

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Еркін Арлан Бірлікұлы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Ауылдық өндіріс объектісін электрмен жабдықтау мақсатында күн электр
станциясын жобалау.

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ КОРГАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
НАО «КазННТУ им.К.И.Сатпаева» «Энергетика» кафедрасының
Институт энергетики менгерушісі
и машиностроения PhD, қауымдастырылған профессор
Е.А. Сарсенбаев
«05» 06 2025ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Ауылдық өндіріс объектісін электрмен жабдықтау мақсатында күн электр
станциясын жобалау»

6B07101-«Энергетика» мамандығы

Орындаған

Еркін А.Б.

Пікір беруші
PhD, ассистент
профессор

(қолы) Ж.Ж. Қалиев

«04» 06 2025 ж.

Ғылыми жетекші
PhD, қауымдастырылған
профессор

(қолы) С.А. Минажова

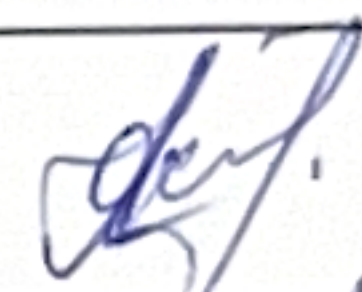
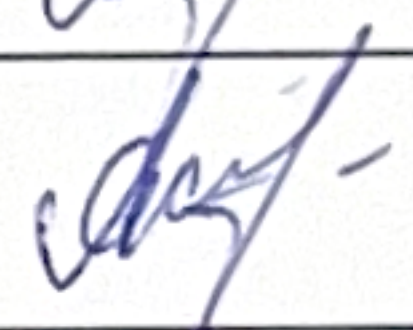
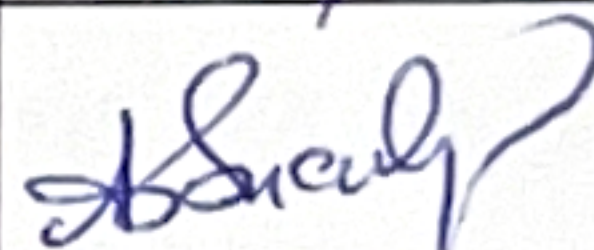
«03» 06 2025 ж.

Алматы 2025

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер қарастырылатын тізімі	атауы, мәселелер	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Теориялық бөлім		10.02 - 28.04 2025 ж.	—
Негізгі бөлім		10.03 - 30.04 2025 ж.	—
Экономика бөлімі		14.04 - 12.05 2025 ж.	—

Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, А.Ә.Т. (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	С.А. Минажова PhD, қауым.профессор	30.04.2025	
Экономика бөлімі	С.А. Минажова PhD, қауым.профессор	12.05.2025	
Норма бақылау	Ә.О. Бердібеков магистр, аға оқытушы	04.06.2025	

Жұмыс жетекші  С.А. Минажова /
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент  А.Б. Еркін
(қолы)

Күні « 19 » маусым 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6B07101-«Энергетика» мамандығы

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі

PhD, қауымдастырылған профессор

Е. А. Сарсенбаев

«01» _____ 2025 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Еркін Арлан Бірлікұлы

Тақырыбы: « Ауылдық өндіріс объектісін электрмен жабдықтау мақсатында күн электр станциясын жобалау»

Университеттің академиялық мәселелер бойынша проректоры бекіткен .

Бұйрық . № 26 П/Ө «29» қаңтар 2025 ж

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «19» мамыр 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілгендері: Нысанның оранласқан аймағы; Электр қондырғылардың: атауы; саны; толық орнатылған қуаты $P=90\text{кВт}$; пайдалану коэффициенттері, қуат коэффициенттері, тіулікте жұмыс жасау уақыты. Таңдап алынған аймақтың орташа тәуліктік радиациясы және орташа айлық радиациясы.

