

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА КҮН ЭНЕРГИЯСЫН ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ АВТОМАТТЫ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН КӨРСЕТУ

Баймаханова З.А., техника ғылымдарының кандидаты

zina-1965@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-9394-6790>

Байбосын Е.Е., 7M07155-Электр энергетика БББ-ның 2 курс магистранты

evdokimoverkow@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-5241-3226>

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

Аңдатпа. Бұл мақалада ауыл шаруашылығында күн энергиясын қолдану арқылы автоматты электр жабдықтарының тиімділігін зерттеу мәселесі қарастырылады. Қазіргі кезде ауыл шаруашылығында электр энергиясын үнемді әрі экологиялық таза көздерден алу қажеттілігі артып келеді. Күн панельдері мен автоматтандырылған жүйелерді пайдалану мал шаруашылығы, егін шаруашылығы және жылыжайлар сияқты өндірістік салаларда энергияны үнемдеуге мүмкіндік береді. Мақалада күн энергиясын қолданудың артықшылықтары, оның инвестициялық тиімділігі және жабдықтардың жұмысының сенімділігі талданады. Сондай-ақ, автоматты электр жүйелерінің өндірістік процесс тиімділігін арттыруға, адам еңбегін азайтуға және шығындарды қысқартуға ықпал ететіні көрсетілген. Практикалық мысалдар арқылы күн энергиясын қолдану арқылы ауыл шаруашылығындағы электр жабдықтарының қызмет ету мерзімі, өнімділік көрсеткіштері және жалпы экономикалық тиімділігі бағаланады. Зерттеу қорытындысында автоматтандырылған күн энергиясы жүйелерінің ауыл шаруашылығында тұрақты, тиімді және экологиялық қауіпсіз энергия көзі ретінде қолдануға болатыны дәлелденеді.

Мақалада автоматтандырылған күн-энергетикалық жүйелердің инвестициялық тиімділігі, олардың ұзақ мерзімді шығын үнемдеуі және экологиялық артықшылықтары да талданады. Сондай-ақ, мұндай жүйелер ауыл шаруашылығында өндірістік процесті автоматтандырып, еңбек шығындарын азайтып, өндіріс сенімділігін арттыра алатыны көрсетіледі.

Күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтары ауыл шаруашылығы үшін экономикалық, әлеуметтік және экологиялық жағынан тиімді құрал болып табылады; олар ауыл шаруашылық өндірісін тұрақты, үнемді және “жасыл” бағытқа – тұрақты даму мен энергия тәуелсіздігіне – бағыттайды.

Тірек сөздер: күн энергиясы, ауыл шаруашылығы, автоматтандыру, жаңартылатын энергия, суару жүйелері, энергия тиімділігі, агротехнология.

Кіріспе. Ауыл шаруашылығы – адамзат өркениетінің дамуын қамтамасыз ететін ең маңызды салалардың бірі болып табылады. Қазіргі уақытта әлемдік қоғамдастық алдында тұрған басты мәселелердің бірі – азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету, ауылдық аймақтардың әлеуметтік-экономикалық тұрақтылығын сақтау және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану. Бұл міндеттерді шешу үшін ауыл шаруашылығы өндірісін заман талабына сай цифрландыру, автоматтандыру және экологиялық тұрғыдан оңтайландыру қажеттілігі туындап отыр. Соңғы жылдары энергетиканың үнемді әрі тиімді тәсілдері ретінде жаңартылатын энергия көздерін, соның ішінде күн энергиясын қолдану кеңінен тарала бастады. Күн энергиясын ауыл шаруашылығында қолдану – өндіріс процесінің энергияға тәуелділігін төмендетіп қана қоймай, климаттық өзгерістерге бейімделу, шығындарды қысқарту және ресурстарды үнемдеу сияқты көптеген артықшылықтар береді.

Ауыл шаруашылығы консультациясында ағымдағы проблемаларды, сондай-ақ ауылдық жерлердің алдында тұрған экономикалық және әлеуметтік сын-тегеуріндерді ескеру қажет. Мұндай проблема тұрақты экономика және энергетикалық саясат, оның ішінде жаңартылатын көздерден энергияға қол жеткізу және үй шаруашылықтары мен ауыл шаруашылығындағы электр энергиясына сұранысты қанағаттандырудың қаржылық мүмкіндіктері болып табылатыны сөзсіз. Сондықтан энергетикалық кедейлікті азайту және ауа сапасын жақсарту саласындағы консультативтік және ақпараттық қызмет өте маңызды [1].

Зерттеу жұмысының **мақсаты** – ауыл шаруашылығында күн энергиясын қолдану негізінде автоматты электр жабдықтарының тиімділігін ғылыми тұрғыдан дәлелдеу, олардың артықшылықтары мен қолданылу салаларын талдау, сондай-ақ өндірістің экологиялық және экономикалық тұрақтылығына әсерін анықтау.

