

**З.Қ. Абдикулова¹, Ж.Н. Исабеков¹, В.М. Давлетова¹,
Ж.К. Оржанова², П.М. Рахметова³**

¹Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан,
Қазақстан

²Алатау Жарық Компаниясы, Алматы, Қазақстан

³Satbayev University, Алматы, Қазақстан

E-mail: zhanibek.issabekov@ayu.edu.kz

КҮН ТАҚТАЙШАЛАРЫНЫҢ КҮН СӘУЛЕСІНЕ БАҒДАРЛАНУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ КӨЛБЕУ БҰРЫШЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ

Андатпа. Жұмыста максималды фотоэлектрлік түрлендіру процесін алу үшін күн панелінің оңтайлы бұрыштары есептелінді. Әдеби дереккөздерді талдау негізінде күн панелінің оңтайлы бұрышын есептеу әдісі таңдалды. Бұл күн панелін дұрыс бағыттауға және оларды белгілі бір аймақта орналастыру үшін күн электр станциясының тиімді жұмысын бағалауға мүмкіндік береді. Зерттеулер көрсеткендей, күн тақтайшасын күннің жарығына оңтайлы орналастыру, электр энергиясын өндірудің максималды энергия тиімділігін 25-40 % көтеруге болады.

Жұмыста Түркістан облысының мысалында күн панелінің әртүрлі көлбеу бұрыштарын есептеу нәтижелері келтірілген. Есептеулер, зерттелетін аумақта күнді бақылау жүйесі бар күн панельдерін қолдану тиімді екенін көрсетті.

Түйінді сөздер. Күн тақтайшалары, фотоэффект құбылысы, оңтайлы көлбеу бұрышы, күнді бақылау жүйесі, азимут, күн электр стансасы.

Кіріспе.

Күн радиациясын фотоэлектрлік элементтермен түрлендіру жалпы электр энергетикасы саласындағы ең перспективалы бағыттардың бірі [1]. Тиімділіктің дамуымен және күн энергиясын электр энергиясына айналдырудың өзіндік құнының төмендеуімен және тұтынушыға жақындығы мен электр желілерінен дербестігі арқасында күн энергетикасы үнемі дамып отырады.

Қазақстанда күн энергетикасының дамуына оның аумақтық орналасуы ықпал етеді.

Жер бетіне түсетін күн энергиясының мөлшері атмосфераның күйіне, күннің ұзақтығына және ауа-райының маусымдық өзгеруіне байланысты, бірақ ең алдымен бұлттылыққа байланысты [2]. Сондықтан ауа-райының әсерін, панельдердің оңтайлы бағдарлануын, көлбеу бұрышын және т.б. табиғи жағдайында күн батареясының жұмыс параметрлеріне әсерін зерттеу, модульдік күн электр станцияларын және оларды басқару тиімділігін арттыруға ықпал ететін өзекті мәселе болып табылады.

Фотоэлектрлік жүйенің тиімділігі күн радиациясының деңгейіне байланысты. Фотоэлектрлік жүйелердің негізгі құрылымы - фотоэлементтерден біріктірілген модульдер болып табылады. Модульдер бірнеше жүз вольтқа дейін кез келген кернеуге арналған. Егер жүйеде айнымалы ток жүктемелері бар болса, онда айнымалы токқа түрлендіру үшін жүйенің құрамына инверторлар кіреді.

Автономды күн энергиясы жүйесіне арналған фотоэлементтерді таңдағанда, фотоэлементтердің ПӘК білуі қажет. Фотоэлементтердің ПӘК фотоэлементтерге түсетін энергияның тұтынушыларға түскен электр энергиясының қатынасы екені белгілі. ПӘК практикалық, теориялық және зертханалық мәндері бар.

Төменде өндірістік фотоэлементтерінің практикалық мәндері келтірілген [3]:

- монокристалды кремний фотоэлементтері: 16-17%;
- поликристалды кремний фотоэлементтері: 14-15%;
- аморфты кремнийдің фотоэлементтері: 8-9%.

