

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ  
БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»  
КеАҚ



КӨЛІК-ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XIV ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC- PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Астана, 2026

**УДК 656:620.9**

**ББК 65.37+65.305.1**

**A43**

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Талтенов А.А., член Правления – Проректор по науке и коммерциализации, д.х.н., профессор; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., ассоциированный профессор; Тлепиева Г.М. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», к.т.н., доцент; Тогизбаева Б.Б. – заведующая кафедрой «Транспортная инженерия», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Жумажанов С.К.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент; Садыкова С.Б. – заведующая кафедрой «Теплоэнергетика», PhD, доцент.

**A43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения:** XIV Международная научно-практическая конференция, 19 марта 2026г. / Подгот. А.А. Талтенов, У.Ш. Кокаев, Г.М. Тлепиева – Республика Казахстан, г.Астана, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», 2026. – 632 с.

**ISBN 978-601-385-216-4**

В сборник включены материалы XIV Международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 19 марта 2026 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам логистики, организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

**ISBN 978-601-385-216-4**

**УДК 656:620.9**  
**ББК 65.37+65.305.1**

© НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», 2026

**Секция 5 «ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ»**

<b>Азмуханбетов Б.Т.</b> ТҰРАҚТЫ ТОК ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ПИД-РЕТТЕГІШТЕРДІ ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ ЖӘНЕ ФАЗЗИ-ЛОГИКА АРҚЫЛЫ ОҒТАЙЛАНДЫРУ	565
<b>Айсанов А.Б.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	569
<b>Ашимов Д.Е.</b> МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ И ИХ АДАПТАЦИЯ К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	575
<b>Әлімқазы Ш., Нұржанова А.Б.</b> ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР. ТЕОРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.	579
<b>Багиров И.Я.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ К РАСЧЕТАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ	584
<b>Гайнуллина Д.А.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ-НАПРЯЖЕНИЯ	590
<b>Ғизат М.Н.</b> АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫНДА ОРТАЛЫҚ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНЕ ҚОСЫЛМАЙТЫН ТІК ЖЕЛІ ТУРБИНАЛАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЕРГІЛІКТІ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬДЕРДІ ЗАРЯДТАУ СТАНЦИЯСЫН ЖОБАЛАУ	593
<b>Зуев Д.Н.</b> МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ	596
<b>Қайратов А.К.</b> ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4–35 кВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНО КОРРЕКТНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	601
<b>Қостанаев Ә.Д.</b> 0,4 КВ ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ КОМПЕНСАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ	605
<b>Ниязов Б.Ш.</b> СОЦИАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПЕРЕХОДА К ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ В КАЗАХСТАНЕ	609
<b>Сағиев Т.А.</b> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ НА БАЗЕ SSB	614
<b>Сейткалиева М.С.</b> АУЫСПАЛЫ ЖІЛІКТІ ЖАҒАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНЕ БІРІКТІРУ	619
<b>Социал Б.Қ.</b> ЖОҒАРЫ ТОК ГАРМОНИКАСЫН БАСУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ	622
<b>Уаханова К.Б.</b> ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА КҮН-ЖЕЛІ ГИБРИДТІ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖОЛДАРЫ	628

## ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА КҮН-ЖЕЛ ГИБРИДТІ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖОЛДАРЫ

**Ерзада Майра**

[760706403373@enu.kz](mailto:760706403373@enu.kz)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Электрэнергетика» кафедрасының PhD, доцент, Астана, Қазақстан

**Уаханова Карлыгаш Бауыржановна**

[karlygashu00@gmail.com](mailto:karlygashu00@gmail.com)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Электрэнергетика» кафедрасының 1 курс магистранты, Астана, Қазақстан

*Түйіндеме.* Мақалада гибриді күн-жел энергетикалық жүйелерін (HSWES) жобалау, басқару және оңтайландыру саласындағы заманауи әлемдік тәжірибеге шолу жасалады. Зерттеуде фотоэлектрлік панельдер мен жел турбиналарының математикалық модельдері, энергияны сақтаудың гибриді жүйелері (аккумуляторлар, суперконденсаторлар, сутегі) және максималды қуат нүктесін бақылау (MPPT) алгоритмдері талданды. Мақаланың негізгі бөлігі GWO, HGS және NSGA-II сияқты метаэвристикалық алгоритмдерді қолдану арқылы жүйенің техника-экономикалық көрсеткіштерін оңтайландыруға арналған. Қазақстанның климаттық ерекшеліктерін ескере отырып, энергия тиімділігін арттыру және көміртек ізін азайту стратегиялары ұсынылды.

