

ӘОЖ 62-21474
МРНТИ 44.39.29
DOI 10.56525/MQQC9353

ӘРТҮРЛІ ҚУАТТАҒЫ КҮН ПАНЕЛЬДЕРІ МЕН ЖЕЛ ТУРБИНАСЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК САЛЫСТЫРУ

Т.Т. Коптлеуов¹, Ш.М. Есемуратова²

¹Есенов университеті, Ақтау қ., Қазақстан

²Бердах атындағы Қаракалпақ мемлекеттік университеті, Нүкіс, Өзбекстан
e-mail: turarbek.koptleuov@yu.edu.kz, e_shiyrin@karsu.uz

Аннотация: Бұл мақалада әртүрлі қуаттағы күн панельдері мен жел турбинасының энергетикалық көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жүргізілген. Зерттеу нысандары ретінде жоғары қуатты бір күн панелі, бірнеше кіші қуатты күн панельдері және жел турбинасы қарастырылды. Зерттеу барысында жаңартылатын энергия көздерінің жұмыс тиімділігін бағалау мақсатында эксперименттік өлшеулер жүргізілді. Әрбір энергия көзінің негізгі электрлік параметрлері, атап айтқанда кернеу, ток күші, қуат және белгілі бір уақыт аралығында өндірілген энергия мөлшері анықталды. Өлшеу нәтижелері негізінде әрбір құрылғының жұмыс тиімділігі мен энергетикалық сипаттамалары салыстырмалы түрде талданды.

Сонымен қатар зерттеу барысында энергия көздерінің қоршаған орта жағдайларына тәуелділігі де қарастырылды. Атап айтқанда, күн панельдерінің жұмыс тиімділігі күн сәулесінің қарқындылығына байланысты өзгертінді, ал жел турбинасының өнімділігі жел жылдамдығына тікелей тәуелді екені анықталды. Алынған нәтижелер жоғары қуатты күн панелінің энергия өндіру қабілеті тұрақты әрі тиімді екенін көрсетті. Сонымен бірге бірнеше кіші қуатты күн панельдерін біріктіріп пайдалану жалпы өндірілетін энергия көлемін арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері жаңартылатын энергия көздерін тиімді пайдалану, энергетикалық жүйелерді жобалау және олардың жұмыс тиімділігін арттыру мәселелерін шешуде маңызды практикалық мәнге ие.

Түйін сөздер: жаңартылатын энергия көздері, күн панелі, жел турбинасы, күн энергиясы, жел энергиясы, электр энергиясын өндіру, қуат, кернеу, ток күші, энергетикалық тиімділік, салыстырмалы талдау, энергия өндіру.

Кіріспе

Қазіргі энергетикалық жүйелердің негізгі бөлігі қазба негізіндегі отын түрлеріне тәуелді болып отыр, алайда олардың қорының шектеулілігі және көмірқышқыл газының (CO₂) жоғары көлемде шығарылуы климаттың өзгеруін күшейтетін басты факторлардың бірі болып саналады. Осыған байланысты энергия секторын декарбонизациялау және қазба отындарын кезең-кезеңімен алмастыру мәселесі соңғы жылдары ғылыми зерттеулердің негізгі бағытына айналды [3,4].

Соңғы зерттеулерде жаңартылатын энергия көздеріне негізделген энергетикалық жүйелер, әсіресе күн және жел энергиясын пайдалану арқылы өндірілетін жасыл сутегі, көміртексіз энергияға көшу жолындағы тиімді шешім ретінде қарастырылуда [1,5].