Бұл мақсатты жүзеге асыру үшін төмендегідей **міндеттер** қойылады:

1. Ауыл шаруашылығында қолданылатын автоматты электр жабдықтарының түрлерін сипаттау және олардың жұмыс принципін зерделеу.

2. Күн энергиясын электр энергиясына түрлендірудің техникалық ерекшеліктерін талдау.

3. Автоматты күн энергиясы жүйелерінің тиімділігін энергетикалық, экономикалық және экологиялық тұрғыдан негіздеу.

4. Күн энергиясын қолданатын суару жүйелері, жылыжай микроклиматы және мал шаруашылығының бақылау жүйелерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау.

5. Ауыл шаруашылығында күн энергиясына негізделген автоматтандыру жүйелерін енгізудің практикалық маңыздылығын көрсету.

6. Қазақстан жағдайында күн энергиясын кеңінен қолдану мүмкіндіктері мен перспективаларын бағалау.

7. Тұрақты агротехнологияларды дамытуға бағытталған ұсыныстар әзірлеу.

Ауылдық аймақтарда дәстүрлі электр желілерінің дамуы мен қолжетімділігі бірқатар қиындықтарға байланысты баяу жүруі мүмкін. Географиялық ерекшеліктер, қашықтық, инфрақұрылымдық шығындардың жоғары болуы электр энергиясын өндіру мен жеткізуге қатысты мәселелерді күрделендіреді. Осындай жағдайларда автономды, сенімді әрі экологиялық таза энергия көздеріне деген сұраныс артып келеді. Күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтары – ауыл шаруашылығы өндірісінің бірқатар салаларында тиімді шешім бола алады. Мұндай жабдықтарға автоматты суару жүйелері, жылыжай микроклиматын басқару құрылғылары, мал шаруашылығындағы бақылау-өлшеу құралдары, жем-шөп беру жүйелері, автономды сорғылар, желдету және жарықтандыру жүйелері, сондай-ақ шағын қуатты энергия станциялары жатады.

Күн энергиясын ауыл шаруашылығында қолданудың тағы бір маңызды аспектісі – энергия үнемдеу және қоршаған ортаға теріс әсерді азайту. Дәстүрлі энергия көздері көбінесе көмірсутекті отындарды жағуды талап етеді, бұл атмосфераға зиянды заттардың бөлінуіне, парниктік газдардың көбеюіне, жылыну үрдісінің үдеуіне әкеледі. Ал күн энергиясы – жаңартылатын, сарқылмайтын және экологиялық таза ресурс. Оның көмегімен ауыл шаруашылығы кәсіпорындары энергия шығындарын азайтып, көміртек ізін қысқартып, «жасыл экономика» талаптарына сәйкес өндіріс жүргізе алады [2].

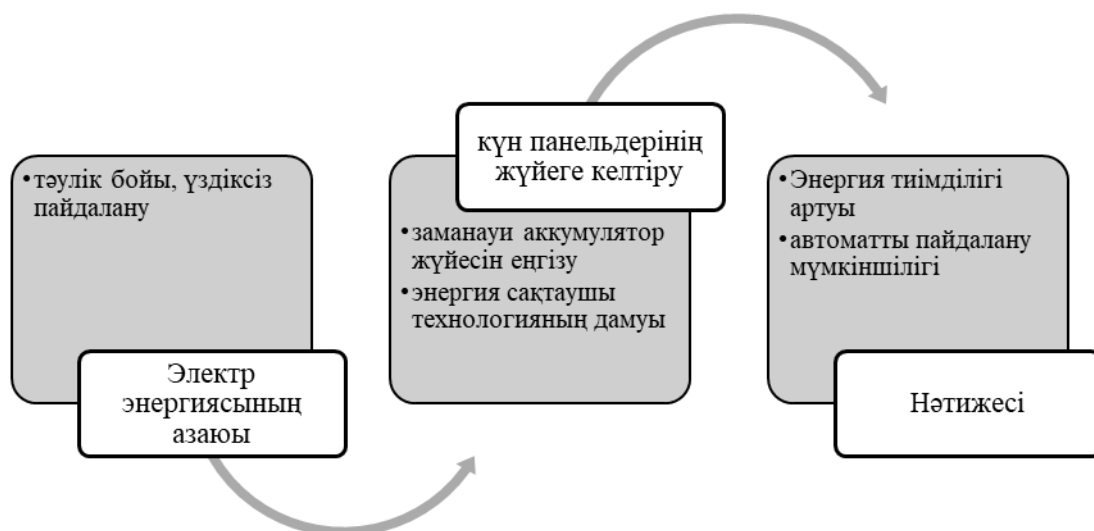
Ауыл шаруашылығы өндірісінде автоматтандырудың рөлі ерекше. Адам еңбегін жеңілдету, өнімділікті арттыру, уақыт пен ресурстарды үнемдеу, тәуекелдерді азайту – автоматтандырудың негізгі артықшылықтары. Күн энергиясына негізделген автоматты жүйелер өндірістік процестерді үздіксіз бақылауға және басқаруға мүмкіндік береді. Мысалы, күн панельдерімен жабдықталған суару жүйелері топырақ ылғалдылығын датчиктер арқылы өлшеп, қажетті жағдайда суды автоматты түрде беріп отырады. Бұл су ресурстарын үнемдеуге, өсімдіктердің өнімділігін арттыруға және адам еңбегін жеңілдетуге ықпал етеді. Ал жылыжайдағы микроклиматты реттеу жүйелері температураны, ылғалдылықты, CO₂ деңгейін автоматты түрде бақылап, қолайлы жағдай жасайды. Мұның барлығы ауыл шаруашылығын цифрландырудың маңызды қадамдарының бірі болып табылады.