*Тірек сөздер:* гибриді энергия жүйесі, күн және жел энергиясы, метаэвристикалық алгоритмдер, MPPT, энергетикалық тиімділік.

Кіріспе. XXI ғасырдағы жаһандық энергия тапшылығы және климаттың өзгеруіне байланысты декарбонизация мәселелері жаңартылатын энергия көздеріне (ЖЭК) көшуді талап етеді. Қазақстан өзінің географиялық орналасуына байланысты күн және жел энергиясының орасан зор әлеуетіне ие. Алайда, күн мен желдің тұрақсыздығы энергия жүйесінің сенімділігіне әсер етеді. Гибриді күн-жел жүйелері (HSWES) бұл ресурстардың бір-бірін толықтыру қабілетін пайдаланып, тұрақты генерацияны қамтамасыз етеді. Бұл зерттеудің мақсаты — халықаралық деңгейдегі оңтайландыру әдістерін талдай отырып, оларды Қазақстан жағдайында қолданудың ғылыми негізін қалыптастыру.

Қазақстан жаңартылатын энергия көздерінің үлкен әлеуетіне ие мемлекеттердің бірі болып табылады. Ел аумағында күн радиациясының жылдық ұзақтығы шамамен 2200–3000 сағатты құрайды, бұл фотоэлектрлік жүйелерді тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Қазақстанның бірқатар аймақтарында, әсіресе Жоңғар қақпасы және Каспий маңы өңірлерінде желдің орташа жылдамдығы жоғары болып келеді. Осы табиғи ерекшеліктер гибриді күн-жел энергетикалық жүйелерін дамыту үшін қолайлы жағдай жасайды. Сондықтан жаңартылатын энергия көздерін біріктіріп қолдану электр энергиясын өндірудің тұрақтылығын арттырудың маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

2. *Жүйе компоненттері мен математикалық модельдеу.* Гибриді күн-жел энергетикалық жүйесінің (HSWES) тиімділігі мен сенімділігі оның жекелеген компоненттерінің математикалық сипаттамасының дәлдігіне тікелей байланысты. Модельдеу процесі жүйенің нақты климаттық жағдайлардағы мінез-құлқын болжауға және оңтайлы басқару стратегияларын әзірлеуге мүмкіндік береді.

2.1 *Күн фотоэлектрлік жүйесі (PV).* Күн панелінің шығыс қуаты  $P_{PV}$  инсоляция деңгейіне және қоршаған орта температурасына тәуелді. Қуатты есептеу үшін келесі формула қолданылады [1]:

$$P_{PV} = P_{PV, rated} * N_{pv} * f_{PV} * \left(\frac{G}{G_{base}}\right) * [1 + K_T(T_{cell} - T_{base})].$$

Мұндағы  $f_{PV}$  — шығын коэффициенті;  $K_T$  — температуралық коэффициент;  $P_{PV, rated}$  — бір фотоэлектрлік панельдің номинал қуаты, Вт;  $N_{pv}$  — фотоэлектрлік панельдер саны;  $G$  — нақты күн радиациясы (инсоляция), Вт/м<sup>2</sup>;  $G_{base}$  — стандартты күн радиациясы (1000 Вт/м<sup>2</sup>);  $T_{cell}$  — күн панелінің жұмыс температурасы, °C;  $T_{base}$  — стандартты температура (25°C).

Бұл Қазақстанның оңтүстік аймақтарындағы жазғы ыстық температураны ескеру үшін өте маңызды.

Фотоэлектрлік жүйелердің негізгі артықшылықтары – олардың экологиялық қауіпсіздігі, қозғалыссыз жұмыс істеуі және техникалық қызмет көрсету шығындарының салыстырмалы түрде аз болуы. Сонымен қатар, PV модульдері модульдік құрылымға ие болғандықтан, жүйені қажетті қуатқа дейін оңай масштабтауға мүмкіндік береді. Алайда олардың басты кемшілігі – күн радиациясының тәуліктік және маусымдық өзгерістеріне тәуелділігі. Сондықтан фотоэлектрлік жүйелерді энергия сақтау жүйелерімен немесе басқа жаңартылатын энергия көздерімен біріктіріп қолдану тиімді болып табылады.

