олинган  $35^\circ\text{C}$  ли сувни мавсумий яшаш учун далаларда аҳоли эҳтиёжи учун бемалол ишлатиш мумкин. Бундан ташқари, ўтказилган тажрибаларда 80 литр сифимли аристон ёрдамида  $35^\circ\text{C}$  сувни  $45^\circ\text{C}$  га кўтаришда 1,14 кВт·соат электр энергия сарфлагандан ташқари 1,14 кВт·соат электр энергияни аккумуляторларга захирада тўпланди. Ўтказилган тадқиқотларда ФИБ ва ФЭБ ларни параллел ҳолда ишлатиш самарали натижаларга олиб келиши аниқланди. Лекин техник параметрлари бир-бирига нисбатан катта фарқ қилишини эътиборга олган ҳолда кейинги тадқиқотларда ФЭБ нинг ўрнига ФИБ дан фойдаланиш режалаштирилди.

#### Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. D. Jasim, A.A. Farhan, "Enhancing the efficiency of photovoltaic panel using open-cell copper metal foam fins", International journal of renewable energy research, Vol.9, No.4, pp. 1850-1855, 2019.





2. S. Nižetić, F. Grubišić- Čabo, I. Marinić-Kragić, and A. M. Papadopoulos, “Experimental and numerical investigation of a backside convective cooling mechanism on photovoltaic panels,” *Energy*, vol.111, pp. 211–225, 2016.
3. M. Caruso, R. Miceli, P. Romano, G. Schettino and F. Viola,” Technical and Economical Performances of Photovoltaic Generation Façades” *International Journal of Smart Grid*, Vol.2, No.2, 2018.
4. Khalafallah O. Kassem, “Total Solar Radiation and Ideal Incline Angles of a South-Facing Solar Panel in Qena/Egypt”, *Resources and Environment* 2020, 10(1): 10-17, DOI: 10.5923/j.re.20201001.03
5. Tursunov M. N., Sabirov X., Xolov U. R., and Eshmatov M., “Investigation of the Parameters of a Photovoltaic Thermal Battery in Extreme Natural Conditions” *Applied Solar Energy*, Vol. 57, No. 4, pp. 272–277, 2021.
6. Muminov R.A., Tursunov M.N., Sabirov X., Kholov U., Janzaqov A., “Study of the efficiency of electrical and thermal energy photo of a thermal battery”, *Physical and Mathematical Research Journal*, Vol.4, Iss. 1, 2022.
7. Muminov R., Tursunov M., Yuldoshev I., Sabirov H., Kholov U., Akhtamov T., “Features of optimization of increasing the efficiency of an autonomous photo thermal installation for rural regions” *E3S Web of Conferences* 216, 01146 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601146>
8. Xuejian M, Tao Qiu, Jian Lv, Qi Shi, Dandong Meng, “Performance investigation of an iron scrap filled tube-plate PV/T system”, *Energy for Sustainable Development*, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.08.002>.