Электр стансаларының энергетикалық сипаттамалары күн панельдерінің бетіне түсетін күн сәулесінің бұрышына тәуелді [4].

Материалдар мен тәсілдер.

Күн батареясының экспозициясын тікелей күн сәулесіне арттырудың екі нұсқасы бар:

1) Күн батареяларын оңтайлы бұрышта бекітілген құрылымға орнату.

2) Күн тақтайларын орнатудың дәстүрлі жүйелерімен салыстырғанда күн станциясының орташа жылдық электр энергиясын өндіруін 15-45 % арттыруға мүмкіндік беретін динамикалық автоматтандырылған жүйелерін орнату [5].

Күн тақтайлары шатырда немесе метал конструкциясында орналастырылады және ұзақ уақыт күн сәулесін бақылай алмайды. Сондықтан, күн тақтайлары күндіз ұзақ уақыт бойы тиімді бұрышта болмайды. Горизонталь жазықтық пен күн тақтайша аралығындағы бұрыш - көлбеу бұрышы.

Көлденең бетке сәулелену ағыны, зениттік бұрышты, тәуліктің күні мен уақытын ескере отырып, мына формула бойынша анықталады [6]:

$$G_{n,k} = \partial \left(1 + 0,033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right) \cos \Theta, \quad (1)$$

мұнда, ∂ - күн тұрақтысы, есептеулерде 1367 Вт/м^2 тең деп қабылданады; n - жылдағы күннің реттік нөмірі, 01 қаңтардан бастап; Θ - зениттік бұрыш, яғни күн сәулесінің көлденең бетке түсу бұрышы; k - күннің шығуы мен бату уақыты аралығындағы есептеу нүктелерінің саны.

Зениттік бұрыш келесідей формула бойынша анықталады [6,7]:

$$\Theta = \arccos(\cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi), \quad (2)$$

мұнда, φ – күн панельдерінің орналасу кеңдігі, δ - аспан сферасындағы күннің координатасы (иілу бұрышы) жылдың n -күні үшін, ω - белгілі бір уақытта қарастырылатын күндізгі сағат бұрышы.

Иілу бұрышы (δ) аспан экваторы жазықтығынан жарыққа дейінгі бұрыштық қашықтыққа тең және мына формула бойынша анықталады [6,7,8]:

$$\delta = 23,45 \left(360 \frac{284+n}{365} \frac{\pi}{180} \right). \quad (3)$$

Сағат бұрышы дегеніміз аспан экваторы бойымен батысқа қарай аспан меридианасынан, таңдалатын нүкте арқылы өтетін сағат шеңберіне дейінгі өлшенетін бұрыштық қашықтық. Ол мына өрнекпен анықталады:

$$\omega = 15 \frac{\pi}{180} (t - 12), \quad (4)$$

мұндағы, t - күнделікті шынайы немесе бақыланатын күн қозғалысымен анықталатын көрінетін немесе шынайы күн уақыты, сағ.