2.2 *Жел энергетикалық қондырғысы (WT)*. Жел турбинасының қуаты  $P_t$  жел жылдамдығының кубына пропорционалды [2]:

$$P_t = \frac{1}{2} \rho A_{ot} \eta_{ot} C_p V_{wind}^3.$$

Мұндағы  $\rho$  — ауаның тығыздығы (шамамен 1.225 кг/м<sup>3</sup>);  $A_{ot}$  — жел турбинасының роторының айналу ауданы, м<sup>2</sup>;  $\eta_{ot}$  — жел турбинасының пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК);  $C_p$  — турбинаның қуат коэффициенті;  $V_{wind}$  — жел жылдамдығы, м/с.

Жел энергетикалық қондырғылары белгілі бір жылдамдық диапазонында тиімді жұмыс істейді. Әдетте жел турбинасының іске қосылу жылдамдығы шамамен 3–4 м/с болса, номинал қуатқа 12–15 м/с кезінде жетеді. Ал жел жылдамдығы өте жоғары болған жағдайда (шамамен 25 м/с) қауіпсіздік мақсатында турбина автоматты түрде тоқтатылады. Сондықтан жел энергиясын тиімді пайдалану үшін белгілі бір аймақтың жел режимін алдын ала зерттеу маңызды болып табылады [3].

Зерттеулер көрсеткендей, қос қоректі асинхронды генераторларды (DFIG) пайдалану жел жылдамдығының кең ауқымында активті және реактивті қуатты тәуелсіз басқаруға мүмкіндік береді.

2.3.  *$P_{PV}$  және  $P_t$  қуаттарға маңызды климаттық сипаттамалар*. Қазақстанның әр-түрлі аймақтарында климаттық сипаттамалары қатты өзгереді. Мұндағы негізгі көрсеткіштер бір жылдың аралығындағы жел мен күн қандай энергия келтіретіні. Жылдан жылға ауа райы әр түрлі болып тұрады, сол себептен күнмен және желмен келетін потенциалды энергия да өзгерістерге ұшырайды. Келесі жылдары қандай ауа райы болатынын білмейміз, бірақ өткен жылдағы метеорологиялық және статистикалық мәліметтерге сүйеніп, болашақта ауа-райы қандай болатынын шама түрінде айтуға болады. Сонда бізде, мысалы, келесі негізгі параметрлер қажетті болып көрінеді:  $W_{sun}$  — 1 жылда қарастырып тұрған аймаққа күн арқылы келген қуат;  $W_{wind}$  — 1 жылда қарастырып тұрған аймаққа жел арқылы келген қуат [4].

Жоғарыда келтірілген  $P_{PV}$  және  $P_t$  айтылған  $W_{wind}$ ,  $W_{sun}$  айнамадаларға тәуелді болуы тиіс, және осындай функционалды тәуелділіктерді  $P_{PV}(W_{wind}, W_{sun})$  және  $P_t(W_{wind}, W_{sun})$  анықтау маңызды.

Қазақстан аумағында климаттық жағдайлар аймақтарға байланысты айтарлықтай ерекшеленеді. Мысалы, оңтүстік өңірлерде күн радиациясының деңгейі жоғары болғандықтан фотоэлектрлік жүйелер тиімді жұмыс істейді, ал солтүстік және батыс аймақтарда жел жылдамдығы тұрақты болып келеді. Осыған байланысты гибриді энергетикалық жүйелерді жобалау кезінде әр аймақтың метеорологиялық деректерін ескеру қажет. Бұл жүйенің энергия өндіру тиімділігін арттыруға және оның сенімді жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

3. *Басқару және МРРТ стратегиялары.* Максималды қуат нүктесін бақылау (МРРТ) — жүйенің тиімділігін арттырудың негізгі құралы. Дәстүрлі «Perturb & Observe» (P&O) әдісі қарапайымдылығымен ерекшеленсе, бөлшектер тобын оңтайландыру (PSO) сияқты метаэвристикалық әдістер динамикалық климаттық жағдайларда жоғары дәлдік көрсетеді [5].