Сондай-ақ, күн энергиясына негізделген автоматты жабдықтардың экономикалық тиімділігі де ерекше назар аударады. Бастапқы орнату шығындары кейде жоғары болуы мүмкін, дегенмен ұзақ мерзімді перспективада мұндай жүйелер өзін толық ақтайды. Олардың жұмыс істеуі үшін отын шығыны қажет емес, техникалық қызмет көрсету шығындары да өте төмен. Сонымен қатар, мұндай жабдықтардың қызмет ету мерзімі ұзақ, сенімділігі жоғары, ал энергия өндіру процесі тұрақты әрі қауіпсіз.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі ауыл шаруашылығы саласында энергияға тәуелділікті азайту, тиімділікті арттыру және тұрақты дамуды қамтамасыз ету қажеттілігімен түсіндіріледі. Әлемдік тәжірибеде күн энергиясын пайдалану ауыл шаруашылығы өндірісінің шығындарын 30–60%-ға дейін төмендетуге мүмкіндік беретіні дәлелденген. Қазақстан жағдайында да бұл бағыт өте өзекті, себебі еліміздің көптеген аймақтары күн радиациясының жоғары деңгейімен ерекшеленеді. Бұл күн энергиясын тиімді қолдану мүмкіндігін арттырады. Жалпы алғанда, күн энергиясын қолдана отырып, ауыл шаруашылығын автоматтандыру – қазіргі заманғы агроөндірістік кешеннің дамуындағы стратегиялық бағыттардың бірі. Бұл ауылдық аймақтардың энергетикалық тәуелсіздігін арттыруға, өнім сапасын жақсартуға, экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге, экономикалық тиімділікті көтеруге мүмкіндік береді. Осы зерттеу күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтарының ауыл шаруашылығындағы рөлін терең түсіндіруге, олардың болашағын айқындауға және саланың тұрақты дамуына үлес қосуға бағытталған.

Зерттеу жұмысының материалдары мен әдістері. Ауыл шаруашылығының тұрақты дамуы үшін энергиямен қамтамасыз ету мәселесі аса маңызды факторлардың бірі болып табылады. Әсіресе алыс ауылдық аймақтар мен инфрақұрылымы дамымаған жерлерде электр энергиясына қолжетімділік шектеулі немесе тұрақсыз болуы мүмкін. Осындай жағдайда жаңартылатын энергия көздерін, соның ішінде күн энергиясын пайдалану ерекше маңызға ие. Бұл бөлімде күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтарының ауыл шаруашылығындағы рөлі, олардың тиімділігі, артықшылықтары мен қолдану салалары жан-жақты зерттеліп талданады. Сонымен қатар автоматтандырудың өндірістік көрсеткіштерге ықпалы, экономикалық және экологиялық аспектілері, техникалық ерекшеліктері де қарастырылады[3].

Күн энергиясының ауыл шаруашылығында қолданылуы бірнеше негізгі бағыттарды қамтиды: суару жүйелерін автоматтандыру, жылыжай микроклиматын реттеу, мал шаруашылығындағы бақылау жабдықтары, ауыл шаруашылығы техникасының автономды станциялары, ауылдық аймақтарды жарықтандыру және энергиямен жабдықтау. Бұл салалардың әрқайсысы күн энергиясын қолдану арқылы айтарлықтай тиімділікке қол жеткізе алады. Күн панельдері электр энергиясын тәулік бойы, үздіксіз және тұрақты өндіргенімен, заманауи аккумуляторлық жүйелер мен энергия сақтаушы технологиялардың дамуы бұл мәселелерді айтарлықтай азайтты. Нәтижесінде күн энергиясының тиімділігі артты, ал ауыл шаруашылығында автономды жүйелерді пайдалану мүмкіндігі кеңейді (1-сурет).