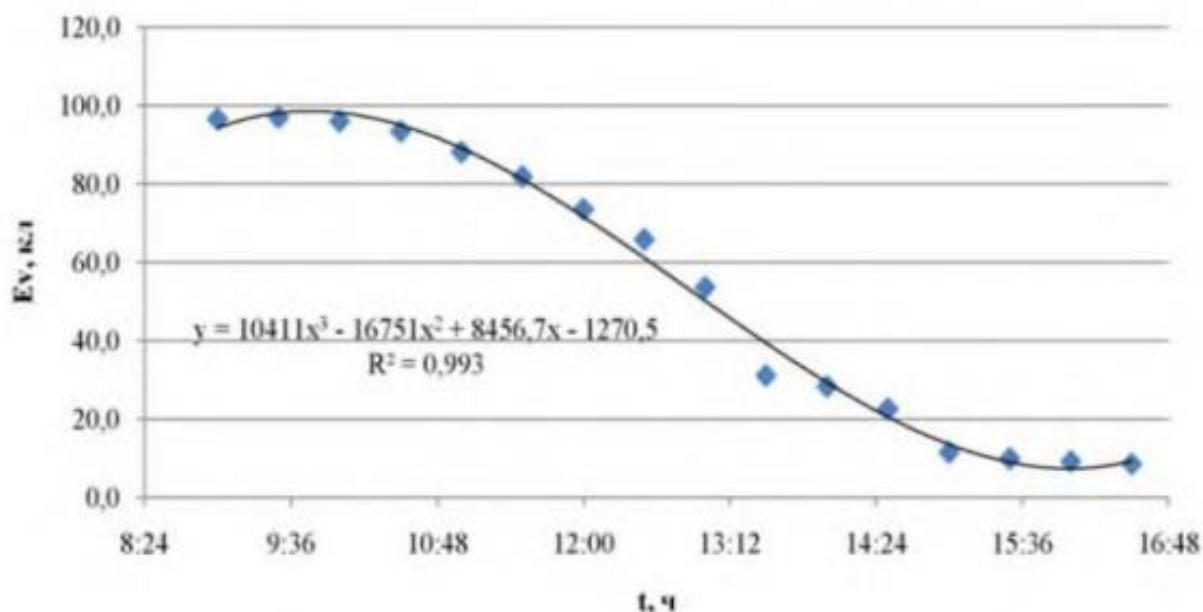
Жердің Күнді айналуына байланысты маусымдық өзгерістер болады. Қыста күн сәулесі жаз айларындағыдай бұрышқа түспейді. Қыс айларына қарағанда күн

тақтайшаларын жазда көлденең орналастыру дұрыс болады. Егер, көлбеу бұрышын бір жылда екі рет ауыстыру мүмкін болмаса, онда тақтайшаларды тиімді бұрышта орналастыру қажет және оның мәні жаз бен қыс айлардың бұрыштары арасында болады. Әрбір оңтүстік ендік үшін тақтайшалардың тиімді бұрышы болу кере. Тек қана меридианға жақын орындар үшін күн тақтайшаларын горизонталь орналастыру қажет (бірақ сол жерде де олар жаңбырдың қалдықтарын күн батареясынан жууына мүмкіндік беру үшін аз бұрышпен орнатылады).

Нәтижелер.

1-суретте көрсетілген графикті талдау бойынша, күн тақтайшаларының орналасуына байланысты жарықтың максимумы таңертеңге келеді, күндізгі уақытта тақтайшаларда жарықтың төмендеуі байқалады, таңертең біз алған максимумнан 100% жарық түседі, түсте - шамамен 60% жарық, ал кешкі уақытта- біз алған максимумнан 10,5% түседі.

Есептеулер бойынша, біз күніне орташа есеппен панельдердегі жарықтың шамамен 50% жоғалтамыз деп айта аламыз.