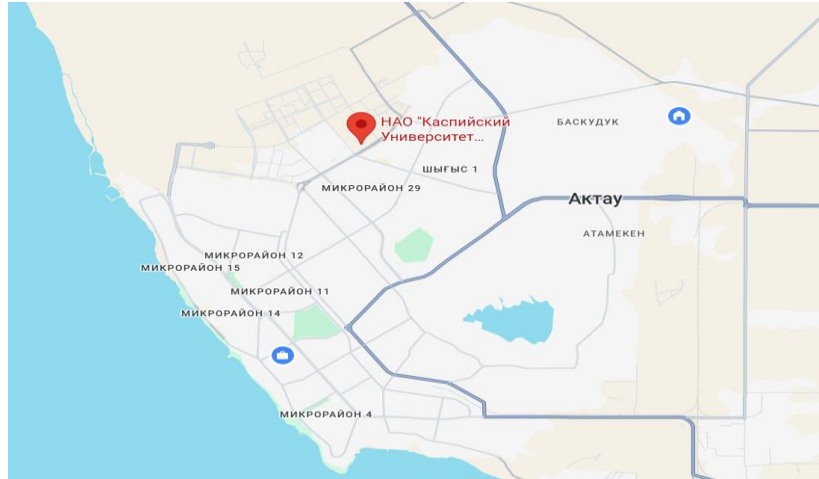
Қазіргі жағдайда энергетикалық жүйелерде жаңартылатын энергия секторын кеңейту аса өзекті бағыттардың бірі болып табылады. Соңғы зерттеулер көрсеткендей, жел және күн энергетикасының электр желілеріндегі үлесінің артуы дәстүрлі қазба отынына негізделген жылу электр станцияларының жұмыс режиміне тікелей әсер етіп, олардың жүктемесін төмендетуге және зиянды шығарындылар көлемін азайтуға мүмкіндік береді [2,6].

Зерттеу әдістемесі

Бұл зерттеуде желкүн энергетикалық жүйесінің жұмыс параметрлері жеке жел және күн электр қондырғыларының тиімділік көрсеткіштерімен салыстырмалы түрде талданады.

Зерттеу жүргізілген орын және климаттық жағдайлар

Ақтау қаласы Қазақстан Республикасының батыс бөлігінде орналасқан және географиялық координаттары бойынша 43.68213° солтүстік ендік пен 51.16972° шығыс бойлықта орналасқан. Каспий теңізінің жағалауында орналасқанына қарамастан, аймақтың климаттық жағдайы құрғақ болып сипатталады және жартылай шөл климаттық аймағына жатады.



Сурет 1. Зерттеу аймағының орналасқан жері

Әрбір сынақ жүргізу барысында қоршаған ортаның параметрлері тіркелді, бұл тәжірибелік өлшеулер кезінде шығу қуатына әсер ететін ұсақ метеорологиялық өзгерістердің ықпалын азайтуға мүмкіндік берді. Сынақтар жүргізілген кездегі ауа райы жағдайлары 4-кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Модельді сынау кезіндегі ауа райы жағдайлары

	Күні	Ауа райы	Температура	Желдің орташа жылдамдығы
Жеке жүйелерді тестілеу	2025 жылғы 3 қазан	Күн ашық	16°C	5-5,5 м/с
	2025 жылғы 8 қазан	Күн ашық	16°C	5,5 м/с
	2025 жылғы 12 қазан	Күн ашық	18°C	5 м/с
	2025 жылғы 13 қазан	Күн ашық	18°C	5 м/с
	2025 жылғы 14 қазан	Бұлтты	14°C	6,7 м/с
	2025 жылғы 15 қазан	Бұлтты	15°C	7,20 м/с

1-кестеде 2025 жылғы 3–15 қазан аралығындағы Ақтау қаласының ауа райы деректері көрсетілген. Бұл деректерге температура, жел жылдамдығы және бұлттылық деңгейі кіреді, және олар сынақтар барысында күн және жел қондырғыларының жұмыс тиімділігін талдау үшін пайдаланылды.

Эксперименттік қондырғылар

Экспериментті жүргізу үшін келесі құрылғылар пайдаланылды: бір үлкен фотоэлектрлік панель, электрлік параметрлері ұқсас бес шағын фотоэлектрлік модуль және жел турбинасы. Әрбір конфигурация үшін жүйенің тиімділік коэффициенттері есептеліп, салыстырмалы талдау жүргізілді.