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны: а) Берілген электр қондырғылардың есептік және толық қуатын анықтау; бір тәулік ішінде тұтынылатын электр энергиясының мөлшерін анықтау. Нәтижелерге байланысты КЭС ауданын анықтау, сондай-ақ күн панельдерінің санын анықтау, қосымша электр қондырғыларын таңдау. б) Экономика бөлімінде жалпы инвестиция құнын анықтау, өтеу мерзімін есептеу.

Сызбалық материалдар тізімі сызбалық материалдар слайдтармен көрсетілген

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Еркін Арлан Бірлікұлы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Ауылдық өндіріс объектісін электрмен жабдықтау мақсатында күн электр
станциясын жобалау.

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
_____ Е.А. Сарсенбаев
«__» _____ 2025ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Ауылдық өндіріс объектісін электрмен жабдықтау мақсатында күн электр
станциясын жобалау»

6B07101-«Энергетика» мамандығы

Орындаған

Еркін А.Б.

Пікір беруші
PhD, ассистент
профессор

Ғылыми жетекші
PhD, қауымдастырылған
профессор

_____ Ж.Ж. Қалиев
(қолы)

_____ С.А. Минажова
(қолы)

«__» _____ 2025 ж.

«__» _____ 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6B07101-«Энергетика» мамандығы

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының
меңгерушісі
PhD, қауымдастырылған профессор
_____ Е. А. Сарсенбаев
«___» _____ 2025 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Еркін Арлан Бірлікұлы

Тақырыбы: « Ауылдық өндіріс объектісін электрмен жабдықтау мақсатында күн электр станциясын жобалау»

Университеттің академиялық мәселелер бойынша проректоры бекіткен .

Бұйрық . № 26 П/Ө «29» қаңтар 2025 ж

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «19» мамыр 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілгендері: Нысанның оранласқан аймағы; Электр қондырғылардың: атауы; саны; толық орнатылған қуаты $P=90\text{кВт}$; пайдалану коэффициенттері, қуат коэффициенттері, тіулікте жұмыс жасау уақыты. Таңдап алынған аймақтың орташа тәуліктік радиациясы және орташа айлық радиациясы.

Дипломдық жұмыстың қысқаша мазмұны: а) Берілген электр қондырғылардың есептік және толық қуатын анықтау; бір тәулік ішінде тұтынылатын электр энергиясының мөлшерін анықтау. Нәтижелерге байланысты КЭС ауданын анықтау, сондай-ақ күн панельдерінің санын анықтау, қосымша электр қондырғыларын таңдау. б) Экономика бөлімінде жалпы инвестиция құнын анықтау, өтеу мерзімін есептеу.

Сызбалық материалдар тізімі сызбалық материалдар слайдтармен көрсетілген

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер қарастырылатын тізімі	атауы, мәселелер	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Теориялық бөлім			
Негізгі бөлім			
Экономика бөлімі			

Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, А.Ә.Т. (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	С.А. Минажова PhD, қауым.профессор		
Экономика бөлімі	С.А. Минажова PhD, қауым.профессор		
Норма бақылау	Ә.О. Бердібеков магистр, аға оқытушы		

Жұмыс жетекші _____ С.А. Минажова /
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент _____ А.Б. Еркін
(қолы)

Күні « ____ » _____ 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста ауылдық өндіріс объектісін электрмен жабдықтау мақсатында күн электр станциясын жобалау жүргізілді. Жұмыс барысында маусымдық энергия тұтыну көлемі есептеліп, литий-темір-фосфатты аккумуляторлар мен қосымша жабдықтар таңдалды. Экономикалық бөлімде капиталдық шығындар мен өтеу мерзімі анықталды. Зерттеу нәтижелері ауылдық нысандар үшін ЖЭК пайдаланудың тиімділігін көрсетті.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе был выполнен проект солнечной электростанции с целью электроснабжения сельского производственного объекта. В ходе работы были рассчитаны сезонные объёмы потребления энергии, а также выбраны литий-железо-фосфатные аккумуляторы и дополнительное оборудование. В экономической части определены капитальные затраты и срок окупаемости. Результаты исследования подтвердили эффективность использования возобновляемых источников энергии для сельских объектов.