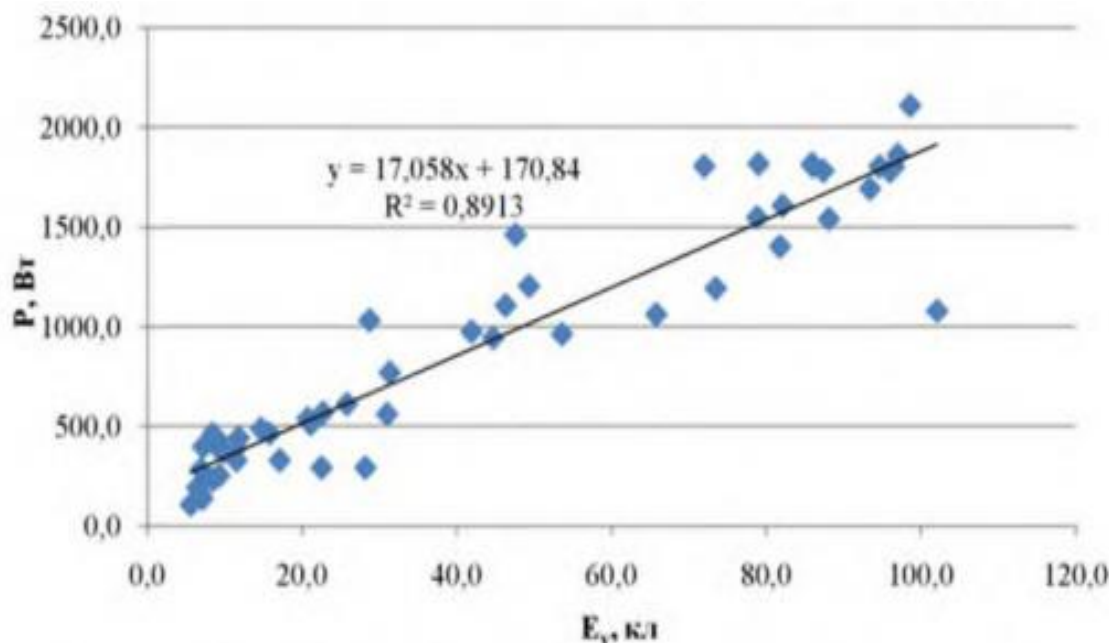
1 сурет - Панельдерге 60° бұрышпен түсу кезіндегі жарықтың уақытқа тәуелділігі

Түркістан облысы Қазақстан аумағында күн ресурстары бойынша көш бастап тұр, облыста күн сәулесінің ұзақтығы жылына 2500 сағаттан асады.

Жарықтың максималды мөлшері, күн тақтайшаларының күн сәулесіне қарай бағытталған кезінде анықталады, жарық сәулесінің ең көп мөлшері күндізгі уақытта болады.

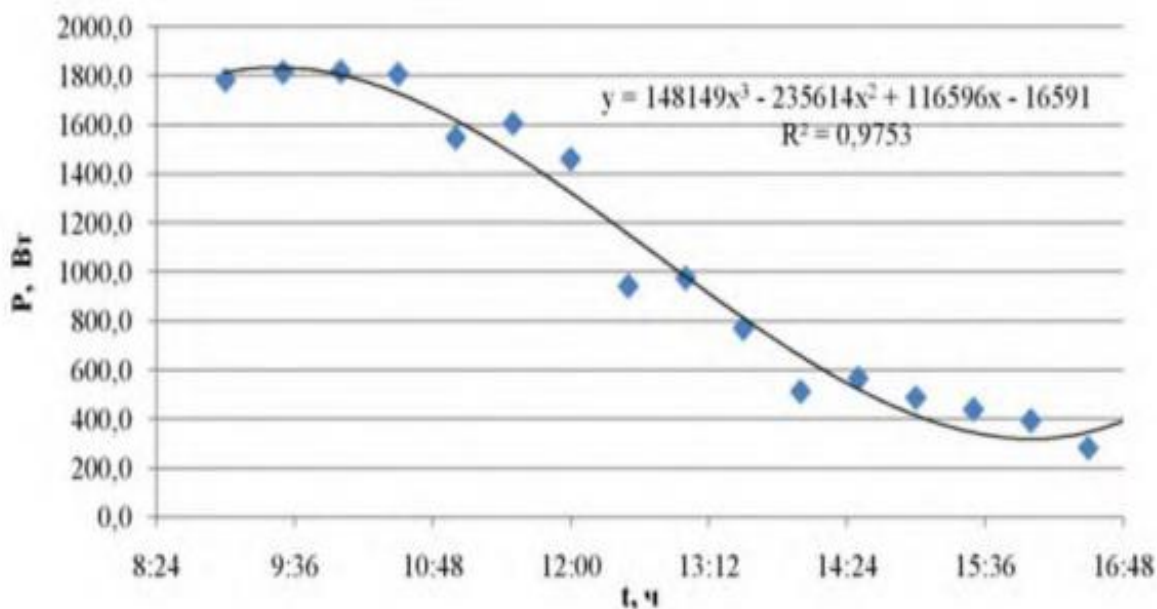
Күн тақтайшаларындағы жарықтың максималды мөлшері таңертеңгі уақытта болады, кешкі уақыт түсе келе аздап төмендей бастайды. Мысалыға, бұлтсыз ашық күні жарықтандырудың 55 % түсте болады, ал кешке -11 % құрайды.

