

## ТЕХНИКА ҒЫЛЫМДАРЫ

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) =Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина (междисциплинарный). – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2023. -№ 3 (118). - Б.365-373. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2023.3 (118).1446

ЭОЖ 621.311

### ҚАЗАҚСТАННЫҢ КЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ЕКІ ЖАҚТЫ КҮН МОДУЛЬДЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІНЕ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

*Мехтиев Али Джаваниширович*

*Техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор  
С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті  
Астана қ., Қазақстан  
E-mail: barton.kz@mail.ru*

*Оразбекова Асем Камбаровна*

*Техника ғылымдарының магистрі  
С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті  
Астана қ., Қазақстан  
E-mail: oka-a7@mail.ru*

#### Түйін

Екі жақты күн модульдері алдыңғы жағынан да, артқы жағынан да күн радиациясын сіңіретін фотоэлементтерден жасалған. Олар күн энергиясын екі бетінен, яғни беткі және артқы жақтарынан электр энергиясына түрлендіреді. Бұндай күн модульдері алдыңғы жағындағы күн радиациясының түрлендіру тиімділігі артқы жағындағыға қарағанда бірнеше пайызға жоғары болады және 18-19% жетеді. Ал артқы жағындағы күн модулінің тиімділігі 14-15% болады. Екі жақты күн модульдері дәстүрлі бір жақты күн модульдерімен салыстырғанда электр энергиясын өндіруді 50% дейін арттыруға мүмкіндік береді. Аталған модульдердің жер бетінен немесе басқа заттардан шағылысқан сәулелерді тиімді сіңіре алатындығы дәлелденген басылымдар жеткілікті.

Мақалада авторлар екі жақты күн модульдері орталық Қазақстан жағдайында пайдалану өте перспективалы екендігін дәлелдейді.

**Кілт сөздер:** екі жақты күн модульдері; күн радиациясы; шағылысқан сәулелену; күн электр станциясы; артқы жағы; фотоэлемент; беткі жағы.

#### Кіріспе

Фотоэлектрлік модульдер соңғы 50 жылда белсенді дамып келеді және олардың сипаттамалары жақсаруда, қазіргі таңда олардың дамуының бірнеше бағыты белгіленуде, мысалы, ғарыш аппараттарын энергиямен қамтамасыз ету үшін алғаш рет екі жақты сезімталдығы бар модульдерді пайдалануын айтыға болады.

Қазіргі уақытта екі жақты модульдер әлемнің әртүрлі елдерінде шығарылады, мысалы, фотоэлектрлік модульдерді шығаруға мамандандырылған бірқатар кәсіпорындары бар Ресей мен Қытай елдері. Күн модульдерінің бұл түрі дәстүрлі модульдермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие, өйткені екі тәуелсіз күн модулі бір жақтауда орналаса-

ды, бұл өз кезегінде өндірілетін қуатты 80% - ға дейін арттырады. Мұндай модульдерге негізделген алғашқы күн электр станциясы 2000 жылдардың басында Жапонияда, Окинава аралында пайдалануға берілді. Модульдер шамамен 2 метр биіктікте орналасты, бұл қысқы кезеңде жұмыстың тиімділігін қамтамасыз етті, өйткені қардан шағылысқан сәулелер фотоэлектрлік модульдің артқы жағына түседі.

Екі жақты модульдерді пайдаланудың маңызды мәселесі олардың жоғары экономикалық тиімділігі болып табылады, ал соңғы жылдары олардың құны жаппай дәстүрлі күн модульдерінің құнымен теңесті. Артқы жағы шағылысқан күн сәулелерін алуға қабілеті жоғары және оның өндірілетін қуаты

шағылысу жағдайына тәуелді [1,2,3,4].

Әдебиеттерді талдау кезінде, күн энергиясын түрлендіру және күн электр станциясын пайдаланудың максималды тиімділігіне қол жеткізу саласында бірқатар шешімін таппаған техникалық мәселелердің бар екенін көрсетті [5].

