

А.А. Абаев^{1*}, Б.С. Есенгельдин², Т.К. Шурен³, А.А. Кочербаева

^{1,3} Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан;

² Әлкей Марғұлан атындағы Павлодар педагогикалық университеті, Павлодар, Қазақстан;

⁴ Қырғыз-Ресей Славян университеті, Қырғызстан

¹ aidos_men@mail.ru, ² yessen_baur@inbox.ru, ³ itoktar@gmail.com, ⁴ aimura-koch@rambler.ru

¹ <https://orcid.org/0000-0002-7763-7494>, ² <https://orcid.org/0000-0003-4155-3616>

¹ Scopus ID: 57201307658, ² Scopus ID: 55683958400, ⁴ Scopus ID: 57205542600

¹ ResearcherID: AAG-1736-2020, ² Researcher ID: Q-7179-2016

Күн энергиясы саласындағы инновациялық технологиялардың даму ерекшеліктері

Аңдатпа:

Мақсаты: Мақаланың мақсаты күн энергиясы саласындағы инновациялық технологиялардың тиімділігін зерттеу. Сонымен қатар күн энергиясын дамыту үшін заманауи технологияларды қолданудың мүмкіндіктері мен келешектері қарастырылған.

Әдісі: Мақалада күн энергиясын өндіретін инновациялық технологиялардың тиімділігін анықтауда жүйелілік, талдау, жалпылау, салыстыру және статистикалық әдістер пайдаланылған. Бұл әдістер күн энергиясын дамыту жөніндегі ресми статистикалық мәліметтерден алынған нәтижелерге, отандық және шетелдік ғалымдардың ғылыми мақалаларында алынған ғылыми тұжырымдамаларға негізделген.

Қорытынды: Мақалада күн энергиясын инновациялық дамытудың әртүрлі техникалық және ұйымдастырушылық мәселелері зерттелген: термоэлектрлік күн қондырғыларын енгізу механизмдері; технологияның салалық және пайдалану негіздері; әлеуметтік, саяси және мәдени жақтары; қаржылық және кадрлық қамтамасыз ету; аймақтың немесе саланың инфрақұрылымдық мүмкіндіктері. Талдау барысында күн панельдерінің техникалық мәселелері анықталған: ауа-райына байланысты микро жарықшақтардың пайда болуы; күннің қарқындылығына тәуелділігі; фотоэлектрлік элементтердің төмен тиімділігі; шикізат көздерінің (кремний, күміс, алюминий, мыс және басқалары) жоғары бағасы; қайтадан пайдалану үшін жинақталған қалдықтарды қайта өңдеу бойынша зерттеудің болмауы.

Тұжырымдама: Мақалада күн энергиясын өндіруге байланысты жинақталған халықаралық тәжірибені ескере отырып, ұсыныстар берілген: күн панельдерін экономикалық тиімділігіне және техникалық сипатына қарай таңдау; технологияларды аймақтың орналасқан жері мен климаттық жағдайына байланысты орнату; пайдаланылған күн панельдерін жоюдың тиімді әдістерін қолдану; күн энергиясын өндіру қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі іс-шаралардың орындалуы үшін мемлекеттік бақылауды жүзеге асыру.

Кілт сөздер: энергия, күн энергиясы, жаңартылатын энергия, технология, күн панельдері, тиімділік, инновация.

Кіріспе

Технология дамып, өнімнің өмірлік циклі өсу кезеңіне көшкен сайын жабдықтар мен қызметтерге сұраныс тез өсуде. Жаңартылатын энергия көздері электр желілерінің кең таралған инфрақұрылымдарының тиімділігі, құны және іске асырылуы туралы үнемі алаңдаушылық тудыратын өміршең, бірақ қымбат балама болып табылады. Жаңартылатын энергияның көптеген түрлерінің ішінде күн энергиясы ең көп таралған. Бұл энергия көзін оңай алуға болады және сатып алу мен орнатуға аз шектеулер бар. Күн энергиясын өндіру қазба отындарымен салыстырғанда әлі де салыстырмалы түрде қымбат, ал энергияны сақтау әдістері көбінесе түнде энергиямен қамтамасыз ету үшін жеткіліксіз, ұзаққа созылған дауылдар мен бұлтты ауа-райы оны жинақтауға әсерін тигізуі мүмкін.

Күн энергетикалық жүйелері және онымен байланысты технологиялар жаһандық деңгейде қолданылатын таза энергия көзіне айналды. Салыстырмалы түрде жоғары орнату шығындарын, төмен конверсия коэффициенттерін және батарея сыйымдылығының мәселелерін ескере отырып, күн энергиясы дәстүрлі энергия көздерімен салыстырғанда әлі де кеңінен қолданылатын энергия көзі болып табылмайды. Қиындықтарға қарамастан, нарықта күн энергиясының бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін күн энергиясын түрлендіру тиімділігін арттырудың жаңа материалдары мен жаңа әдістері туралы көптеген инновациялық зерттеулер бар. Сондықтан күн энергиясын өндіруде қолданылатын инновациялық технологияларды зерттеу өзекті болып табылады.