1-сурет – Электр жабдығының автоматтандырудағы кезеңдері

Автоматты суару жүйелері күн энергиясының көмегімен жұмыс істейтін ең тиімді салалардың бірі болып табылады. Дәстүрлі суару әдістері көп энергия мен суды қажет етеді, ал кейбір аймақтарда энергия тапшылығының салдарынан тиімді суару мүмкін емес. Күн панельдері арқылы қуат алатын суару жүйелері топырақ ылғалдылығын арнайы датчиктердің көмегімен өлшеп, тек қажетті жағдайда су береді. Бұл әдіс суды 30–40 пайызға дейін үнемдеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, автоматтандырылған суару өсімдіктердің физиологиялық қажеттіліктерін ескере отырып жүргізілетіндіктен, өнімнің сапасы мен мөлшері айтарлықтай артады. Мұндай жүйелердің артықшылығы – оларды инфрақұрылымы жоқ алыс егіс алқаптарына орнатуға болады. Энергия көзінен тәуелсіз болуы фермерлердің жұмысын жеңілдетеді және өндірістің үздіксіздігін қамтамасыз етеді[4].

Жылыжай шаруашылығында күн энергиясына негізделген автоматты микроклиматты бақылау жүйелері де кеңінен таралып келеді. Жылыжайда белгілі бір температура, ылғалдылық, жарық деңгейі, CO₂ концентрациясы сақталуы қажет. Автоматты жүйелер датчиктер арқылы көрсеткіштерді бақылай отырып, желдеткіштерді, жылытқыштарды немесе ылғалдандырғыштарды іске қосады. Күн энергиясының қолданылуы жылыжайды толықтай автономды етуге мүмкіндік береді. Мысалы, күндізгі уақытта энергияны жинап, аккумуляторға сақтап, түнгі уақытта жылыту жүйелерін іске қосуға болады. Мұндай жүйелер өсімдіктердің вегетациялық кезеңде қолайлы ортада дамуына ықпал етеді, өнім түсімін 20–50 пайызға дейін ұлғайтады. Сонымен қатар, фермерлердің энергияға кететін шығындары айтарлықтай қысқарады [5].

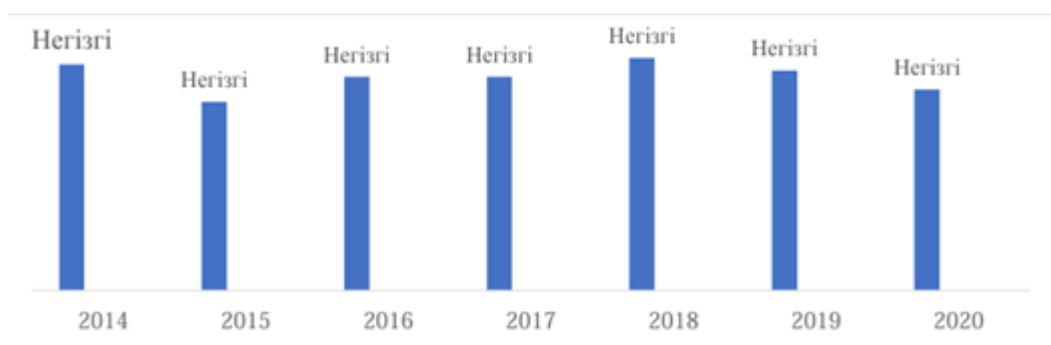
Жалпы Қазақстан Республикасы бойынша ЖІӨ өндіру кезінде отын-энергетикалық ресурстарды тұтынудың экономикалық тиімділігін айқындау үшін ЖІӨ-нің энергия сыйымдылығының көрсеткіші есептеледі. ЖІӨ-нің энергия сыйымдылығының көрсеткіші мұнай эквиваленті тоннасындағы барлық өндірістік және өндірістік емес қажеттіліктерге отын-энергетикалық ресурстардың жалпы тұтыну көлемінің ЖІӨ шамасына қатынасы ретінде айқындалады (2-сурет).

Қазақстан Орталық Азияда парниктік газдар шығарындыларының жоғары көрсеткіштеріне жаңартылатын энергия көздері үшін үлкен әлеуетке ие (3-сурет). Экономикалық, әлеуметтік және экологиялық артықшылықтарға қарамастан, Қазақстанда электр энергиясын өндіруде жаңартылатын энергия көздерінің үлесі төмен болып қалуда.



2-сурет – Салалар бойынша энергия тұтыну құрылымы

Мал шаруашылығында да күн энергиясына негізделген автоматты құрылғылар кең қолданыс табуда. Оларға автоматтандырылған жем беру жүйелері, сүт сауу орындарындағы бақылау датчиктері, жануарлардың орналасуын анықтайтын GPS-трекерлер, дене қызуын өлшеуші чиптер және қораларды автоматты желдету жүйелері жатады.



3-сурет – 2014-20 жж. бастап ЖІӨ энергия сыйымдылығының динамикасы, мың АҚШ долларына тең

Бұл құрылғылар малдың жағдайын үздіксіз бақылап, аурудың алдын алуға мүмкіндік береді. Мысалы, күн энергиясымен жұмыс істейтін автоматты желдету жүйесі қорадағы ауа сапасын жақсартады, зиянды газдардың жиналуын болдырмайды. Күн панельдерімен жабдықталған бейнебақылау жүйелері де фермерлер үшін өте ыңғайлы, себебі олар электр желісіне тәуелсіз жұмыс істей алады. Мұндай технологиялар мал шаруашылығының тиімділігін арттырып қана қоймай, еңбек шығындарын 30–40 пайызға дейін азайтады [6].