Автономды электрмен жабдықтау жүйесінің толық жұмыс істеуі үшін дәстүрлі емес энергия көздерінің энергетикалық сипаттамаларын, қалыпты жұмыс режимінде өндіруге қабілетті энергия мөлшерін білу қажет. Осы мақсатта күн панельдері өндірген электр энергиясының күндізгі жарыққа тәуелділігі анықталды (2 сурет).



2 сурет - Күн панельдеріне көлбеу бұрышымен түсу кезіндегі жарыққа өндірілген электр энергиясының тәуелділігі

3- суреттегі алынған сызықтық тәуелділік бойынша, егер күндізгі уақытта жарықтың жартысынан көбі жоғалмаса, онда күн панельдері өндірген электр энергиясы екі есе өсуі мүмкін еді.



3 сурет - Өндірілген электр энергиясының тәулік уақытына тәуелділігі

Диаграммалар көрсеткендей, қуаттың максимумы таңертеңгі уақытта болады және уақыт өте келе қуат азаяды. Алынған, қуаттың тәулік уақытына тәуелділігі 09.00-ден 16.30-ға дейінгі тәулік уақытына қатаң байланысты.

Сондай-ақ, эксперимент нәтижелері бойынша ауа райына байланысты өндірілген электр энергиясының мөлшері әртүрлі болғаны да байқалды.

Дербес жүйелер үшін рациональды көлбеу бұрышы ай сайынғы жүктемелік графикке сәйкес болады, егер нақты бір айда көп энергия жұмсалса, онда көлбеу бұрышы осы айға рациональды таңдалуы қажет [9].

1 кесте - Әртүрлі ендіктер үшін күн панельдерінің оңтайлы бұрыштары [9]

Географиялық ендік	Көлбеу бұрышы	Түзету қыс/жаз
0-15 ⁰	15 ⁰	± 10-15 ⁰
15-25 ⁰	көлбеу бұрышы ендікке тең	⊥ 10-15 ⁰
25-30 ⁰	+ 5 ⁰ ендікке	± 10-15 ⁰
30-35 ⁰	+ 10 ⁰ ендікке	⊥ 10-14 ⁰
35-40 ⁰	+ 15 ⁰ ендікке	± 9-13 ⁰
40 ⁰ жоғары	+ 20 ⁰ ендікке	± 8-11 ⁰

2 кесте - Шағылысу кезіндегі күн энергиясының жоғалысы (% , күн панеліне перпендикуляр бағыт)

Күн сәулелерінің көлбеу бұрышы	Күн энергиясының жоғалысы, %
9	1,2
18	4,9
40	19
45	29

Фотоэлектрлік жүйенің энергия өндіру үлесі 45 градус кезінде, жер бедерінің ендігі үшін 52 градус солтүстік ендік.

батыс	оңтүстік-батыс	оңтүстік	оңтүстік-шығыс	шығыс
78 %	94 %	97 %	94 %	78 %

Күн тақтайшалары жарық көзіне бағдарлануы кезінде және де олардың беттік ауданы жарыққа 90⁰ орналасқанда оңтайлы жұмыс жасайды. Күннің аспандағы орнын анықтайтын координаталары - ауытқу және азимут. Ауытқу - жазықтықпен жер бетінің көлденең қимасының сызығымен жер мен күнді байланыстыратын сызық арасындағы бұрыш. Азимут - меридианның көлденең жазықтығы мен күннің тік жазықтығы арасындағы бұрыш.

Тақтайшалар 36⁰ және оңтүстік ендікке бағдарланған кезінде энергияның өндірілуі максималды (100%) болады [10].