Ғылыми әдебиеттерде Р.Герреро-Лемустың [6] жүргізген зерттеулері туралы мәліметтер бар, ол екі жақты сезімталдығы бар күн модульдерін пайдалану перспективасын түсіндіреді және олардың тиімдірек екенін дәлелдейді.

Күн энергиясы бүкіл әлемде ғалымдардың да, сала өкілдерінің де қызығушылығын тудырады. 1979 жылдан қазіргі уақытқа дейін күн электр станцияларының тиімділігін арттыруға арналған, соның ішінде күннің көкжиектен жоғары орналасуына байланысты күн модульдерін бағдарлау арқылы 400-ден астам мақалалар табылды. Сондай-ақ, біздің планетамыздың солтүстік аймақтарында екі жақты модульдерді енгізу және бір жақты сезімталдығы бар дәстүрлі модульдерді ішінара ауыстыруға перспективасы бар екендігі туралы көптеген оң пікірлерді атап өтуге болады. Сонымен қатар екі жақты модульдердің салқындауы жақсы және жазғы маусымда қолданғанда тиімдірек деген пікір бар [7].

Тағы бір маңызды мәселе - Күннің қозғалысын және олардың кеңістіктегі бағытын бақылау жүйесінің қажеттілігінің болмауы. Кейбір жағдайларда екі жақты модульдер кәдімгі қоршаудың секциялары ретінде тігінен орнатылады, бұл оларды бір мезгілде энергия көзі және қоршау ретінде, мысалы, тас жолдарда пайдалануға мүмкіндік береді [8,9].

Екі жақты сезімталдығы бар фотоэлектрлік модульдер жер бетінен немесе басқа заттардан шағылысқан сәулелерді тиімді сіңіре алатындығы дәлелденген басылымдар бар. Бұл, әсіресе күн модульдері жер бетінен 1,5-2 м биіктікте орналасқан кезде және қар жамылғысына қатысты. Қар екі жақты күн модулінің артқы жағындағы күн сәулесінің тамаша шағылыстырғышы болып табылады, бұл ақпан-сәуір айларында өндірілетін қуаттың айтарлықтай өсуін қамтамасыз етеді [10,11,12]. Жаз мезгілінде Жер бетінен артқы жағына шағылысуды қамтамасыз ету үшін қосымша энергия алуға және осы модульдердің артқы жағын белсендіруге мүмкіндік беретін ақ түсті

шағылыстыратын бояуды қолдану қажет.

Екі жақты модульдердің барлық артықшылықтарымен олардың дәстүрлі фотоэлектрлік модульдерге тән бірқатар кемшіліктері де бар, мысалы, шаңның түсуі және олардың жұмыс бетінің ластануы. Сондай-ақ, жазғы маусымда қыздыру кезінде деформация және қыс мезгілінде суыққа ұшырау мәселелері бар. Бұл мақаланың мақсаты Қазақстанның климаттық жағдайындағы екіжақты күн модульдерінің тиімділігін эксперименталды түрде зерттеу болып табылады, бұл олардың болашақта енгізілуін қарастыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу нысанның сипаттамасы және эксперименттердің бастапқы шарттары.

Екі жақты модульдердің бір маңызды артықшылығы бар, егер географиялық ендікті ескере отырып, оларды күнге қарай көлбеу бұрышта емес, 900 бұрышта жерге тігінен орналастырып болсақ, күн панельдерінің қар және шаңмен ластану деңгейі айтарлықтай төмендейді. Қазақстанның солтүстік және орталық бөлігінің қыс мезгілінде жауатын қардың едәуір деңгейінде жүргізілген зерттеулеріміз дәлел, егер панельдер тігінен орналасып, 1-2 метр биіктікке көтерілсе, әрдайым таза болып қалады.