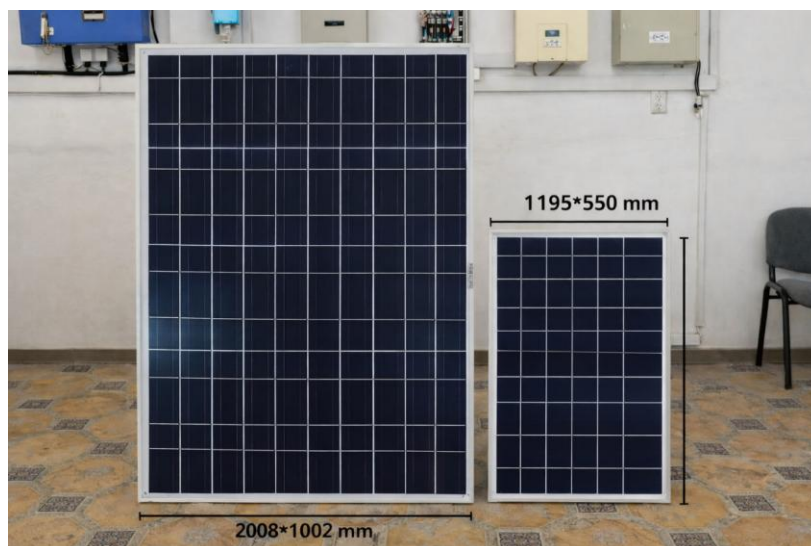


Сурет 2. Сыналған жел турбиасы

Кесте 2. Сыналған жел генераторының сипаттамалары

Параметр	Мәні (Н1.25-400W)
Номиналды қуат	400 Вт
Максималды қуат	600 Вт
Номиналды жүйе кернеуі	12 V (DC)
Шығу кернеуінің түрі	Тұрақты ток (ТҰРАҚТЫ ток)
Желдің жұмыс жылдамдығының диапазоны	м/с
Генератордың тиімділігі	> 80 %
Пышақтар саны	3
Ротордың диаметрі	1,25 м
Генератордың массасы	Шамамен 5,5 кг
Білік түрі	Көлденең

2-кестеде Н1.25-400w көлденең осьті жел турбиасы моделінің негізгі техникалық параметрлері келтірілген. жел турбиасының номиналды қуаты 400 Вт құрайды, ал қолайлы жел жағдайында максималды шығыс қуаты 600 Вт-қа дейін жетуі мүмкін.жүйенің номиналды жұмыс кернеуі 12 В тұрақты ток (ТҰРАҚТЫ ТОК) болып табылады, бұл турбинаны автономды және гибриді энергетикалық жүйелерде пайдалануға жарамды етеді. Турбина желдің жылдамдығы 3-25 м/с аралығында тұрақты жұмыс істей алады. жел турбиасы диаметрі 1,25 м, генератордың массасы шамамен 5,5 кг болатын үш жүзді ротормен жабдықталған. Дизайн көлденең ось түріне жатады, бұл сенімді жұмыс пен техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығын қамтамасыз етеді.



Сурет 3. Сыналған үлкен және кіші фотоэлектрлік панельдер

Кесте 3. Сыналған фотоэлектрлік панельдердің сипаттамалары

Параметр	Мән (үлкен панель)	Мән (шағын панель)
Модуль түрі	JKM415M-72H-V	Solar Panel 12 V 85 W
Өндіруші	Jinko Solar Co., Ltd	Solar Innova Co.,Ltd
Максималды қуат (Pmax)	415 Вт	85 Вт
Максималды қуаттағы ток (Imp)	9.75 А	4,94 А
Максималды қуаттағы кернеу (Vmp)	42.6 В	17,25 В
Қысқа тұйықталу тогы (Isc)	10.82 А	5,49 А
Ашық тізбектегі кернеу (Voc)	50.6 В	22,8 В
Өлшемдері	2008 × 1002 × 40 мм	1195 × 550 × 40 мм
Желге төзімділік	2400 Па	2400 Па