Тұрақты көлбеу бұрышында күн батареялары өндірген энергия мөлшерін есептегенде, біздің оңтүстік аймақтарымызға сәйкес келетін рельефтің ендігінде, жылына көлбеу бұрышы 4 және 12 рет өзгерген кезде, энергия өндіру айырмашылығы 3% аз болады.

Талқылау.

Күн электрлік стансасының жұмысына қажетті күн энергиясының мөлшерін есептеу кезінде күннің сәулесін қабылдайтын алаңның бағдарын ескеру қажет. Есептеу үшін күн инсоляциясы мәнін алу қажет:

- жалпы жыл ішінде электр энергиясының ең көп мөлшерін өндіру қажет болған жағдайда, көлбеу бұрышы жер бедерінің ендігіне тең болатын алаң үшін;

- жүйе жыл бойы бірдей жүктемемен жұмыс істейтін жағдайларда (мұндай жүйе жазғы кезеңде электр энергиясының артық болуына байланысты тиімсіз), көлбеу бетіне жер бедерінің ендігінен 15° үлкен бұрышпен орналасқан алаң үшін;

- оңтайлы бағдарланған алаң үшін: жазғы кезең үшін көлбеу бетіне жер бедерінің ендігінен 15° төмен бұрышпен, қыста - жер бедерінің ендігінен 15° үлкен бұрышпен түсуі.

Күннің қозғалысына байланысты және бұлттылыққа байланысты күн инсоляциясы күні бойы өзгереді. Мысалы, түсте, ашық күн ауа-райында күн энергиясының мөлшері 1000 Вт/м^2 жетуі мүмкін, ал күн бұлтты болса, тіпті түстеде ол 100 Вт/м^2 дейін және одан да төмен болуы мүмкін [10]. Күн фотоэлектрлік батареяларының электр энергиясын өндіруі күн сәулесінің түсу бұрышына байланысты және бұл бұрыш 90° болғанда максималды болады, яғни сәулелер перпендикуляр түседі. 90° бұрышынан ауытқу неғұрлым көп болса, соғұрлым сәулелік энергия көп шағылысады. Сондықтан, күн тақтайшаларының бетін дұрыс бағдарлау және қажетті көлбеу бұрышын орнату өте маңызды.

Автономды фотоэлектрлік жүйені тек жазда қолданған кезде, тек жаз айларына арналған мәндерді қолдану керек, сол сияқты – қыс мезгілінде де. Рациональды электрлік энергиямен қамдау мақсатында автономды күн электр станциясын пайдалану кезеңдегі орташа айлық мәндердің ең аз мәнін таңдау қажет. Ең жоғары күн сағаттарының орташа айлық санын алу үшін ең нашар айдың орташа мәнін күндер санына бөлу керек.

Қорытынды.

Жұмыста күн тақтайшаларының күн сәулесіне бағытталынуына байланысты көлбеу бұрыштарын есептеу әдістемесі анықталып, есептелінді.

Зерттелетін қондырғы аймағында күн тақтайшалары оңтүстікке қарай 60° бұрышпен орналастырылған кезде, тәулік ішінде тақтайшалардағы жарықтың шамамен 50% жоғалады, сондықтан, тақтайшалардың неғұрлым тиімді орналасуын негіздеу немесе күн бағытын бақылайтын тақтайшалардың көлбеу бұрышы мен бағытын басқару жүйесін қолдану қажет.

Жаз айының шуақты күнімен салыстырғанда бұлтты күнде өндірілетін қуаттың айырмашылығы небәрі 26% болғандықтан, бұл ауа-райына байланысты айырмашылық аз және күн тақтайшаларын электр энергиясын өндіру үшін тұрақты пайдалануға болатынын көрсетеді.

Зерттеу нәтижелерінің негізінде, көлбеу бұрышын маусымға қарамастан реттеу күн тақтайшаларының тиімділігін арттырудың ең тиімді әдісі болып табылады деген қорытынды жасауға болады. Сондықтан, күнді бақылау жүйесі бар күн тақтайшаларын қолдану, күнді бақылаудың тиімді жүйелерін құрастыру негізгі мәселе болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин. Солнечная энергетика. - М.: МЭИ, 2008. – 276 с.