Қазақстандағы қар жамылғысының орташа қалыңдығы 30-40 см шамасында, бірақ жинақталған және өткелдер жерлерде әр жылдары бір метрден астам биіктікке жетуі мүмкін. Олардың беттерінде шаңның тұндыруына қатысты да осындай әсерге қол жеткізіледі. Күн модулінің астында қар жамылғысының болуы жыл айындағы тазалығына байланысты оның тиімділігін 1-2%-ға арттыруға, сонымен қатар тәуліктік энергия өндіруді 80%-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді. Жазда панельдің артқы жағындағы күн сәулесінің шағылысу тиімділігін арттыру үшін артқы жағындағы жер беті ақ бояумен боялуы өте маңызды шарт. Ең жақсы нұсқа - модульдердің тік орналасуы. Көлбеу орналасу кезінде екі жақты панельдер күн сәулесінің шағылысу беттерінің орналасуына байланысты орташа есеппен 40%-ға дейін тиімдірек жұмыс істейді.

Орталық Қазақстанның климаттық жағдайында екіжақты күн модульдерінің тиімділігіне эксперименттік зерттеу жүргізу үшін біз Қарағанды мемлекеттік политехникалық университетінің аумағында

орналасқан тәжірибелік күн электр станциясын құрдық (1-сурет). Құрылымдық жағынан, күн электр станциясы екі тәуелсіз бөлікке бөлінген және кез келген күн модульдерін ме-

талл жақтауға орнату арқылы сынауға болатындай етіп жасалған. Бақылаулар 2021 жыл бойы үздіксіз жүргізілді.

### Материалдар мен әдістер

Зерттеу Қарағанды қаласында жүргізілді. Ол Қазақстанның Орталық аймағында орналасқан, күрт континентальды қоңыржай климаты бар, географиялық орны: 49°48' с.е. 73°07' ш. б. Эксперименттер үшін біз ФСМ-185Д (Ресей өндірушісі) типті екі жақты сезімталдығы бар төрт монокристалды күн модулін сатып алдық.

Өндіруші номиналды қуаттың 90% – 1 – 10 жыл бойы, номиналды қуаттың 80% - 2-25 жыл бойы сақтауға кепілдік береді. Мұндай фотоэлементтің алдыңғы жағындағы күн радиациясын түрлендіру тиімділігі артқы жағына қарағанда бірнеше пайызға жоғары және 19% мәніне жетеді. Артқы жағындағы фотоэлементтің тиімділігі 14-15% құрайды. Күн электр станциясының артқы жағынан жерге ақ түсті шағылыстыратын бояу жағылған.

1-кесте – ФСМ-185Д фотопанелінің техникалық сипаттамалары

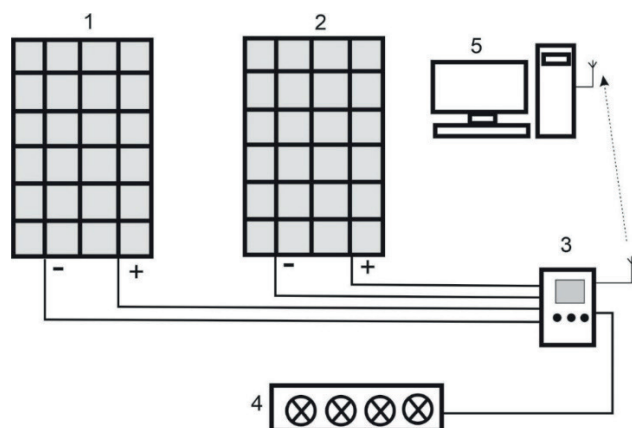
Параметрлері	Модульдің алдыңғы жағы	Модульдің артқы жағы
Қуаты, P <sub>max</sub> , Вт	186	102
Оптималды жұмыс кернеуі (V <sub>mp</sub> ), В	34,0±2,5	
Оптималды жұмысшы тоғы (I <sub>mp</sub> ), А	5,47	2,48
Қысқа тұйықталу тоғы, А	5,6	2,65
Бос жүріс кернеуі, В	43,8	
Коммутациялық кернеу, В	24	
ПӘК	18%	
Габариттік өлшемдері, мм	1568 x 808 x 43	
Салмағы, кг	17,0	