*Хат-хабарларға арналған автор. E-mail: aidos_men@mail.ru

Әдебиеттерге шолу

Қазіргі уақытта күн энергиясын өндіру үшін жаңа инновациялық технологияларды қолдану мәселелері көптеген ғалымдардың зерттеулерінен кездестіруге болады. Күн энергиясы заманауи технологиялармен энергияны сенімді түрде өндіре алмайды, өйткені энергия өндіру қарқыны маусымға, айға, күнге немесе тіпті тәулік ішінде өзгереді. Сондықтан осы талаптарды зерттеушілердің ғылыми еңбектерінен қарастырып көрейік.

Кавалларо Ф. (2010) булы газдарды шығармайтын күн жылу энергиясын өндіретін және климаттың өзгеруіне теріс әсер ететін негізгі энергетикалық технология болып табылатын шоғырланған күн электр станцияларын қарастырады. Ол термоэлектрлік күн қондырғылардың күн радиациясын жинауға және оны шоғырландыруға арналған айнаға, қабылдағыш және жылу алмастырғыштан тұратын күн концентраторына турбиналық электр генераторын басқаратын жылу алмастырғышына назар аударады.

Міне, осы арнайы кезеңдердің ыңғайлы, әрі қолайлы қызметтері күн энергиясын тиімді өндіруге мүмкіндік береді. Күн панельдері күн сәулесін фотоэлектрлік элементтермен сіңіру, тұрақты ток энергиясын өндіру, содан кейін оны инвертор технологиясы арқылы пайдалы айнымалы ток энергиясына айналдыру арқылы жұмыс істейді. Сол себепті бұл технологияларды жетілдіру сұрақтары назардан тыс қалған жоқ.

Трипатхи М. және басқалар (2016) технологияны дамытуға, жасушалар мен өнімдерді жіктеуге, сонымен қатар салалық және зерттеу мүмкіндіктеріне баса назар аударады. Олар қабықтардың әртүрлі компоненттерін, олардың қасиеттерін және олардың халықаралық стандарттарға сәйкестігін құру үшін заманауи фотоэлектрлік өнімдерге шолу жасайды.

Чен Дж. және басқа ғалымдар (2016) ғимараттарға орнатуға ыңғайлы, инновациялық жұқа күн пленкасының мүмкіндіктерін зерттеген. Олардың пікірінше, технологияның күн радиациясының жиілігі, ауа температурасы, ауа жылдамдығы, су ағынының массасы және кіріс суының температурасы, жылу сипаттамалары сияқты пайдалану қасиеттеріне назар аудару қажет.

Әрине, нарық өнімнің ауытқуын азайту және кейінгі тұтыну үшін артық өндірісті сақтау әдістерін ұсыну үшін ауқымды және қол жетімді шешімдерді қажет етеді.

Зохар Т. және басқалардың (2022) пікірінше, бүкіл әлем инновацияларға қолайлы орта құруға ұмтылып, энергетикалық және климаттық технологиялардың инновациялық экожүйелерін құруға және қолдауға тырысуда. Дегенмен, энергетикалық инновациялар саясаты көбінесе «технологияларды ілгерілету» және «нарықты тарту» тұжырымдамасына сәйкес келеді және инновациялық технологияларды енгізу барысында әлеуметтік, саяси және мәдени жақтарын елемейді.

Ахмади А. және басқалар (2021) күн энергиясымен жұмыс істейтін ауылшаруашылық өнімдерін кептіру технологияларын талқылаған. Мақалада тікелей, жанама және аралас режимдерге негізделген күн кептіргіштерінің әртүрлі түрлері сипатталған. Сонымен қатар, кептіргіштің жұмысына әсер ететін негізгі параметрлерді анықтау үшін осы технологиялардың энергетикалық, эксергетикалық, экономикалық және экологиялық талдауы ұсынылған.

Горджиан А. және басқалар (2022) «күн энергиясын жаңартылатын ресурс ретінде ас үй плиталарына қолдануға болады» деп санайды. Бұл зерттеушілер күн энергиясымен жұмыс істейтін пісіру технологияларын жақсарту және оларды бүкіл әлемде пайдалану мәселелерін зерттеген. Нәтижесінде күн энергиясымен жұмыс істейтін тағам дайындаудың әртүрлі технологияларының ішінде соңғы кездері жоғары температураны тудыратын және пісіру уақытын айтарлықтай қысқартатын ерекше сипаттамалар жинақталған.