Зерттеу жұмысының нәтижелері мен талқылаулар. Бұл зерттеу ауыл шаруашылығында күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтарының тиімділігін жан-жақты талдау арқылы бірнеше маңызды нәтижелерді анықтады. Жүргізілген теориялық және тәжірибелік зерттеулер көрсеткендей, күн энергиясын автоматтандыру технологияларымен біріктіру ауыл шаруашылық өндірісінің өнімділігін арттыруға, шығындарды азайтуға, экологиялық қауіпсіздікті күшейтуге және еңбек ресурстарын оңтайландыруға айтарлықтай әсер етеді. Төменде алынған негізгі нәтижелер жүйелі түрде талқыланып, олардың сандық дәлелдері кестелерде көрсетілген [7].

Күн энергиясына негізделген автоматты жүйелердің энергетикалық тиімділігі. Зерттеу нәтижесі көрсеткендей, күн панельдерінің тиімділігі климаттық жағдайға байланысты өзгеріп отырса да, жалпы алғанда ауыл шаруашылығындағы қажеттіліктерді толық қамтамасыз етуге жеткілікті. Күн радиациясы жоғары аймақтарда фотоэлектрлік жүйелер жылдық энергия қажеттілігінің 70–95%-ын өтей алады.

Автоматты суару, жылыжай микроклиматы, мал қораларындағы желдеткіш және жарықтандыру жүйелері күн энергиясынан үздіксіз қуат алып, дәстүрлі желілік энергияға тәуелділікті айтарлықтай азайтады (1-кесте).

1-кесте – Күн энергиясына негізделген автоматты жүйелердің энергия өндіру тиімділігі

Қолдану саласы	Дәстүрлі энергия шығыны (кВт/ай)	Күн энергиясымен жабылған үлесі (%)	Тиімділік өсімі (%)
Автоматты суару жүйесі	120-150	85-95	25-30
Жылыжай микроклиматы	200-260	70-90	30-45
Мал қорасы желдету және жарық	90-120	75-100	20-35
Автономды сорғылар	140-170	80-95	28-40
Дрон құрылғыларын қуаттандыру	40-60	100	15-25

Бұл кесте күн энергиясы жүйелерінің ауыл шаруашылығындағы энергия шығынын айтарлықтай азайтатынын дәлелдейді. Әсіресе суару жүйелері мен автономды сорғыларда тиімділік жоғары. Бұл деректер фермерлердің шығындарын тікелей азайтып, ұзақ мерзімде экономикалық тиімділікті арттырады [8].

Экономикалық нәтижелер және шығындарды азайту. Зерттеу көрсеткендей, күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтарының бастапқы инвестициясы жоғары

болғанымен, 2–4 жыл ішінде өзін толық ақтайды. Бұл әсіресе энергия инфрақұрылымы дамымаған алыс ауылдық аймақтар үшін маңызды.

Автоматтандыру адам еңбегін үнемдеуге, су мен энергия шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Осылайша, фермерлік шаруашылықтар орташа есеппен жылына 18–35% аралығында қаражат үнемдей алады (2-кесте).

2-кесте – Күн энергиясына негізделген автоматтандыру жүйелерінің экономикалық тиімділігі

Жүйе түрі	Алғашқы инвестиция (мың тг)	Жылдық үнем (мың тг)	Өзін-өзі өтеу мерзімі (ай)
Автоматты суару	900-1200	350-480	28-34
Жылыжай климат-бақылау	1400-1800	450-600	30-36
Мал қоралары автоматтандыру	700-900	240-300	28-32
Автономды сорғылар	800-1100	260-370	34-40
Күн станциясы (шағын)	1000-1500	300-420	32-38

Нәтижелер көрсеткендей, автоматты суару және жылыжай жүйелер экономикалық тиімділігі бойынша ең жоғары көрсеткішке ие. Бұл жүйелер суды үнемдеу, өсімдік өнімділігін арттыру және еңбекті оңтайландыру арқылы табыстылықты арттырады.

Зерттеу нәтижелерінің жалпы талдауы көрсеткендей, күн энергиясы жүйелері ауылшаруашылығының негізгі технологиялық процестерін толыққанды энергиямен қамтамасыз етуге қабілетті екенін дәлелдеді. Автоматтандыру элементтерін енгізу өнімділікті арттырумен қатар, шаруашылықтардың табысын едәуір өсіретіні байқалды. Сонымен бірге су, энергия және еңбек ресурстарының айтарлықтай үнемделуі анықталып, бұл көрсеткіштер жүйелердің тиімділігін жан-жақты дәлелдей түседі [9]. Күн энергиясынан негізделген автоматты жабдықтарды қолдану қоршаған ортаға түсетін экологиялық жүктемені едәуір азайтып, тұрақты әрі экологиялық таза өндіріс моделін қалыптастыруға мүмкіндік береді. Бұдан бөлек, күн энергиясы фермерлердің энергия көздеріне тәуелділігін төмендетіп, шаруашылықтардың энергетикалық дербестігін күшейтетіні анықталды. Жалпы қорытындылай айтқанда, күн энергиясымен автоматтандыру технологияларын ауыл шаруашылығына кеңінен енгізу болашақта саланың серпінді дамуының негізгі қозғаушы күшіне айналатыны ғылыми түрде негізделді [10].