KZ PV 270 M72

Қуаты, P <sub>max</sub> , Вт	280
Оптималды жұмыс кернеуі (V <sub>mp</sub> ), В	35,4
Оптималды жұмысшы тоғы (I <sub>mp</sub> ), А	24В
Қысқа тұйықталу тоғы, А	7,9
Бос жүріс кернеуі, В	8,2 А
Коммутациялық кернеу, В	44,2 В
ПӘК	16%
Габариттік өлшемдері, мм	1649x992x40 мм
Салмағы, кг	28 кг



1-сурет –ФСМ-185Д екі жақты модульдері бар күн электр станциясының көрінісі



2-сурет – Күн модульдерінің электрлік қосылуларының шартты схемасы

Күн электр станциясы төрт KZ PV 270 M72 типті фотоэлектрлік модульдерден және ФСМ-185Д күн модулінің төрт фотоэлектрлік модулінен тұрады [8]. Көлбеу бұрышы жерге қатысты 500 және аумақтың географиялық ендік бұрышына тең. Айналмалы жүйе пайдаланылмады, күн батареяларының бағыты оңтүстікке жасалды, бекітілген қондырғы күн қозғалысын бақылау жүйесінсіз панельдердің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. ФСМ-185Д алдыңғы жағымен салыстырғанда KZ PV 270 M72-ден 1,45 есе аз қуатты, бірақ екі жақты панель артқы жағымен электр энергиясын өндіруге қабілетті, сондықтан оның қалай жұмыс істейтіні іс жүзінде тексерілді.

Салыстыру Astana Solar компаниясы шығарған KZ PV 270 M72 типті төрт фотоэлектрлік модулі бар бағдарлау жүйесі жоқ күн электр станциясымен жүргізілді.

### Нәтижелер

Зерттеу нәтижелері 3-5 суретте көрсетілген. Ғылыми эксперимент нәтижелерін өңдеу критерийлері мен таралу параметрлерін бағалаумен ақпараттың статистикалық талдауы жүргізілді. Корреляциялық және регрессиялық талдау жүргізілді. Мәліметтерді өңдеу кезінде «Ең кіші квадраттар әдісі» қолданылды (коэффициенттерді есептеу). Сипаттамалық статистика және математикалық әдістер MS Excel электрондық кестелері арқылы орындалды. Біз KZ PV 270 M72 типті төрт фотоэлектрлік модульді және ФСМ-185Д күн модулінің төрт фотоэлектрлік модулін модельдейтін компьютерлік модель жасадық, оның көмегімен біз өндірілген энергия мөлшерінің теориялық орташа мәндерін алдық, кВтсағ/тәулік, ал нақты мәндерді бір жыл ішінде СЭС

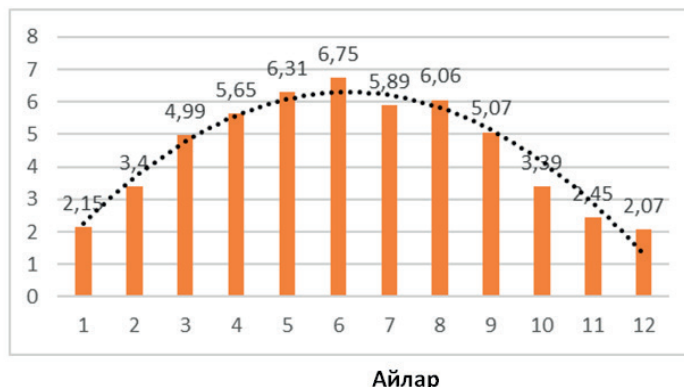
Негізгі техникалық деректер: белгіленген қуаты 270Вт; номиналды кернеуі 24В; номиналды ток 7,5А; кремний пластиналарының түрі-поликристалды 6" (156x156 мм), саны - 12 ұяшықтан тұратын 6 баған; габариттік өлшемдері 1,967x992x40 мм, рұқсат етілген ауытқуы -0 / + 5W; ПӘК-і 16% (2 сурет).