3-кестеде зерттеуде пайдаланылған екі фотоэлектрлік модульдің, атап айтқанда үлкен және кіші күн панелінің салыстырмалы техникалық сипаттамалары келтірілген. Үлкен панель Jinko Solar Co компаниясы шығарған JKM415M-72h-V модулімен ұсынылған., Ltd, максималды шығыс қуаты 415 Вт. шағын панель Solar Innova Co компаниясы шығарған 12 В 85 Вт Solar Innova Co.,Ltd, номиналды қуаты 85 Вт. электрлік параметрлерді салыстыру көрсеткендей, үлкен панель максималды қуатта жоғары кернеу мен токты, сондай-ақ ашық тізбектегі кернеу мен қысқа тұйықталу тогының жоғары мәндерін көрсетеді.. Модульдердің физикалық өлшемдері айтарлықтай ерекшеленеді: үлкен панельдің өлшемдері 2008 × 1002 × 40 мм, ал шағын панельдің өлшемдері 1195 × 550 × 40 мм. дегенмен, екі панельдің де желге төзімділігі бірдей 2400 Па, бұл олардың ұқсас климаттық жағдайларда жұмыс істеуге жарамдылығын көрсетеді.

Өлшеу жабдықтары

Эксперименттік зерттеулер 2025 жылдың 3 қазанынан Бастап Ақтау қаласындағы далалық жағдайларда ашық сынақ полигонында жүргізілді. Өлшеу процедурасы үш негізгі бағытты ұстанды: фотоэлектрлік панельдердің, жел турбинасының және гибридіт жүйенің

жұмыс тиімділігін бағалау. Барлық параметрлер мамандандырылған өлшеу құралдарының көмегімен жазылды, олардың тізімі 4-кестеде келтірілген.

Өлшеу құралы	Өндіруші	Өлшенген параметр	Аспаптың дәлдігі (Белгісіздік)
GM1010 (light intensity meter)	Қытай	Күн радиациясының қарқындылығы	$\pm 1,150\%$
Digital multimeter (TOTAL TMT47503)	Қытай	Жүйелердегі ток және кернеу	$\pm 1\%$

4-кестеде экспериментте қолданылатын өлшеу құралдарының негізгі сипаттамалары келтірілген. Күн радиациясының қарқындылығын өлшеу үшін қытайда шығарылған GM1010 құрылғысы $\pm 1,150\%$ дәлдікпен пайдаланылды. Гибридті жүйенің электрлік параметрлерін (ток және кернеу) бақылау үшін $\pm 1\%$ дәлдікпен Қытайда шығарылған TOTAL TMT47503 сандық мультиметрі пайдаланылды. Бұл құралдар күн-жел гибриді жүйесінің жұмысын бағалау және эксперименттердің сенімді нәтижелерін қамтамасыз ету үшін қажетті өлшеу дәлдігін қамтамасыз етеді.

Эксперименттік схема және есептеу әдістемесі

Зерттеу нысаны үш қалақты жел генераторы болды. Жел турбины мен фотоэлектрлік панельдердің кіріс және шығыс қуаты, сондай-ақ Олардың жалпы тиімділігі Маңғыстау Облысының климаттық және метеорологиялық жағдайларына байланысты есептелді. Жел ағынымен өндірілетін пайдалы қуат келесі формула бойынша анықталады (1):

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

Бұл жерде:

P_w – Жел генераторы қуаты;

ρ – Ауа тығыздығы;

A – Жел турбины ауданы

v – Жел жылдамдығы;

Жел турбинының тиімділігі келесі теңдеуде көрсетілген (2):

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \quad (2)$$

Бұл жерде:

η – Тиімділік

P_{output} – Шығушы қуат

P_{input} – Кіруші қуат

Бұл зерттеуде қолданылатын фотоэлектрлік панельдер монокристалды болып табылады; дегенмен, күн сәулесінің әртүрлі бағыттардан тиімдірек түсуіне қол жеткізу үшін олардың өлшемдері әртүрлі. Шағын күн панельдерінің жалпы қуаты ($5 \times 85 \text{ Вт} = 425 \text{ Вт}$) бір үлкен күн панелінің ауданына (415 Вт) тең, нәтижесінде салыстырмалы қуат шығады. Негізгі идея-күн сәулесін бақылау жүйесін қолданбай-ақ панельдерге күн радиациясының әсерін арттыру. Бұл бір үлкен панельдің сипаттамаларына баламалы сипаттамалары бар бес шағын күн панелін пайдалануды қамтиды:

$$\eta_{solar} = \frac{P_{max}}{E_{S,y}^{SW} \times A_c} \times 100\% \quad (3)$$

Бұл жерде:

P_{max} – Максималды шығу қуаты

$E_{S,y}^{SW}$ - Инциденттік сәулелену ағыны

A_c – Панель ауданы.