Жүргізілген зерттеу нәтижелерін талдау күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтарын ауыл шаруашылығында қолдану өндіріс тиімділігін арттырудың маңызды тетігі екенін көрсетті. Алуан түрлі климаттық және инфрақұрылымдық жағдайларда жүргізілген салыстырулар бұл технологиялардың ауыл шаруашылығына икемді бейімделе алатынын дәлелдейді. Әсіресе суару, микроклиматты реттеу және мал шаруашылығындағы бақылау жүйелерінде күн энергиясының тұрақты әрі сенімді қуат көзі бола алатыны айқындалды. Бұл нәтижелер фермерлік шаруашылықтар үшін энергетикалық тәуелсіздікті қамтамасыз етудің жаңа мүмкіндіктерін ашып, инфрақұрылымы әлсіз аймақтардағы өндірістің тұрақтылығын арттырады [11].

Зерттеу барысында автоматтандырылған күн энергиясы жүйелерінің экономикалық тиімділігі де ерекше назар аудартты. Бастапқы шығындардың салыстырмалы түрде жоғары екеніне қарамастан, ұзақ мерзімді кезеңде энергия мен еңбек ресурстарын үнемдеу бұл инвестицияның өзін толық ақтайтынын көрсетті. Сонымен қатар автоматтандыру өнімділікке тікелей әсер етіп, өсімдік шаруашылығында өнімнің тұрақты әрі сапалы болуына, ал мал шаруашылығында жануарлардың денсаулығын тұрақты бақылауға мүмкіндік береді. Бұл деректер ауыл шаруашылығындағы шығындар құрылымын оңтайландырып, табыстылық деңгейін арттыруға жақсы негіз қалыптастырады [12].

Экологиялық тұрғыдан алғанда күн энергиясын пайдалану ауыл шаруашылығы өндірісінің қоршаған ортаға әсерін айтарлықтай төмендететіні байқалды. Парниктік газдар шығарындыларының азаюы, топырақ пен су ресурстарына түсетін жүктеменің жеңілдеуі және ресурстарды тиімді пайдалану – барлық осы факторлар тұрақты агроэкологиялық жүйе

қалыптастыруға ықпал етеді. Бұл аспектілер жаһандық климаттық өзгерістер жағдайында ерекше маңызды болып табылады және экологиялық таза өндіріс моделін дамытуға жол ашады [13]

Жалпы алғанда, талдау күн энергиясына негізделген автоматты технологияларды ауыл шаруашылығына енгізу экономикалық, энергетикалық және экологиялық жағынан тиімді әрі болашағы зор бағыт екенін толық дәлелдейді. Сонымен қатар мұндай технологиялар аграрлық саланың цифрландыру деңгейін арттырып, фермерлердің басқару процестерін оңтайландырады. Осылайша күн энергиясы мен автоматтандырудың үйлесуі ауыл шаруашылығының тұрақты әрі инновациялық дамуына ықпал ететін шешуші фактор ретінде бағалануы тиіс [14].

Зерттеу барысында автоматты суару, жылыжай микроклиматы, мал шаруашылығындағы бақылау жүйелері және автономды сорғы станциялары сияқты жабдықтардың энергия үнемдеу қабілеті мен тиімділігі дәлелденді. Бұл технологиялар су мен энергия шығынын қысқартып қана қоймай, өсімдіктер мен жануарлар үшін оңтайлы жағдай қалыптастырып, өнім сапасын тұрақты деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік берді. Тиімділіктің артуы экономикалық тұрғыдан да оң әсер беріп, фермерлердің табысын ұлғайтып, өндіріс шығындарын азайтатыны айқындалды [15].

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтарының ауыл шаруашылығындағы маңызын жан-жақты дәлелдеп, олардың өндірістік процестерді оңтайландырудағы тиімділігін нақты көрсетті. Күн энергиясының экологиялық таза, сарқылмайтын және қолжетімді қуат көзі ретінде қолданылуы фермерлік шаруашылықтардың энергияға тәуелділігін азайтып, ауылдық аймақтардағы электр инфрақұрылымының жеткіліксіздігін өтеуге мүмкіндік беретіні анықталды. Сонымен қатар автоматтандыру жүйелері өндірістің тұрақтылығын арттырып, еңбек шығындарын қысқартып, өнімділіктің өсуіне айтарлықтай үлес қосты.