Күн модульдерін қосу үшін 24В тұрақты ток үшін стандартты сым қолданылды. Күн электр станциясының электр жүктемесін модельдеу үшін біз қыздыру шамдарын қолдандық. Тұрақты токтың электр параметрлерін есепке алудың көп арналы жүйесі қолданылды. Күн электр станциясының схемасы жеңілдетілді, оның инверторы, заряд контроллері және батареялары жоқ. Зерттеудің негізгі мақсаты екі түрлі модуль түрінің тиімділігін бағалау болды.

параметрлерін нақты өлшеу арқылы алдық.

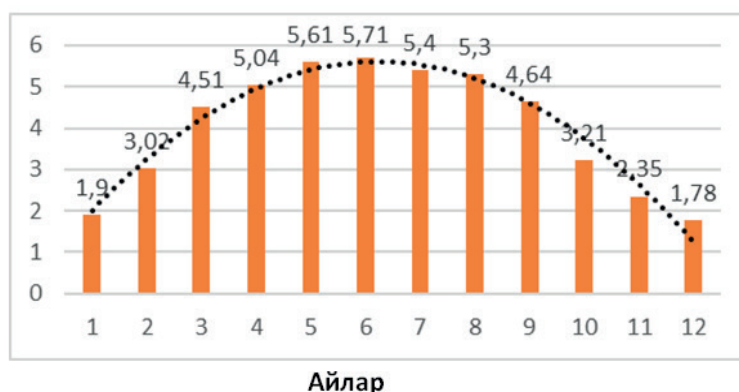
Алынған мәндерді талдау кезінде алынған деректердегі айырмашылық айқын көрінетінін атап өтуге болады, бірақ бұл біз жасаған математикалық модельдің дәл еместігіне байланысты, онда электр энергиясын өндіруге әсер ететін бірқатар сыртқы факторларды ескеру қиын, мысалы, күн белсенділігі, күн батареясының ластануы, атмосфераның мөлдірлігі, күн сәулесінің қар жамылғысынан шағылысуы, мөлшері жылдың шуақты күндері және тағы басқалар. 2021 жылдың қорытындысы бойынша КЭС өндірілген энергия мөлшері АСМ-185Д-мен салыстырғанда төрт KZ PV 270 M72 типті күн модулі бар блокта 12% - ға артық болып шықты (5-сурет).

Энергия көлемі,  
кВт·сағ/тәулік



3-сурет – KZ PV 270 M72 төрт күн модулі үшін ай сайынғы кВт\* сағ/тәулік орташа мәндері

Энергия көлемі,  
кВт·сағ/тәулік

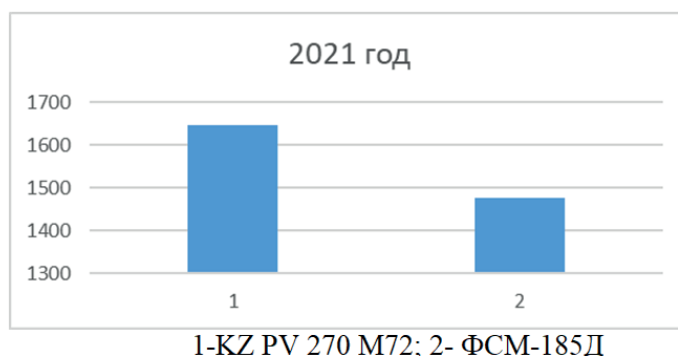


4-сурет – ФСМ-185Д төрт күн модулі үшін ай сайынғы кВт\* сағ/тәулік орташа мәндері

### Талқылау

ФСМ-185Д типті күн модульдері қуаты 185Вт бір жақты панельдерге қарағанда шамамен 30% көп энергия өндірді және алдыңғы жағындағы қуаттан 1,45 есе жоғары панельдерге лайықты бәсекелестік қамтамасыз ете алды. Біздің орнату бұрышы 500 болған кезде, шамамен 30% қуатты арттыруды қамтамасыз етті. Егер біз панельдеріміздің орнату бұрышын 900-қа қойып пайдалансақ, алдын ала зерттеулерге сүйене отырып, қуатты 50-60% арттыруға қол жеткізуге болады.