[2] Хомутов С.О., Полищук В.И., Сташко В.И. Исследование основных режимов работы и элементов конструкции фотоэлектрических систем для построения

микромощной солнечной электростанции//Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330, № 1. С. 153–164.

[3] Егемберді М., Шүкір Ә., Елбасы М. Күн сәулесі болашақтың сарқылмас энергиясы. - Алматы, 2021.

[4] Бабаев Б.Д., Шевердиев Р.П. Оптимизация угла наклона солнечных модулей в зависимости от места расположения и автоматизированный расчет солнечной радиации//Энергетик. – 2018. – № 12. – С. 29–31.

[5] Г.Н. Рязкин, Е.В. Соломин, К. Мадемлис и др. Солнечный трекер с системой самораскрытия//Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2021. Т. 21, № 1. С. 82–89.

[6] Митрофанов С.В. Выбор оптимального угла наклона солнечных панелей для размещения их в произвольном регионе//Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2023. Т. 23, № 1. С. 5–11.

[7] Duffie J, Beckman W. Design of photovoltaic systems. Solar Engineering of Thermal Processes. 1991;2:770–81.

[8] Бабаев Б.Д. Расчет выработки электроэнергии местной солнечной электростанцией при оптимальных параметрах//Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1. 2021. Т. 36, № 3. С. 21–28.

[9] Степанова А.А. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Современные проблемы электроэнергетики» для студентов направления подготовки специальности 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника». - Ставрополь, 2023.

[10] Аязбек Д. Аралас күн жылу жүйесінің параметрлерінің ерекшелігі. «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференция материалдары. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. - Алматы: Қазақ университеті, 2021.

REFERENCES*

[1] V.I. Vissarionov, G.V. Deriygina, V.A. Kyznetsova, N.K. Malinin. Solnechnaya energetika. - M.: MEI, 2008. – 276 p.

[2] Homýtov S.O., Polýk V.I., Stashko V.I. Issledovanie osnovnyh rejimov raboty i elementov konstrýktsii fotoelektricheskikh sistem dlia postroeniia mikromonoj solnechnoj elektrostantsii//Izvestiia Tomskogo politehnicheskogo ýniversiteta. Injiniiring georesýrsov. 2019. Т. 330, № 1. p.153–164.

[3] Egemberdi M., Shúkir Á., Elbasy M. Kún sáylesi bolashaqtyń sarqylmas energuasy. - Almaty, 2021.

[4] Babaev B.D., Sheverdiev R.P. Optimizatsiia ýgla naklona solnechnyh modýlei v zavisimosti ot mesta raspolojenniia i avtomatizirovannyi raschet solnechnoi radiatsii//Energetik. – 2018. – № 12. p. 29–31.

[5] G.N. Riazkin, E.V. Solomin, K. Mademlis i dr. Solnechnyi treker s sistemoi samoraskrytiia//Vestnik IúÝrGÝ. Serii «Energetika». 2021. Т. 21, № 1. p. 82–89.

[6] Mitrofanov S.V. Vybór optimalnogo ýgla naklona solnechnyh panelei dlia razmeeniia ih v proizvolnom regione//Vestnik IúÝrGÝ. Serii «Energetika». 2023. Т. 23, № 1. S. 5–11.

[7] Duffie J, Beckman W. Design of photovoltaic systems. Solar Engineering of Thermal Processes. 1991; 2:770–81.

[8] Babaev B.D. Rachet vyrabotki elektroenergii mestnoi solnechnoi elektrostantsiei pri optimalnyh parametroh//Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Serii 1. 2021. Т. 36, № 3. P. 21–28.

[9] Stepanova A.A. Metodicheskie ýkazaniya po vypolneniyú prakticheskikh rabot po dístsipline «Sovremennye problemy elektroenergetiki» dlia stýdentov napravleniya podgotovki spetsialnosti 13.04.02- «Elektroenergetika i elektrotehnika». - Stavropol, 2023.