Максималды қуат нүктесін бақылау алгоритмдері фотоэлектрлік жүйелердің жұмыс тиімділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Күн радиациясы мен температураның өзгеруі панельдің электрлік сипаттамаларына әсер етеді, сондықтан МРРТ алгоритмдері жүйенің жұмыс нүктесін үнемі бақылап, максималды қуат алынатын нүктеде ұстап тұрады. Соның нәтижесінде электр энергиясын өндіру көлемі айтарлықтай артады.

1 кесте – Басқару әдістемелерінің салыстырмалы сипаттамасы

<i>Әдістеме</i>	<i>Артықшылығы</i>	<i>Кемшілігі</i>
SMC (Sliding Mode Control)	Тұрақтылық жоғары.	Жөндеу және баптау күрделілігі.
Vector Control (DFIG)	Қуатты дәл бақылау, желімен синхрондау.	Бастапқы инвестицияның жоғарылығы.
PSO (Particle Swarm)	Жаһандық максимумды тез табады	Параметрлерді дұрыс таңдауды талап етеді.

4. *Оңтайландыру алгоритмдері мен жүйені өлшемдеу.* Гибридті жүйенің құрамын (панельдер мен турбиналар санын) дұрыс таңдау жүйенің жылдық шығынын (ACS) және энергия құнын (COE) төмендетуге көмектеседі.

1. Grey Wolf Optimization (GWO): Бұл алгоритм жүйенің қуат пайдалану коэффициентін 97.27%-ға дейін жеткізе алады [6].
2. Hunger Games Search (HGS): Зерттеулер HGS алгоритмінің энергия құнын кВт·сағ үшін 0.238 деңгейіне дейін төмендетуде басқа алгоритмдерден (KOA, SWO) озық екенін көрсетті.
3. Nelder-Mead әдісі: Термоэкономикалық және экзергиялық тиімділікті (13.35%-ға дейін) арттыру үшін қолданылады.
4. NSGA-II және TOPSIS: Көміртек ізін азайту (40.4%-ға дейін) мен өзіндік құн арасындағы теңгерімді табу үшін пайдаланылады [7].

Соңғы жылдары гибридті энергетикалық жүйелерді жобалау барысында метаэвристикалық алгоритмдер кеңінен қолданылып келеді. Бұл әдістер күрделі көп параметрлі есептерді тиімді шешуге мүмкіндік береді. Олардың басты артықшылығы – жаһандық оптимумды табу ықтималдығының жоғары болуы және әртүрлі техникалық-экономикалық көрсеткіштер арасындағы тиімді теңгерімді анықтау мүмкіндігі.

5. *Энергияны сақтау және тиімділікті бағалау.* Қазақстанның қысқы суық климатында энергияны сақтау жүйелерінің (ESS) рөлі зор. Литий-ионды батареялармен (BT) қатар суперконденсаторларды (SC) қолдану жүйенің жылдам ауытқуларға төзімділігін арттырады. Сонымен қатар, сутегі циклдерін (электролизер және отын элементтері) біріктіру маусымдық энергия сақтаудың тиімді шешімі болып табылады.

Энергия сақтау жүйелері гибридті энергетикалық жүйелердің тұрақты жұмысын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Қазіргі уақытта энергия сақтау үшін литий-ионды батареялар, суперконденсаторлар, сутегі сақтау жүйелері және гидроаккумуляциялық станциялар сияқты әртүрлі технологиялар қолданылады. Бұл жүйелер жаңартылатын энергия көздерінің тұрақсыздығын азайтып, энергияны кейін пайдалану үшін сақтауға мүмкіндік береді [8].

2 кесте – Оңтайландырылған жүйелердің энергетикалық көрсеткіштері

<i>Көрсеткіш</i>	<i>Мәні</i>	<i>Оңтайландыру әдісі</i>
Энергия құны (COE)	\$0.238 / кВт·сағ	HGS
Жаңартылатын энергия үлесі (REF)	80.04%	HGS
Көміртек ізін азайту	40.4%	NSGA-II
Экзергиялық тиімділік	13.35%	Nelder-Mead

6. *Қазақстан үшін ұсыныстар.* Астана немесе Каспий аймағы сияқты желді өңірлер үшін DFIG негізіндегі жел турбиналарын және HGS алгоритмімен оңтайландырылған батарея-суперконденсатор кешенін қолдану тиімді. Солтүстік аймақтарда сутегі жинақтаушыларын жылумен жабдықтаумен интеграциялау (СНР режимі) жалпы тиімділікті 60-80%-ға дейін көтереді [9].