Файед М. және басқалар (2022) химиялық бояғыштардың қарапайым пассивті күн батареяларының сипаттамаларына әсері туралы эксперименттік зерттеу жүргізген. Бұл зерттеудің нәтижелері химиялық бояғышты қосудың энергия өнімділігінің жоғарылауына оң әсерін берді.

Аллоухи Х. және басқа (2022) ғалымдар шоғырланған күн энергиясы ретінде күн плитасы технологиясындағы зерттеулер мен жүйелі түрде шолу жасады. Зерттеу нәтижесі күн коллекторлары саласындағы соңғы жетістіктерді, технологиялық мәселелерді және оңтайландыру механизмдерді қамтиды.

Ван Х. және басқа ғалымдар (2022) күн фотоэлектрлік панельдерін қайта өңдеу бойынша зерттеулерге назар аударады. Қайта өңдеу технологиясы бойынша соңғы зерттеулердің көпшілігі эксперименттік кезеңде қалады және жоғары шығындар, төмен қайта өңдеу мен қайталама ластану мәселелері ескерілмейді.

Унтрай А. және басқалар (2022) математикалық оңтайландыру негізінде күн жылу электр станцияларының жұмысын жақсартудың әртүрлі әдістемелеріне терең талдау жасаған. Әдебиеттерде кездесетін оңтайлы пайдалану стратегиясын анықтаудың әртүрлі схемалары екі критерийге байланысты жіктеген: уақытқа тәуелділік (статикалық немесе динамикалық) және кері байланыс(нақты уақыт режимінде немесе офлайн).

Инада А. және басқалар (2022) күн энергиясын сақтау және түрлендіру үшін қолданылатын наноматериалдардың тиімділігін зерттеген. Қарастырылған зерттеулерге сәйкес, күн энергиясын сақтау және түрлендіру жүйелерінде наноматериалдарды пайдалану арқылы тиімділік жақсарған.

Отандық ғалымдар күн энергиясының жаңа технологияларын енгізуді еңбек ресурстарына, аймақтың немесе саланың инфрақұрылымына байланысты қарастырады.

Муравьева В.А. және басқалары (2020) күн сәулесін электр энергиясына айналдыру үшін қолданылатын негізгі компоненттер фотоэлектрлік модульдер екенін атап өтті. Көптеген модельдер пластинана негізделген кристалды кремний жасушаларын немесе жұқа пленкалы жасушаларды пайдаланады. Күн энергиясының дамуына капитал мен материалдардың жоғары шығыны, сондай-ақ мамандардың жетіспеушілігі кедергі келтіреді.

Есенгельдин Б.С. және басқалар (2023) күн энергиясын дамытуда уақыт, ақша және бейімделу тұрғысынан қолайлы технологияларды енгізуді ұсынады. Олардың ойынша «енгізілетін құрылғылардың функционалдық негізі сол аймақтың немесе саланың инфрақұрылымына тиімді жағдай жасай алатындай болуы тиіс».

Ғалымдар күн энергиясын инновациялық дамытудың әртүрлі техникалық және ұйымдастырушылық мәселелерін зерттейді: термоэлектрлік күн қондырғыларын енгізу механизмдері; технологияның салалық және пайдалану негіздері; әлеуметтік, саяси және мәдени жақтары; қаржылық және кадрлық қамтамасыз ету; аймақтың немесе саланың инфрақұрылымдық мүмкіндіктері. Дегенмен, ғылыми еңбектерде күн энергиясын өндіру тиімділігіне қатысты технологиялар зерттелмеген.