Энергия көлемі,  
кВт·сағ/жыл



1- KZ PV 270 M72; 2- ФСМ-185Д

5-сурет – Біржақты және екі жақты бөліктерге бөлуді ескере отырып, 2021 жылы КЭС өндірілген энергия мөлшері

2021 жылға арналған зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, екіжақты модульдерді пайдалану орталық Қазақстанның жағдайына жақсырақ бейімделген деген қорытынды жасауға болады. Биылғы жылы 138-ден астам шуақты күн болды, бұл өндірілген энергияның

жалпы көлемінде оң рөл атқарды.

Өндіруші оларды пайдалану кезінде 250С температураны ұсынды, сондықтан біз 2021 жылдың сәуір айының шуақты күнінде тиісті қоршаған орта температурасында беткі температураны өлшедік, бұл кезде екі бетті күн модульдерінің беті 500С дейін, ал бір жақты күн модульдері 600С дейін қызды.

2021 жылға арналған бақылау нәтижелері бойынша жер үсті жылыту температурасының айырмашылығы жылдың айына байланысты 8-ден 110С-қа дейін жетті. Екі жақты күн модульдері аз қызуға және жақсы салқындатуға

ұшырайды, бұл бір жақты модульдерден айырмашылығы, бұл олардың өнімділігін 5-6% шегінде сақтауға мүмкіндік береді және өндірілетін энергияның қосымша пайызы болып табылады.

Температураның 25 °С-ден 1°С-қа жоғарылауы күн панелінің қуатының шамамен 0,5% төмендеуіне әкелетіні анықталды. Қыздыру кезінде күн модулі өзінің қуатының бір бөлігін жоғалтады, мысалы, KZ PV 270 M72 түрі 600 С дейін қыздыру кезінде, жалпы қуатынан шамамен 40Вт жоғалтады, ал ФСМ-185Д түрі 30Вт дейін жоғалтады.

### Қорытынды

Жоғарыда айтылғандардың негізінде Қазақстан аумағында екіжақты күн модульдерін пайдалану өте перспективалы болып табылады, ал бағаның төмендеуі үрдісі кезінде оларды кеңінен қолданудың шешуші факторы бола алады деген қорытынды жасауға болады.

Екі жақты күн модульдерін пайдалану бағдарлау жүйелерін жояды және модульдер орналастырылатын негіздің металл құрылымының құнын төмендетеді. Екі жақты

модульдерді 30-90° орнату бұрыштарында пайдалану ұсынылады, ал оларды орнатудың ең қолайлы бұрышы - 90°. Бұл модуль бетіне шаңмен қардың түсуі мен жиналуының бірқатар мәселелерін шешеді. Екі жақты модульдер орталық Қазақстан жағдайында сынақтан өтті және модуль аумағының 1м<sup>2</sup> электр қуатын алудың ең жақсы көрсеткіштерін көрсетті, сонымен бірге олар аз қызады, бұл да оң фактор болып табылады.