Зерттеу барысында бірдей номиналды қуаты бар үш түрлі энергия көзінің энергетикалық параметрлері және тиімділігі салыстырылды: бір үлкен күн панелі, бес кіші

қуатты күн панелінен құралған жүйе және жел турбинасы. Әрбір жүйенің номиналды қуаты теңестіріліп, салыстыру әдісі бірдей өндіріс шарттарында жүргізілді.

Күн панельдері мен жел турбинасының нақты өндірген энергиясы күннің радиациялық белсенділігі, жел жылдамдығы және температура сияқты қоршаған орта параметрлеріне тәуелділігі ескеріле отырып өлшенді. Кіші панельдер тобы бір үлкен панельмен салыстырғанда олардың орнату икемділігі мен жұмыс тиімділігі бағаланды.

Салыстыру нәтижелері жүйенің энергетикалық көрсеткіштерін анықтауға, әртүрлі конфигурациялардың артықшылықтары мен шектеулерін көрсетуге мүмкіндік берді. Алынған мәліметтер энергия көздерін жобалау, тиімді пайдалану және инвестициялық шешім қабылдау кезінде практикалық негіз ретінде қолданылды.

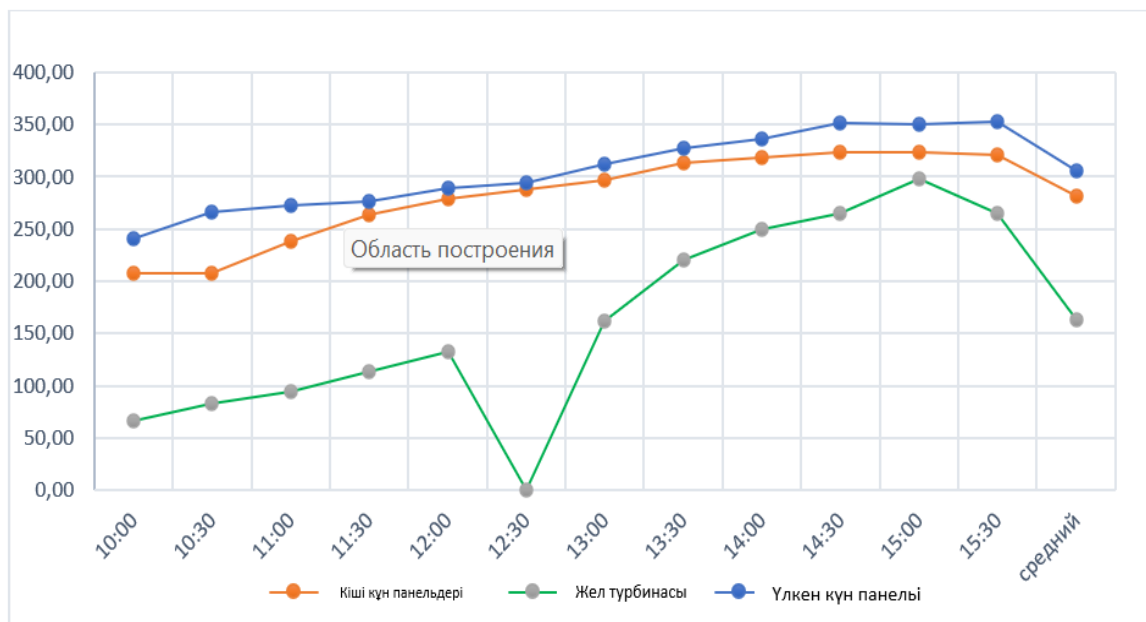
Эксперимент нәтижелері

Осы бөлімде бірдей номиналды қуатқа ие үш түрлі жаңартылатын энергия көздерінің эксперименттік зерттеу нәтижелері келтірілген. Эксперимент барысында бір үлкен күн панелі, жалпы қуаты соған тең бес кіші күн панелінен құралған жүйе және жел турбинасының нақты жұмыс жағдайындағы энергия өндіру көрсеткіштері өлшенді.