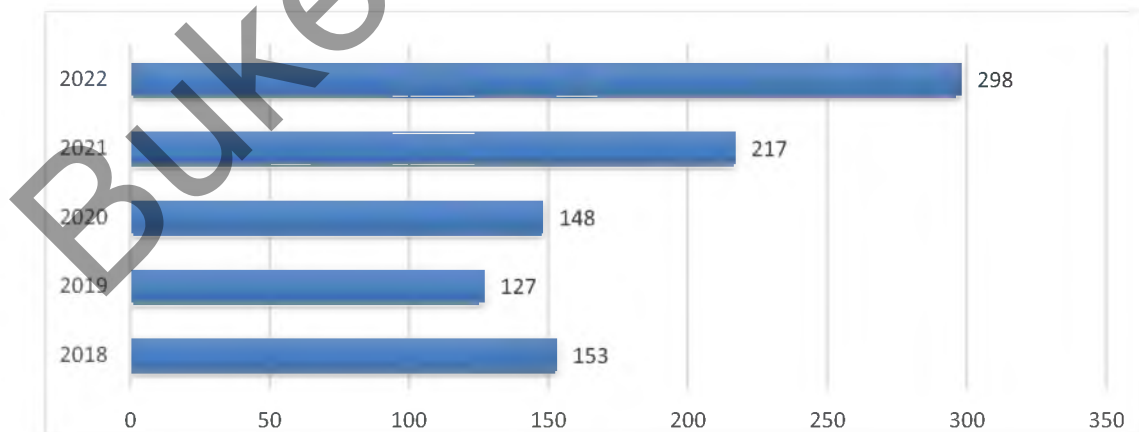
Зерттеу әдістері

Мақалада күн энергиясын өндіретін инновациялық технологиялардың тиімділігін анықтауда жүйелілік, талдау, жалпылау, салыстыру және статистикалық әдістер пайдаланылған. Бұл әдістер күн энергиясын дамыту жөніндегі ресми статистикалық мәліметтерден алынған нәтижелерге, отандық және шетелдік ғалымдардың ғылыми мақалаларында алынған ғылыми тұжырымдамаларға негізделген.

Нәтижелер

Қазіргі уақытта күн энергиясын өндіретін технологияларды жетілдіру біршама қаражат салуды қажет етеді.

Әлемдік нарықта 2018-2022 жылдар аралығында күн энергиясын өндіру технологиясына 153 млрд АҚШ долларынан 298 млрд АҚШ доллары көлемінде қаражаттар салынған (1-сурет).



1-сурет. Күн энергиясы технологияларына әлемдік нарықта 2018-2022 жылдар аралығында жұмсалған қаражаттар көлемі, млрд. АҚШ доллары

Дерек көзі: авторлармен Халықаралық жаңартылған энергия көздері агенттігінің деректері (2023) негізінде әзірленген

Халықаралық жаңартылған энергия көздері агенттігінің деректері (2023) бойынша COVID-19 пандемиясына қарамастан 2020 жылы күн технологиясына салынған инвестициялар жалпы сомасы 148 миллиард АҚШ долларына жеткен, бұл 2019 жылмен салыстырғанда 16%-ға өскен, бірақ 2018 жылмен қарағанда 4%-ға төмен. Алайда, соңғы екі жылда күн энергетикасына салынған инвестициялар күрт өсті, 2021 жылы 217 миллиард АҚШ долларына (2020 жылмен салыстырғанда 47%-ға жуық) және 2022 жылы 298 миллиард АҚШ долларына (2021 жылмен салыстырғанда тағы 37%-ға көп) жетті.

Күн энергиясын өндіруге сұраныстың өсуі инновациялық технологияларға сұраныстың өсуіне әкелді. Осы кезеңде күн энергиясына салынған инвестициялардың көп бөлігі электр энергиясын өндіруге қажетті күн панельдерін шығаруға бағытталды, алайда жаңа технологиялар көп қолдау таппады. Тиімді стандартты құрылғылар жаңа технологиялар пайда болған сайын арта түсетіні сөзсіз.

Мәселен, қазіргі уақытта күн панельдерінің көпшілігінің тиімділігі 17%-дан 20%-ға дейін болады. Жоғары тиімді күн панельдерінің тиімділігі кейбір жағдайларда 22%-дан асады. Әдетте, тиімдірек панельдер қымбатырақ, бірақ олар энергия қажеттіліктерін толықтай қанағаттандыруға көмектеседі. Ғалымдар әр түрлі жиіліктегі жарықты түсіру үшін оңтайландырылған көп ауыспалы ұяшықтарды қолдана отырып, 40% рекордтық тиімділік беретін күн панельдерін жасап шығарды. Дегенмен, бұл қазіргі уақытта коммерциялық тұрғыда қол жетімді емес.

Панель өндірушілерінің көпшілігі күн панельдерінің бірнеше модельдерін шығарады, олардың тиімділігі әр түрлі. Бұл санаттағы «SunPower», «Panasonic» және басқажетекші брендтерге Уолкер Е. (2023) сипаттама берген (1-кесте).