### Әдебиеттер тізімі

- 1 Fu R, U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark [Text]/ Fu R, Chung D, Lowder T, Feldman D, Ardani K, Fu R, et al. // Nrel, -2017. -P.1–66.
- 2 EIA. Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook, 2018. -P.1–20.
- 3 Neshina Y.G., Alkina, A.D., Davletbaeva, N.B., Yurchenko, A.V. The features of using two-way sensitivity solar modules FSM 280-30D in the central Kazakhstan. 2017 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2017 - Proceedings
- 4 Yurchenko A., PV effectiveness under natural conditions [Text]: Yurchenko A., Syryamkin V., Okhorzina A., Kurkan N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 81.
- 5 Kabir E, Solar energy: Potential and future prospects [Text] / Kabir E, Kumar P, Kumar S, Adelodun AA, Kim KH. // Renew Sustain Energy Rev, -2018. -№82. -P.894–900.
- 5 Guerrero-Lemus R, Bifacial solar photovoltaics - A technology review. Renew Sustain Energy Rev [Text]/ Guerrero-Lemus R, Vega R, Kim T, Kimm A, Shephard LE. - 2016. 60:1533–49.
- 6 Alaa H. Assessment of the Performance of Bifacial Solar [Text]/ Alaa H. Salloom, Omar A. Abdulrazzaq, Ban H. Ismail // Panels International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR). -2018. -P.2454-4698. -Vol.8. Issue 7.
- 7 Fabio Ricco Galluzzo1, «Experimental Investigation and Characterization of Innovative Bifacial Silicon Solar Cells» [Text]/ Fabio Ricco Galluzzo1, Luca Zumbo1, Gianluca Acciari // INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH F. -2019. -Vol.9, No.4.
- 8 Кувшинов В.В., Использование фотоэлектрических модулей с двухсторонней приёмной поверхностью для установок малой генерации [Текст]/ Кувшинов В.В., Бекиров Э.А., Гусева Е.В. // Строительство и техногенная безопасность. -2021. -№20(72).

9 Mehdiyev A.D, The features of using two-way sensitivity solar modules FSM 280-30D in the central Kazakhstan [Text]/ Mehdiyev, A.D, Neshina, Y.G., Alkina, A.D., Davletbaeva, N.B., Yurchenko, A.V. // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON, 2017.

11 Yurchenko A. Numerical simulation of a photoconcentrator system based on a two-diode cell model taking into account cooling by a heat sink [Text]: Yurchenko A. Okhorzhina A.V., Bernard N. // European Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy (EU PVSEC): materials, Hamburg, September 14-19, 2015 - Munich: WIP Wirtschaft und Infrastruktur GmbH and Co Planungs-KG, 2014 - pp. 1444 - 1447.

12 Yurchenko A., Okhorzhina A.V., Kitaeva M.V. Autonomous Power Systems Based on Renewable Energy Operating in the Climatic Conditions of Siberia and the Far East [Text]/ 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2012): Proceedings: in 2 vol., Tomsk, September 18-21, 2012. - Tomsk: TPU Press, 2012 - Vol. 2. – P.107-111.

### References

1 Fu R, U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark / Fu R, Chung D, Lowder T, Feldman D, Ardani K, Fu R, et al. // Nrel, - 2017. -P.1–66.

2 EIA. Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook, -2018. -P.1–20.

3 Neshina Y.G., Alkina, A.D., Davletbaeva, N.B., Yurchenko, A.V. The features of using two-way sensitivity solar modules FSM 280-30D in the central Kazakhstan. 2017 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2017 – Proceedings.

4 Yurchenko A. Syriamkin V, Ohorzina A, Kyrkan N. PV effectiveness under natural conditions. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 81, Article number 012097.

5 Kabir E, Solar energy: Potential and future prospects / Kabir E, Kumar P, Kumar S, Adelodun AA, Kim KH. // Renew Sustain Energy Rev, -2018. -№82. -P.894–900.

6 Guerrero-Lemus R, Bifacial solar photovoltaics - A technology review / Guerrero-Lemus R, Vega R, Kim T, Kimm A, Shephard LE. // Renew Sustain Energy Rev, - 2016. -№60:1533–49.

7 Alaa H. Assessment of the Performance of Bifacial Solar Panels / Alaa H. Salloom, Omar A. Abdulrazzaq, Ban H. Ismail // International Journal of Engineering and Technical Research, -2018. -Vol.8, Issue-7. -P.2454-4698.

8 Fabio Ricco Galluzzo1, «Experimental Investigation and Characterization of Innovative Bifacial Silicon Solar Cells» [Text]/ Fabio Ricco Galluzzo1, Luca Zumbo1, Gianluca Acciari // INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH F. -2019. -Vol.9, No.4.