Сонымен қатар, гибриді жүйелерді дамыту барысында аймақтық ерекшеліктерді ескеру қажет. Мысалы, жел ресурстары жоғары өңірлерде жел энергетикалық қондырғылары негізгі энергия көзі ретінде қолданылуы мүмкін, ал күн радиациясы жоғары аймақтарда фотоэлектрлік жүйелер басымдыққа ие болады. Мұндай кешенді тәсіл электр энергиясын өндірудің тиімділігін арттырып, энергия жүйесінің сенімділігін қамтамасыз етеді.

Қорытынды. Жүргізілген шолу гибриді күн-жел жүйелерінің автономды және желілік режимдердегі жоғары тиімділігін дәлелдейді. Метаэвристикалық алгоритмдерді (HGS, GWO) қолдану жүйенің сенімділігін арттырып, шығындарды едәуір азайтады. Бұл әдістемелерді Қазақстанның нақты метеорологиялық деректеріне бейімдеу диссертациялық жұмыстың негізгі бағыты болып табылады.

Жалпы алғанда, гибриді күн-жел энергетикалық жүйелері жаңартылатын энергия көздерінің тиімділігін арттырудың перспективалы бағыттарының бірі болып табылады. Мұндай жүйелер жаңартылатын энергия ресурстарының тұрақсыздығын азайтып, электр энергиясын өндірудің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

#### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Chhipa, A.A. et al. Modeling and control strategy of wind energy conversion system with grid-connected doubly-fed induction generator. *Energies* 15, 6694. <https://doi.org/10.3390/en15186694> (2022).
2. IRENA. *Renewable Energy Market Analysis: Central Asia*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2022.
3. Zhanabaev Z., Koshkin A. Renewable energy potential in Kazakhstan // *Energy Procedia*. 2019. Vol. 157. P. 1068–1075.
4. Bansal R., Singh A. Hybrid renewable energy systems for sustainable development: A review // *Renewable Energy*. 2020. Vol. 146. P. 102–120.
5. Zhang Y., Wang J. Application of Grey Wolf Optimization algorithm in renewable energy systems // *Applied Energy*. 2021. Vol. 285. 116410.
6. Boyle G. *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. – Oxford: Oxford University Press, 2019.
7. Huang J. A review on application and innovation of wind-solar power generation technologies based on dual carbon targets // *Applied and Computational Engineering*. – 2024. – Vol. 59. – P. 222–228.
8. Kwilinski A., Lyulyov O., Pimonenko T. Renewable power systems: A comprehensive meta-analysis // *Energies*. – 2024. – Vol. 17. – 3989.
9. Chambalile M., Su B., Illo F. The state-of-the-art review on wind and photovoltaic solar hybrid renewable energy systems // *Journal of Energy Research and Reviews*. – 2024. – Vol. 16. – P. 23–43.

“ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ  
ҰЛТТЫҚ МЕМЛЕКЕТТІК КІТАП ПАЛАТАСЫ”

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ СТАНДАРТТЫҚ КІТАП НОМЕРІ  
ISBN.

ӘМБЕБАП ОНДЫҚ ЖІКТЕУ,  
КІТАПХАНАЛЫҚ-БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ЖІКТЕУ,  
ШТРИХ - КОД  
БЕРІЛДІ (ТІРКЕЛДІ)

“НАЦИОНАЛЬНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ КНИЖНАЯ ПАЛАТА  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН”

ПРИСВОЕНЫ (ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ)  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТНЫЙ КНИЖНЫЙ НОМЕР  
ISBN  
УНИФИЦИРОВАННЫЙ ДЕСЯТИЧНЫЙ КЛАССИФИКАТОР,  
БИБЛИОТЕЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ КЛАССИФИКАТОР,  
ШТРИХ-КОД.

**ISBN 978-601-385-216-4**



9|786013|852164|