1-кесте. Күн энергиясын өндіру тиімділігі жоғары панельдердің орташа бағасы

№	Бренд атаулары	Энергия өндіру тиімділігі	Қуаты 10 кВт арналған күн панельдерінің орташа баға аралығы, АҚШ доллары (\$)
1	SunPower	21,6%	\$24360 - \$28700
2	Panasonic	21,0%	\$18270 - \$24150
3	Jinko	20,4%	\$17080 - \$24360
4	REC	19,6%	\$17500 - \$24220
5	TrinaSolar	18,3%	\$16730 - \$19530
6	CanadianSolar	18,3%	\$16100 - \$20300

Дерек көзі: авторлармен Уолкер Е. мақаласы (2023) негізінде әзірленген

Күн энергиясын технологияларын ұсынатын әлемдік нарықта қуаты 10 кВт арналған күн панельдерінің орташа баға аралығы 16100 АҚШ долларынан 24360 АҚШ долларына дейін жетіп отыр. Энергия өндіру тиімділігі артқан сайын («SunPower») орташа бағасы өсіп отырады. Бұл күн панелінің тиімділігі оның күн батареяларына кеткен шикізаттардың құнына байланысты, яғни жасушалардың құрамына, электр конфигурациясына, қоршаған компоненттерге және тағы басқаларға қатысты. Дегенмен, ең жоғары тиімділік рекордын орнату мен барлық модельдер үшін күн энергиясының жоғары және тұрақты орташа тиімділік көрсеткіштерін сақтау арасындағы айырмашылықты түсіну маңызды.

Күн энергетикасы саласындағы технологиялар үнемі жетілдіріліп отырады және болашақта инновациялық жаңалықтардың пайда болуы әбден ықтимал. Кванттық физика мен нанотехнологиядағы инновациялар күн панельдерінің тиімділігін арттырып, күн энергетикалық жүйелерінің электр қуатын екі немесе тіпті үш есе арттыруы мүмкін.

Дегенмен, қазіргі уақытта күн панельдерінің көптеген техникалық мәселелері әлі де шешілмеген:

- ауа-райына байланысты микро жарықшақтардың жиі пайда болуы;
- күннің қарқындылығына тәуелділігі жоғары;
- фотоэлектрлік элементтердің төмен тиімділігі;
- шикізат көздерінің (кремний, күміс, алюминий, мыс және басқалары) жоғары бағасы;
- қайтадан пайдалану үшін жинақталған қалдықтарды қайта өңдеу бойынша зерттеудің болмауы.

Анықталған мәселерді шешу үшін мемлекет тарапынан күн энергетикасы саласындағы технологияларды зерттеу жұмыстарына қаражаттар бөлінуі керек. Өйткені, күн фотоэлектрлік жүйелерін өндіру үдерісінде қоршаған ортаға жанама әсер етуі мүмкін кейбір улы материалдар мен қауіпті өнімдер де қолданылады. Сол себепті күн панельдердің экономикалық тиімділігіне және техникалық сипаттарына көп көңіл бөлген жөн.

Талқылау

Күн энергиясын өндіруге арналған технологиялар байланысты көптеген ғылыми-зерттеу жұмыстары жеткілікті. Бұл ғылыми еңбектердің нәтижелері озық технологиялардың негізгі техникалық артықшылықтарын және іскерлік мүдделерін дұрыс таңдауға мүмкіндік береді. Күн энергиясын өндіруге байланысты жинақталған халықаралық тәжірибені ескере отырып, мынадай ұсыныстар беруге болады:

- *күн панельдерін экономикалық тиімділігіне және техникалық сипатына қарай таңдау.* Нарықта әртүрлі өнімділік көрсеткіштері, кепілдіктері, құны және басқа сипаттамалары бар жаңа технологиялар өте көп. Ең бастысы бұл күн энергиясын өндіретін құрылғыларды өндіру қуатына, тиімділігіне, температуралық коэффициентіне, қызмет ету мерзіміне және кепілдігіне байланысты таңдаған жөн;

- *технологияларды аймақтың орналасқан жері мен климаттық жағдайына байланысты орнату.* Аймақ пен климат күн панельдерінің тиімділігіне әсер ететін бірнеше факторларға әсер етеді. Бұл факторлардың қатарына жарықты, көлеңкені, температураны, жыл мезгілін, шаңды және басқаларды жатқызуға болады;

- *пайдаланылған күн панельдерін жоюдың тиімді әдістерін қолдану.* Күн панельдерінде қорғасын, кадмий және сурьма сияқты қоспалар бар, оларды күл-қоқысқа ашық тастауға болмайды. Бұл улы материалдар топыраққа сіңіп кетуі мүмкін, ал жаңбыр бұл химиялық заттарды басқа аймақтарға апарып, топырақты ластау қаупі бар;

- *күн энергиясын өндіру қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі іс-шаралардың орындалуы үшін мемлекеттік бақылауды жүзеге асыру.* Бұл бақылау күн энергиясын өндіру, беру, тарату және тұтыну қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталуы тиіс.

Көрсетілген ұсыныстар күн энергиясын өндіру кезінде жаңа инновациялық технологияларды ұтымды таңдау, тиімді орнату, жою әдістерін қолдану және мемлекеттік реттеу қызметтеріне бағытталған. Келешекте күн энергиясын өндіру кезінде, оның орталық энергия жүйесіне біртіндеп енгізу бағыттарын зерттеген жөн.