[10] Aiazbek D. Aralas kún jyly júesiniń parametirleriniń ereksheligi. «Farabı әlemi» atty stýdentter men jas ǵalymdardyń halyqaralyq ǵylymı konferentsiya materialdary//Al-Farabı atyndaǵy Qazaq ulttyq ýnıversiteti. - Almaty: Qazaq ýnıversiteti, 2021.

Zagipa Abdikulova, candidate of technical sciences, acting associate docent, International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmet Yasawi, Turkestan, Kazakhstan, Azagipa@mail.ru

Zhanibek Issabekov, PhD, dean, acting associate docent, International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmet Yasawi, Turkestan, Kazakhstan, zhanibek.issabekov@ayu.edu.kz

Venera Davletova, master, senior lecturer, International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmet Yasawi, Turkestan, Kazakhstan, Azagipa@mail.ru

Zhanar Orzhanova, candidate of technical sciences, associate professor, Leading engineer of Alatau Zharyk Kompaniyasy JSC, Almaty, Kazakhstan, zhanar.orzhanova@mail.ru

Perizat Rakhmetova, doctoral student, senior lecturer, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, p.rakhmetova@gmail.com

CALCULATION AND SELECTION OF THE ANGLE OF INCLINATION OF SOLAR MODULES DEPENDING ON FROM THEIR DIRECTION TO THE SUN

Abstract. The article makes calculations of the rational arrangement of solar panels to maximize the production of electric energy. Based on the analysis of scientific sources, a mechanism for calculating solar panels was chosen depending on the angle of incidence of sunlight and the geographical location of the solar station. This will allow you to correctly orient the solar panel and evaluate the possibility of efficient operation of a solar power plant to place them in a certain region. The correct orientation of the solar panel to the sun, as practice shows, allows you to increase the amount of electricity generated by up to 25-40 %.

The article presents the calculation results the radiation flux incident on a horizontal surface, taking into account the zenith angle, the sun and the time of day, using the example of the Turkestan region. Calculations have shown that the angle of inclination and orientation of the panels should be optimized to receive the maximum amount of sunlight during the day.

Keywords. Solar modules, photovoltaic conversion, angle of inclination, sun tracking, azimuth, solar power plant.

Загипа Абдикулова, к.т.н., и.о. доцента, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан, Azagipa@mail.ru

Жанибек Исабеков, PhD, декан, и.о. доцента, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан, zhanibek.issabekov@ayu.edu.kz

Венера Давлетова, магистр, старший преподаватель, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан, Azagipa@mail.ru

Жанар Оржанова, к.т.н., ассоциированный профессор, ведущий инженер АО «Алатау Жарық Компаниясы», Алматы, Казахстан, zhanar.orzhanova@mail.ru

Перизат Рахметова, докторант, старший преподаватель, Satbayev University, Алматы, Казахстан, p.rakhmetova@gmail.com

РАСЧЕТ И ВЫБОР УГЛА НАКЛОНА СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ОРИЕНТАЦИИ НА СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ

Аннотация. В статье произведены расчеты рационального расположения солнечных панелей для получения максимальной выработки электрической энергии. На основе анализа научных источников был выбран механизм расчета солнечных панелей в зависимости от угла падения солнечного света и географического положения солнечной станции. Исследования показали, что правильная установка и ориентация солнечных панелей имеют решающее значение для максимальной выработки электрической энергии и повысить ее выработку до 25-40 %.

В статье приведены результаты расчета потока излучения, падающего на горизонтальную поверхность с учетом зенитного угла, солнца и времени суток на примере Туркестанской области. Расчеты показали, что угол наклона и ориентация панелей должны быть оптимизированы для получения максимального количества солнечного света в течение дня.

Ключевые слова. Солнечные модули, явление фотоэффекта, угол наклона, система слежения за солнцем, азимут, солнечная электрическая станция