Барлық энергия көздері бірдей қоршаған орта жағдайларында зерттеліп, олардың өндірген электр энергиясы, қуат мәндері және жұмыс тұрақтылығы салыстырылды. Эксперимент нәтижелері әрбір жүйенің тиімділігін бағалауға және олардың практикалық қолдану мүмкіндіктерін анықтауға мүмкіндік берді.

Алынған мәліметтер негізінде энергия көздерінің салыстырмалы талдауы жүргізіліп, олардың артықшылықтары мен шектеулері анықталды.

2-кесте әрбір жаңартылатын энергия жүйесінің сипаттамаларын көрсетеді. Эксперименттің жалпы ұзақтығы 5 күнді құрады, күн сайын шамамен 5,5 сағаттық өлшеу жүргізілді. 6-суретте тіркелген шығыс қуат көрсеткіштері бейнеленген. Әрбір сынақ үшін жүйенің тиімділігі есептеліп, үш дербес қуат жүйесінің сипаттамалық графиктері алынған. Сонымен қатар, кернеу мен ток мультиметр арқылы тіркелді: кернеуді өлшеу үшін мультиметр параллельге қосылып, ал тоқты өлшеу үшін ол аккумуляторға тізбектей қосылды.



Сурет 6. Үш жеке жаңартылатын энергия жүйесі үшін уақытқа тәуелді өлшенген шығыс қуаты

5-кесте. Үш жаңартылатын энергия жүйесінің қуаты мен тиімділігі

Уақыт	Үлкен күн панелі				Кіші күн панельдері				Жел турбинасы				
	Кернеу [V]	Ток [A]	Қуат [Вт]	Тиімділік	Кернеу [V]	Ток [A]	Қуат [Вт]	Тиімділік	Жел жылдамдығы	Кернеу [V]	Ток [A]	Қуат [Вт]	Тиімділік
10:00	38,75	6,2	240,25	3,53	15,30	2,72	208,08	3,06	6,30	5,45	12,26	66,82	29,44
10:30	39,2	6,80	266,56	3,92	15,30	2,72	208,08	3,06	6,60	6,26	13,20	82,63	31,67
11:00	39,8	6,84	272,23	4,00	15,90	3,00	238,50	3,51	6,80	6,85	13,87	95,01	33,29
11:30	39,90	6,93	276,50	4,07	15,95	3,30	263,18	3,87	7,00	7,47	15,29	114,22	36,69
12:00	41,50	6,98	289,67	4,26	16,05	3,47	278,47	4,10	7,20	8,13	16,35	132,93	39,24
12:30	41,30	7,12	294,05	4,32	16,31	3,53	287,87	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13:00	41,80	7,46	311,82	4,59	16,33	3,64	297,21	4,37	7,50	9,19	17,57	161,47	42,17
13:30	42,00	7,78	326,76	4,81	16,34	3,83	312,91	4,60	8,00	11,2	19,82	220,99	47,56
14:00	42,20	7,96	335,91	4,94	16,44	3,88	318,94	4,69	8,20	12,0	20,81	249,93	49,95
14:30	42,60	8,26	351,87	5,17	16,55	3,91	323,55	4,76	8,30	12,4	21,32	265,43	51,15
15:00	42,60	8,22	350,17	5,15	16,45	3,93	323,24	4,75	8,50	13,3	22,34	298,69	53,59
15:30	42,40	8,33	353,19	5,19	16,32	3,93	320,69	4,72	8,00	12,4	21,32	265,43	57,12
Орташа	41,17	7,41	305,75	4,50	16,10	3,49	281,73	4,14	6,87	8,73	16,18	162,80	39,32

5-кестеде үш жаңартылатын энергия жүйесінің қуаты мен тиімділігі бөлек тексерілді.

Жеке жүйелерді тестілеу кезеңінде (3–15 қазан) күндер негізінен ашық және тым ашық болды, кейбір күндері дымқыл (тұманды) ауа райы байқалды. Ауа температурасы 14–18 °C аралығында өзгерді, ал желдің орташа жылдамдығы 5–6,7 м/с шамасында болды. Бұл жағдайлар жел қондырғысының тұрақты жұмыс істеуіне қолайлы болды.