Қорытынды

Күн энергиясы саласындағы инновациялық технологиялардың даму ерекшеліктерін зерттей отырып, мынадай қорытындылар жасауға болады:

- ғалымдардың ғылыми еңбектерде күн энергиясын инновациялық дамытудың термоэлектрлік күн қондырғыларын енгізу механизмдері, технологияның салалық және пайдалану негіздері, әлеуметтік және саяси жақтары, қаржылық және кадрлық қамтамасыз ету жүйелері, аймақтың немесе саланың инфрақұрылымдық мүмкіндіктері сияқты әртүрлі техникалық және ұйымдастырушылық мәселелерін зерттелген;

- қазіргі уақытта күн панельдерінің ауа-райына байланысты микро жарықшақтардың жиі пайда болуы, күннің қарқындылығына тәуелділігі жоғары, фотоэлектрлік элементтердің төмен тиімділігі, шикізат көздерінің (кремний, күміс, алюминий, мыс және басқалары) жоғары бағасы, қайтадан пайдалану үшін жинақталған қалдықтарды қайта өңдеу бойынша зерттеудің болмауы және басқада көптеген техникалық мәселелері әліде шешілмеген;

- күн энергиясын өндіруге байланысты жинақталған халықаралық тәжірибені ескере отырып, күн панельдерін экономикалық тиімділігіне және техникалық сипатына қарай таңдау, технологияларды аймақтың орналасқан жері мен климаттық жағдайына байланысты орнату, пайдаланылған күн панельдерін жоюдың тиімді әдістерін қолдану, күн энергиясын өндіру қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі іс-шаралардың орындалуы үшін мемлекеттік бақылауды жүзеге асыру бағыттарын басты назарға алу керек.

Қосымша мәліметтер:

Мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырған (грант № AP14972410).

Әдебиеттер тізімі

Ahmadi, A. Energy, exergy, and techno-economic performance analyses of solar dryers for agro products: A comprehensive review / A. Ahmadi, Biplab Das, M.A. Ehyaci, F. Esmailion, M. El Haj Assad, D.H. Jamali, O. Koohshekan, R. Kumar, M.A. Rosen, S. Negi, Satya Sekhar Bhogilla, S. Safari // *Solar Energy*. — 2021. — Vol. 228. — Pp. 349-373. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.09.060>.

- Alix, Untrau. Analysis and future perspectives for the application of Dynamic Real-Time Optimization to solar thermal plants: A review. / Alix Untrau, Sabine Sochard, Frédéric Marias, Jean-Michel Reneaume, A.C. Galo Le Roux, Sylvain Serra // *Solar Energy*. — 2022. — Vol. 241. — P. 275-291 — Access mode <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.05.058>.
- Allouhi, H. Recent advances, challenges, and prospects in solar dish collectors: Designs, applications, and optimization frameworks / Allouhi H., Allouhi A., Buker M.S., Zafar S., Jamil A. // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. — 2022. — Vol. 241 — 111743. Access mode <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111743>.
- Aslı Akyol, İnađa. A novel review on the efficiency of nanomaterials for solar energy storage systems / Aslı Akyol İnađa, Samaneh Arman, Babak Safaei // *Journal of Energy Storage*. — 2022. — Vol. 55. — Part C, 105661. Access mode <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105661>.
- Cavallaro, F. Fuzzy TOPSIS approach for assessing thermal-energy storage in concentrated solar power (CSP) systems [Text] / F. Cavallaro // *Applied Energy*. — 2010. — No. 2 (87). — P. 496–503.
- Chen, J. Characteristic study of a novel compact Solar Thermal Facade (STF) with internally extruded pin-fin flow channel for building integration [Text] / J. Chen, X. Zhang, T. Yang, L. Tang, A. Cheshmehzangi, Y. Wu, G. Huang, D. Zhang, P. Xu, S. Liu // *Applied Energy*. — 2016. — No. 168(C) — P. 48-64.
- Fayadh, M. Abed, Experimental investigation on the effect of using chemical dyes on the performance of single-slope passive solar still / M. Abed Fayadh, H. Ahmed, M. Ahmed, Hasanuzzaman, L. Kumar, M. Nasur Hamaad // *Solar Energy* — 2022. — Vol. 233 — P. 71-83. Access mode <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.12.060>.
- Gorjian, A. A comprehensive study of research and development in concentrating solar cookers (CSCs): Design considerations, recent advancements, and economics / A. Gorjian, E. Rahmati, Sh. Gorjian, A. Anand, Laxmikant D. Jathar // *Solar Energy*. — 2022. — Vol. 245 — P. 80-107. Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.08.066>.
- IRENA and CPI. (2023). Global landscape of renewable energy finance, 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. // <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023>
- Tripathy, M. A critical review on building integrated photovoltaic products and their applications [Text] / M. Tripathy, P.K. Sadhu, S.K. Panda // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2016. — No. 61. — P.451-465.
- Walker, E. What are the most efficient solar panels? Top brands in 2023 / E. Walker // Access mode: <https://news.energysage.com/what-are-the-most-efficient-solar-panels-on-the-market/>
- Xiaopu Wang, A review of end-of-life crystalline silicon solar photovoltaic panel recycling technology. / Xiaopu Wang, Xinyi Tian, Xiaodong Chen, Lingling Ren, Chunxiang Geng // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. — 2022. — Vol. 248 — 111976. Access mode <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111976>.
- Zohar, T. Weaving an innovation network from the middle-out: the case of the renewable energy ecosystem [Text] / T. Zohar, Y. Parag, O. Ayalon // *Energy, Sustainability and Society*. — 2022. — No. 12 (37). — P. 1-15. Access mode <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00364-2>.
- Есенгельдин Б.С. Күн энергиясын дамытуды мемлекеттік қолдаудың халықаралық тәжірибесі [Мәтін] / Б.С. Есенгельдин, А.А. Абаев, Е.Т. Ақбаев, М.Т. Даниярова // *Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университетінің хабаршысы*. — 2023. — № 1. — Б. 148-154.
- Муравьева В.А. Анализ перспектив развития альтернативных источников энергии в Казахстане [Текст] / В.А. Муравьева, О.А. Зубова, А.Т. Умбетбеков, Д.С. Ким, Ж.Б. Мажит // *Вестн. Казах. голов. архит.-строит. акад.* — 2020. — № 4 (78). — С.316–325.