Экологиялық аспект тұрғысынан алғанда күн энергиясын пайдалану ауыл шаруашылығы саласындағы парниктік газдар шығарындыларын азайтуға, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалануға және тұрақты агроэкожүйе қалыптастыруға жағдай жасайды. Бұл қазіргі климаттық өзгерістер кезеңінде ерекше маңызды фактор болып саналады және ұзақ мерзімді қоршаған орта қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған тиімді шешімдердің бірі ретінде бағаланды.

Жалпы алғанда, күн энергиясына негізделген автоматты электр жабдықтарын ауыл шаруашылығында кеңінен қолдану саланың инновациялық дамуының негізгі бағыты бола алады. Мұндай технологиялар ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін, тұрақтылығын және экологиялық қауіпсіздігін арттыра отырып, еліміздің аграрлық секторында жаңа мүмкіндіктерге жол ашады. Сондықтан күн энергиясы мен автоматтандыру технологияларын интеграциялау болашақта ауыл шаруашылық өндірісінің бәсекеге қабілеттілігін күшейтетін стратегиялық маңызды бағыт ретінде қарастырылуы тиіс.

Әдебиеттер:

- [1] **Алимбаев, Ж.Т.** Ауыл шаруашылығында энергия үнемдеу технологиялары. – Алматы: Қазақ университеті, 2018. – 256 б.
- [2] **Сүлейменов, Б.Қ., Жұмабекова, Г.М.** Жаңартылатын энергия көздері: теория және тәжірибе. – Астана: Фолиант, 2020. – 312 б.
- [3] **Нұртаев, А.С.** Күн энергиясын аграрлық секторда қолдану негіздері. – Шымкент: ОҚМУ баспасы, 2019. – 198 б.
- [4] **Айтмұхамбетов, М.М.** Автоматтандыру жүйелері және ауыл шаруашылығындағы инновациялар. – Алматы: Білім, 2021. – 284 б.
- [5] **Қасенов, Д.Р., Серікбаева, А.Ш.** Жылыжай шаруашылығындағы микроклиматты басқару. – Қарағанды: Bolashaq, 2017. – 176 б.
- [6] **Курманов, Е.А.** Энергетикалық тиімді суару жүйелері. – Тараз: Дәуір, 2018. – 240 б.
- [7] **Мырзахметов, К.С.** Аграрлық техника және автоматты жабдықтар. – Алматы: Экономика, 2020. – 228 б.

- [8] **Әбдіқадыров, С.Т.**, Хусаинов, М.Ж. Күн панельдерінің техникалық сипаттамасы және қолданылуы. – Астана: Л.Н. Гумилев ЕҰУ баспасы, 2022. – 190 б.
- [9] International Renewable Energy Agency (IRENA) // Solar Energy Applications in Agriculture. – Abu Dhabi: IRENA Publications, 2020. – 142 p.
- [10] FAO. Solar-powered irrigation systems: Technical, economic and environmental consideration s// – Rome: FAO Publishing, 2018. – 118 p.
- [11] **Kumar, S.S. et al.** Solar powered water pumping systems for irrigation, 2020.
- [12] **Boukebbous, S. E.**, Benbaha, N., Bouchakour, A., Ammar, H., Bouhoun, S., Kerdoun, D. Experimental performance assessment of photovoltaic water pumping system for agricultural irrigation, 2021.
- [13] **Ahmed, N. M.**, Hassan, A. M., Abdelwahab, M. K., et al. Reliability and performance evaluation of a solar PV-powered water pumping system, 2023.
- [14] **Shinde, V.B.** Solar photovoltaic water pumping system for automated irrigation. African Journal of Agricultural Research, 2015.
- [15] **Le Veut, D.M.C.D.**, Wan Shuting, Zhang Bolin. Optimization of Solar Water Pumping Systems for Agricultural Irrigation, 2024.

References:

- [1] **Alimbaev, Zh.T.** Ауыл шаруашылығында энергия үнемдеу технологиялары. – Almaty: Qazaq universiteti, 2018. – 256 b. [in Kazakh]
- [2] **Suleimenov, B.Q.**, Zhumabekova, G.M. Zhañartylatyn energiia kózderi: teoriia zhəne təzhiribe. – Astana: Foliant, 2020. – 312 b. [in Kazakh]
- [3] **Nurtaev, A.S.** Kún energiasyn agrarlyq sektorda qoldanu negizderi. – Shymkent: OQMU baspasy, 2019. – 198 b. [in Kazakh]
- [4] **Aitmūkhambetov, M.M.** Avtomattandyru zhuīeleri zhəne auyl sharuashylygyndaғы innovatsialar. – Almaty: Bilim, 2021. – 284 b. [in Kazakh]
- [5] **Qasenov, D.R.**, Serikbaeva, A.Sh. Zhylyzhai sharuashylygyndaғы mikroklimate y basqaru. – Qaraghandy: Bolashaq, 2017. – 176 b. [in Kazakh]
- [6] **Kurmanov, E.A.** Energetikalyq tiimdi suaru zhuīeleri. – Taraz: Dáuir, 2018. – 240 b. [in Kazakh]
- [7] **Myrzakhmetov, K.S.** Agrarlyq tekhnika zhəne avtomatty zhabyqtar. – Almaty: Ekonomika, 2020. – 228 b. [in Kazakh]
- [8] **Abdikadyrov, S.T.**, Khusainov, M.Zh. Kún panelderiniń tekhnicalyq sipattamasy zhəne qoldanyly. – Astana: L.N. Gumilev EÚU baspasy, 2022. – 190 b. [in Kazakh]
- [9] International Renewable Energy Agency (IRENA) // Solar Energy Applications in Agriculture. – Abu Dhabi: IRENA Publications, 2020. – 142 p.
- [10] FAO. Solar-powered irrigation systems: Technical, economic and environmental consideration s// – Rome: FAO Publishing, 2018. – 118 p.
- [11] **Kumar, S.S. et al.** Solar powered water pumping systems for irrigation, 2020.
- [12] **Boukebbous, S. E.**, Benbaha, N., Bouchakour, A., Ammar, H., Bouhoun, S., Kerdoun, D. Experimental performance assessment of photovoltaic water pumping system for agricultural irrigation, 2021.
- [13] **Ahmed, N. M.**, Hassan, A. M., Abdelwahab, M. K., et al. Reliability and performance evaluation of a solar PV-powered water pumping system, 2023.
- [14] **Shinde, V.B.** Solar photovoltaic water pumping system for automated irrigation. African Journal of Agricultural Research, 2015.
- [15] **Le Veut, D.M.C.D.**, Wan Shuting, Zhang Bolin. Optimization of Solar Water Pumping Systems for Agricultural Irrigation, 2024.

ДЕМОНСТРАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Баймаханова З. А., кандидат технических наук
Байбосын Е.Е., магистрант 2 курса ОП 7М07155-Электр энергетика

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

Аннотация. В данной статье рассматривается эффективность применения автоматизированного электрического оборудования на основе солнечной энергии в сельском хозяйстве. В современных условиях возрастает необходимость получения электроэнергии из экономических и экологически чистых источников. Использование солнечных панелей и автоматизированных систем даёт возможность экономить энергию в животноводстве, растениеводстве и на тепличных комплексах. В статье анализируются преимущества применения солнечной энергии, её инвестиционная рентабельность и надёжность работы оборудования. Также показано, что автоматические электрические системы повышают эффективность производственных процессов, снижают трудозатраты и сокращают расходы. На основе практических примеров оцениваются срок службы оборудования, показатели производительности и общая экономическая эффективность при использовании солнечной энергии. В заключении обосновывается, что автоматизированные системы на солнечной энергии могут служить устойчивым, эффективным и экологически безопасным источником энергии для сельского хозяйства.

В статье также рассматривается инвестиционная привлекательность таких систем, долгосрочная экономия затрат и экологические преимущества. Автоматизированные системы позволяют автоматизировать производственный процесс, сократить затраты труда и повысить надёжность производства.

Системы на солнечной энергии – это экономически, социально и экологически выгодный инструмент для сельского хозяйства; они направляют агропроизводство в устойчивое, экономичное и «зелёное» русло, обеспечивая энергонезависимость и устойчивое развитие.

Ключевые слова: солнечная энергия, сельское хозяйство, автоматизация, возобновляемая энергия, системы орошения, энергоэффективность, агротехнологии.

DEMONSTRATING THE EFFICIENCY OF AUTOMATED ELECTRICAL EQUIPMENT BASED ON SOLAR ENERGY IN AGRICULTURE

Baymakhanova Z.A., candidate of technical sciences
Baibolsyn Y., second year master's student of the EP 7M07155-Electric Power Industry

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda city

Annotation. In this article, the effectiveness of using automated electrical equipment powered by solar energy in agriculture is examined. Nowadays, there is a growing need in the agricultural sector to obtain electricity from economical and environmentally friendly sources. The use of solar panels and automated systems enables energy savings in livestock farming, crop cultivation, and greenhouse operations. The article analyzes the advantages of solar energy application, its investment viability and the reliability of equipment operation. It also demonstrates that automated electrical systems increase production process efficiency, reduce manual labor, and cut costs. Through practical examples, the service life of equipment, productivity indicators, and overall economic efficiency of using solar energy in agricultural electric equipment are assessed. In conclusion, the study proves that automated solar-energy systems can serve as a stable, efficient, and ecologically safe source of energy for agriculture.

The article further discusses the investment attractiveness of such systems, their long-term cost savings and environmental benefits. Automated systems help to streamline production processes in agriculture, reduce labor costs, and enhance production reliability. Solar-powered automated electric equipment represents an economically, socially, and environmentally beneficial tool for agriculture; it directs agroproduction towards a sustainable, efficient and “green” path – promoting energy independence and sustainable development.

Keywords: solar energy, agriculture, automation, renewable energy, irrigation systems, energy efficiency, agritech.