Гибридтік жүйелерді тестілеу 17–21 қазан аралығында жүргізілді. Осы кезеңде ауа райы көбінесе күн ашық және айқын болды, кейбір күндері шашыраңқы бұлттар мен мезгіл-мезгіл жауын байқалды. Температура 13–19 °C диапазонында өзгеріп отырды. Желдің орташа жылдамдығы 4,27–7,53 м/с аралығында болып, жекелеген күндері жоғары мәндерге жетті. Жалпы алғанда, қазан айындағы метеорологиялық жағдайлар жаңартылатын энергия көздерін сынақтан өткізу үшін қолайлы болғанын көрсетеді.

Ал күн панельдері күндізгі тестілеу кезеңінің барлығында тұрақты шығыс қуатын қамтамасыз етті. Үлкен күн панелінің минималды қуаты — 240,25 Вт, ал максималдысы — 353,2 Вт. Бес шағын күн панелінің минималды қуаты — 208,08 Вт, максималдысы — 323,55 Вт болды. Жел турбинасының шығарған максималды қуаттығы 298 Вт болып, тынық желсіз ауа райында энергия істеп шығара алмады.

Бұл эксперимент бізге көрсетеді тиімділігі және бағасы бойынша үлкен күн панелі кіші күн панельдері системасынан және жел турбинасынан жоғары екенін айқындап берді.

Қорытынды

Осы зерттеу барысында бірдей номиналды қуатқа ие үш түрлі жаңартылатын энергия көзі — бір үлкен күн панелі, бес кіші күн панелінен құралған жүйе және жел турбинасы — салыстырмалы түрде талданды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бір үлкен күн панелі энергия өндіру тиімділігі және қуат тұрақтылығы бойынша ең жоғары көрсеткіштерге ие

болды. Бұл оның құрылымдық ерекшеліктеріне және энергия түрлендіру кезіндегі шығындардың аз болуына байланысты.

Бес кіші күн панелінен құралған жүйе де энергия өндіруге қабілетті болғанымен, қосымша электрлік қосылыстар мен жүйелік шығындардың әсерінен оның жалпы тиімділігі төменірек болды. Ал жел турбинасының энергия өндіру көрсеткіштері жел жылдамдығына тәуелді болып, оның жұмыс тұрақтылығы күн панельдерімен салыстырғанда төмен екені анықталды.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері бірдей номиналды қуат жағдайында үлкен күн панелін қолдану тиімді және тұрақты энергия өндіруге мүмкіндік беретінін көрсетті. Сонымен қатар, алынған нәтижелер жаңартылатын энергия көздерінің жұмыс тиімділігін арттыру және энергия өндіру тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін оларды біріктіріп қолданудың маңыздылығын көрсетті.

Келесі зерттеу жұмыстарында энергия өндіру тиімділігін арттыру және қуат өндірудің тұрақтылығын қамтамасыз ету мақсатында күн панельдері мен жел турбинасын біріктіретін гибриді энергия жүйелерін эксперименттік түрде зерттеу жоспарлануда. Бұл тәсіл әртүрлі энергия көздерінің артықшылықтарын тиімді пайдаланып, жалпы жүйенің сенімділігі мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Farah, S., Bokde, N., & Andresen, G. B. (2024). *Cost and CO₂ emissions co-optimisation of green hydrogen production in a grid-connected renewable energy system*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 84, 164–176. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.08.062>
2. Suri, D., de Chalendar, J., & Azevedo, I. M. L. (2025). *Assessing the real implications for CO₂ as generation from renewables increases*. *Nature Communications*, 16, Article 7124. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59800-4>
3. Yu. Bobozhonov, B. Seytmuratov, B. Fayzullaev, A. Sultonov. Study of the influence of different designs of massive rotor of asynchronous generator on their maximum power // E3S Web of Conferences 216, 01168 (2020) RSES 2020 (Scopus). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601168>.
4. Yu. M. Bobozhonov, K. M. Reymov, B. T. Seytmuratov, Khakimov T. Kh. Research of the dependence of the resistance of asynchronous generators with massive rotors on their design // E3S Web of Conferences 384. 2023. PP, 01042, 1-4. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338401042>.
5. Yu. Bobozhonov, B. Seytmuratov, B. Fayzullaev, A. Sultonov, Sh. H. Husanov. Calculated studies of the vibrational properties of the mode parameter of the electric power system containing asynchronous turbogenerators by their frequency characteristics // E3S Web of Conferences 289 EDP Sciences 2021 (Scopus) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128907025>.
6. Bobojonov Y. M., Saidkhodjaev A. G. Reactive power compensation for sustainable development of power grids in cities of Uzbekistan // E3S Web of Conferences 384, 01040 (2023). doi.org/10.1051/e3sconf/202338401040.