А.А. Абаев, Б.С. Есенгельдин, Т.К. Шурен, А.А. Кочербаева

Особенности развития инновационных технологий в области солнечной энергии

Аннотация:

Цель: Целью статьи является изучение эффективности инновационных технологий в области солнечной энергии. В статье рассмотрены возможности и перспективы применения современных технологий для развития солнечной энергии.

Методы: Авторами использованы системные, аналитические, обобщающие, сравнительные и статистические методы определения эффективности инновационных технологий производства солнечной энергии. Указанные методы основаны на результатах, полученных из официальных статистических данных по развитию солнечной энергии, научных концепций, полученных в научных статьях отечественных и зарубежных ученых.

Результаты: В статье исследованы различные технические и организационные вопросы инновационного развития солнечной энергии: механизмы внедрения термоэлектрических солнечных установок; отраслевые и эксплуатационные параметры технологии; социальные, политические и культурные аспекты; финансовое и кадровое обеспечение; инфраструктурные возможности региона или отрасли. В ходе анализа определены технические проблемы солнечных панелей: появление микротрещин из-за погодных условий; зависимость от интенсивности солнца; низкая эффективность фотоэлектрических элементов; высокая цена источников сырья (кремний, серебро, алюминий, медь и др.); отсутствие исследований по переработке накопленных отходов для повторного использования.

Выводы: Даны рекомендации по производству солнечной энергии с учетом накопленного международного опыта: выбор солнечных панелей, исходя из экономической эффективности и технических характеристик; установка технологий в зависимости от местоположения и климатических условий региона; применение эффективных методов утилизации использованных солнечных панелей; осуществление государственного контроля за выполнением мероприятий по обеспечению безопасности выработки солнечной энергии.

Ключевые слова: энергия, солнечная энергия, возобновляемые источники энергии, технология, солнечные панели, эффективность, инновация.

A. Abayev, B. Yessengeldin, T.K. Shuren, A. Kocherbayeva

Features of the development of innovative technologies in the field of solar energy

Abstract

Object: The purpose of the article is to study the effectiveness of innovative technologies in the field of solar energy. The article discusses the possibilities and prospects of using modern technologies for the development of solar energy.

Method: The article uses systematic, analytical, generalizing, comparative and statistical methods for determining the effectiveness of innovative solar energy production technologies. These methods are based on the results obtained from official statistics on the development of solar energy, scientific concepts obtained in scientific articles by domestic and foreign scientists.

Results: The article explores various technical and organizational issues of innovative development of solar energy: mechanisms for the introduction of thermoelectric solar installations; industry and operational parameters of technology; social, political and cultural aspects; financial and personnel support; infrastructure capabilities of the region or industry. During the analysis, technical problems of solar panels were identified: the appearance of microcracks due to weather conditions; dependence on the intensity of the sun; low efficiency of photovoltaic cells; high price of raw materials sources (silicon, silver, aluminum, copper and others); lack of research on recycling accumulated waste for reuse.