9 Kuvshinov V.V., Ispol'zovanie fotoelektricheskikh modulej s dvuhstoronnej priyomnoj poverhnost'yu dlya ustanovok maloj generacii / Kuvshinov V.V., Bekirov E.A., Guseva E.V. // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost', -2021. -№20(72).

10 Mehdiyev A.D, The features of using two-way sensitivity solar modules FSM 280-30D in the central Kazakhstan [Text]/ Mehdiyev, A.D, Neshina, Y.G., Alkina, A.D., Davletbaeva, N.B., Yurchenko, A.V. // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON, 2017.

11 Yurchenko A. Numerical simulation of a photoconcentrator system based on a two-diode cell model taking into account cooling by a heat sink [Text]: Yurchenko A. Okhorzhina A.V., Bernard N. // European Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy (EU PVSEC): materials, Hamburg, September 14-19, 2015 - Munich: WIP Wirtschaft und Infrastruktur GmbH and Co Planungs-KG, 2014 - 1444 – 1447 p.

12 Yurchenko A. Okhorzhina A. V., Kitaeva M. V. Autonomous Power Systems Based on Renewable Energy Operating in the Climatic Conditions of Siberia and the Far East [Text]/ 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2012): Proceedings: in 2 vol., Tomsk, - Tomsk: TPU Press, -2012. - Vol. 2 – P. 107-111.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУСТОРОННИХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА

*Мехтиев Али Джаванширович*

*Кандидат технических наук, ассоциированный профессор  
Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина  
г. Астана, Казахстан  
E-mail: barton.kz@mail.ru*

*Оразбекова Асем Камбаровна  
Магистр технических наук*

*Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина  
г. Астана, Казахстан  
E-mail: oka-a7@mail.ru*

### **Аннотация**

Двухсторонние солнечные модули состоят из солнечных элементов, которые поглощают солнечное излучение как спереди, так и сзади. Они преобразуют солнечную энергию в электрическую с двух поверхностей, то есть с передней и задней. Эффективность преобразования солнечного излучения таких солнечных модулей на лицевой стороне на несколько процентов выше, чем на тыльной, и достигает 18-19%. А коэффициент полезного действия солнечного модуля сзади 14-15%. Двухсторонние солнечные модули могут увеличить производство электроэнергии до 50% по сравнению с традиционными односторонними солнечными модулями. Имеется достаточно публикаций, доказывающих, что эти модули могут эффективно поглощать лучи, отраженные от земной поверхности или других объектов.

В статье авторы доказывают, что двухсторонние солнечные модули весьма перспективны для использования в условиях центрального Казахстана.

**Ключевые слова:** двухсторонние солнечные модули; солнечное излучение; отраженное излучение; солнечная электростанция; тыльная сторона; фотоэлектрический элемент; лицевая сторона.

## EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFICIENCY OF BIFACIAL SOLAR MODULES IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF KAZAKHSTAN

*Mehdiyev Ali Javanshirovi*

*Candidate of Technical Sciences, Associate professor  
S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University  
Astana, Kazakhstan  
E-mail: barton.kz@mail.ru*

*Orazbekova Asem Kambarovna  
Master of Technical Sciences*

*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University  
Astana, Kazakhstan  
E-mail: oka-a7@mail.ru*

### **Abstract**

Bifacial solar modules consist of solar cells that absorb solar radiation from both the front and the back. They convert solar energy into electrical energy from two surfaces, that is, from the front and back. The solar radiation conversion efficiency of such solar modules on the front side is several percent higher than on the rear, and reaches 18-19%. And the efficiency of the solar module at the back



is 14-15%. Double-sided solar modules can increase electricity generation by up to 50% compared to traditional single-sided solar modules. There are enough publications proving that these modules can effectively absorb rays reflected from the earth's surface or other objects.

In the article, the authors prove that bifacial solar modules are very promising for use in the conditions of central Kazakhstan.

**Key words:** Bifacial solar modules; solar radiation; reflected radiation; solar power plant; back side; photovoltaic cell; front side.