EXPERIMENTAL COMPARISON OF THE ENERGY PERFORMANCE OF SOLAR PANELS WITH DIFFERENT POWER RATINGS AND A WIND TURBINE

T. Koptleuov¹, S. Yesemuratova²

¹Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

²Berdakh Karakalpak State University, Nukus, Uzbekistan

e-mail: turarbek.koptleuov@yu.edu.kz, e_shiyryn@karsu.uz

Abstract: This article presents a comparative analysis of the energy performance of solar panels with different power ratings and a wind turbine. The study considered three types of renewable energy sources: a high-power solar panel, several low-power solar panels, and a wind turbine. The main objective of the research was to evaluate the operational efficiency of these energy sources based on experimental measurements. During the experimental study, the main electrical parameters of each energy source were measured, including voltage, current, power, and the total amount of generated energy over a certain period of time.

Based on the obtained experimental data, a comparative analysis of the energy characteristics of the studied devices was carried out. The efficiency and operational stability of each energy source were evaluated. In addition, the influence of environmental conditions on the performance of renewable energy sources was analyzed. In particular, the efficiency of solar panels was found to depend on the intensity of solar radiation, while the performance of the wind turbine was directly related to wind speed.

The results of the study demonstrated that the high-power solar panel provides more stable and higher energy generation compared to the other investigated sources. It was also determined that combining several low-power solar panels into a single system can significantly increase the total amount of generated energy. The obtained results have important practical significance for improving the efficiency of renewable energy utilization and for the design and optimization of modern energy systems.

Keywords: renewable energy sources, solar panel, wind turbine, solar energy, wind energy, electricity generation, power, voltage, electric current, energy efficiency, comparative analysis, energy production.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ И ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ

Т.Т. Коптлеув¹, Ш.М. Есемуратова²

¹Университет Есенова, г. Актау, Казахстан

²Каракалпакский государственный университет имени Бердаха, Нукус, Узбекистан
e-mail: turarbek.koptleuov@yu.edu.kz, e_shiyrin@karsu.uz

Аннотация: В данной статье представлен сравнительный анализ энергетических характеристик солнечных панелей различной мощности и ветряной турбины. В качестве объектов исследования были выбраны солнечная панель большой мощности, несколько солнечных панелей малой мощности, а также ветряная турбина. Основной целью исследования являлась оценка эффективности работы различных возобновляемых источников энергии на основе экспериментальных измерений. В ходе исследования были измерены основные электрические параметры каждого источника энергии, включая напряжение, силу тока, мощность и общее количество произведённой энергии за определённый период времени.

Полученные экспериментальные данные позволили провести сравнительный анализ энергетических характеристик исследуемых устройств и оценить их эффективность. Кроме того, в работе было рассмотрено влияние условий окружающей среды на стабильность и производительность данных источников энергии. Было установлено, что эффективность работы солнечных панелей зависит от интенсивности солнечного излучения, тогда как производительность ветряной турбины напрямую связана со скоростью ветра.

Результаты исследования показали, что солнечная панель большой мощности обладает более высокой и стабильной способностью к выработке электроэнергии. Также было выявлено, что использование нескольких маломощных солнечных панелей в объединённой системе позволяет увеличить общий объём генерируемой энергии. Полученные результаты имеют важное практическое значение для повышения эффективности использования возобновляемых источников энергии и проектирования современных энергетических систем.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная панель, ветряная турбина, солнечная энергия, ветровая энергия, производство электроэнергии, мощность, напряжение, сила тока, энергетическая эффективность, сравнительный анализ, выработка энергии.