Conclusions: The article provides recommendations for the production of solar energy, taking into account the accumulated international experience: the choice of solar panels based on economic efficiency and technical characteristics; the installation of technologies depending on the location and climatic conditions of the region; the use of effective methods of disposal of used solar panels; the implementation of state control over the implementation of measures to ensure the safety of solar energy generation.

Keywords: energy, solar energy, renewable energy, technology, solar panels, efficiency, innovation

References

- Ahmadi, A., Biplab Das, Ehyaci, M.A., Esmaeilion, F., El Haj Assad M., Jamali, D.H., Koohshekan, O., Kumar, R., Rosen, M.A., Negi, S., Satya Sekhar Bhogilla & Safari, S. (2021). Energy, exergy, and techno-economic performance analyses of solar dryers for agro products: A comprehensive review. *Solar Energy*, 228: 349-373, Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.09.060>.
- Alireza Gorjian, Edris Rahmati, Shiva Gorjian, Abhishek Anand & Laxmikant, D. Jathar. (2022). A comprehensive study of research and development in concentrating solar cookers (CSCs): Design considerations, recent advancements, and economics. *Solar Energy*, 245: 80-107. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.08.066>.
- Alix, Untrau, Sabine, Sochard, Frédéric, Marias, Jean-Michel, Reneaume, Galo, Le Roux A.C., & Sylvain, Serra. (2022). Analysis and future perspectives for the application of Dynamic Real-Time Optimization to solar thermal plants: A review. *Solar Energy*, 241: 275-291. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.05.058>.
- Allouhi, H., Allouhi, A., Buker, M.S., Zafar, S. & Jamil, A. (2022). Recent advances, challenges, and prospects in solar dish collectors: Designs, applications, and optimization frameworks. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 241, 111743. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111743>.
- Aslı Akyol, İnada, Samaneh, Arman, Babak, Safaei. (2022). A novel review on the efficiency of nanomaterials for solar energy storage systems. *Journal of Energy Storage*, 55: Part C, 105661. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105661>.
- Cavallaro, F. (2010). Fuzzy TOPSIS approach for assessing thermal-energy storage in concentrated solar power (CSP) systems // *Applied Energy*, No 2(87), 496-503.
- Chen, J., Zhang, X., Yang, T., Tang, L., Cheshmehzangi, A., Wu, Y., Huang, G., Zhang, D., Xu, P., & Liu, S. (2016). Characteristic study of a novel compact Solar Thermal Facade (STF) with internally extruded pin-fin flow channel for building integration. // *Applied Energy*, 168(C), 48-64.
- Esengel'din, B.S., Abayev, A.A., Akbaev, E.T. & Danijarova M.T. (2023). Kyn energiyasyn damytudy memlekettik koldauidyn halykaralyk tazhiribesi [International experience of state support for the development of solar energy] *Vestnik Kazhskogo universiteta ekonomiki, finansovi mezhdunarodni torgovli — Bulletin of the Kazakh University of Economics, Finance and International Trade*, 1, 148-154 [in Kazakh].

- Fayadh, M. Abed, Ahmed, H., Ahmed, M., Hasanuzzaman, Laveet, Kumar & Nasur, M. Hamaad (2022). Experimental investigation on the effect of using chemical dyes on the performance of single-slope passive solar still. *Solar Energy*, 233: 71-83. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.12.060>.
- IRENA and CPI (2023). Global landscape of renewable energy finance, 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Retrieved from <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023>
- Muraveva, V.A., Zubova, O.A., Umbetbekov, A.T., Kim, D.S. & Mazhit, Zh.B. (2020). Analiz perspektiv razvitiia alternativnykh istochnikov energii v Kazakhstane [Analysis of prospects for the development of alternative energy sources in Kazakhstan]. *Vestnik Kazakhskoi glavnoi arkhitekturno-stroitelnoi akademii — Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*, 4(78), 316–325 [in Russian].
- Tripathy, M., Sadhu, P.K. & Panda, S.K. (2016). A critical review on building integrated photovoltaic products and their applications // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No.61, 451-465.
- Walker, E. (2023). What are the most efficient solar panels? Top brands in 2023. Retrieved from <https://news.energysage.com/what-are-the-most-efficient-solar-panels-on-the-market/>.
- Xiaopu, Wang, Xinyi Tian, Xiaodong Chen, Lingling Ren & Chunxiang Geng (2022.). A review of end-of-life crystalline silicon solar photovoltaic panel recycling technology. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 248: 111976. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111976>.
- Zohar, T., Parag, Y., & Ayalon, O. (2022). Weaving an innovation network from the middle-out: the case of the renewable energy ecosystem. // *Energy, Sustainability and Society*, 2 (37), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00364-2>.