ANNOTATION

This thesis presents the design of a solar power plant aimed at supplying electricity to a rural production facility. During the work, seasonal energy consumption was calculated, and lithium iron phosphate batteries along with additional equipment were selected. The economic section includes an assessment of capital expenditures and the payback period. The results of the study demonstrated the effectiveness of using renewable energy sources for rural facilities.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Күн энергетикасы	9
1.1 Қазақстанда күн энергетикасының дамуы	9
1.2 Қазақстанның күн энергетикасын дамыту саясаты	11
1.3 Күн энергиясының түрлендіргіштері	13
2 Күн электр станциясын жобалау	17
2.1 Жобалау нысанының сипаттамасы	17
2.2 Жергілікті аймақтың күн потенциалын анықтау	18
2.3 Нысанның электр жүктемесін анықтау	20
2.4 Күн электр станциясының өнімділігін есептеу	27
2.5 Аккумулятор таңдау	30
2.6 Инвертор таңдау	35
3 Экономикалық талдау	35
3.1 Бастапқы инвестициялар	37
3.2 Энергияны үнемдеу және өтеу мерзімі	38
Қорытынды	40
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	41

КІРІСПЕ

Негізгі электр желілерінен шалғай орналасқан елді мекендерді энергиямен қамтамасыз ету энергетик үшін маңызды және қызықты міндеттердің бірі болып табылады. Себебі, қазіргі таңда бұл мәселені жергілікті жердің экологиясы мен эстетикалық келбетін бұзбай шешуге мүмкіндік беретін технологиялар мен әдістер пайда болды. Мұндай технологияларға жаңартылатын энергия көздері жатады.

ЖЭК – бұл адамзаттың экологиялық проблемаларсыз, жаһандық жылыну мен соған байланысты табиғи апаттардан ада жаңа дәуірге қадам басуының келесі сатысы. Жаңартылатын энергия көздері ұғымына мыналарды жатқызуға болады:

- 1) Табиғи құбылыстардың әсерінен үнемі жаңарып отыратын энергия көздері:
 - күн сәулесі;
 - ауа массаларының қозғалысы (жел);
 - гидродинамикалық энергия;
 - геотермалдық энергия.
- 2) Электр және жылу энергиясын өндіруде қолдануға болатын антропогендік ресурстар:
 - биомасса;
 - биогаз;
 - органикалық қалдықтардан алынатын басқа да отын түрлері.

Қазақстан аумағы өте кең әрі халқының тығыздығы төмен елдердің бірі болып табылады. Шашыраңқы орналасқан және электрлік жүктемесі төмен шалғай аудандар көбінесе 10–110 кВ кернеулі тарату желілерінің ұзындығымен және аз қуатты тұтынушылардың бытыраңқылығымен сипатталады. Мұндай аймақтарды электрмен жабдықтау жүйелерін дамыту, ең алдымен, электр энергиясының оңтайлы көзін таңдауды көздейді.

Осы дипломдық жұмыстың мақсаты – Алматы облысының, Ұзынағаш ауылында орналасқан құс шаруашылығымен айналысатын “Руби Роз Агрикол” ЖШС-нің әкімшілік-тұрмыстық корпусын электрмен жабдықтау болып табылады.

Дипломдық жұмыстың тапсырмалары:

- Қазақстан Республикасының күн энергетикасының қазіргі таңдағы жағдайына шолу жасау;
- күн энергетикасындағы саясаттың дамуын талқылау;
- жергілікті аймақтың күн потенциалын анықтау;
- нысанның электр жүктемесін есептеу;
- күн энергиясының түрлендіргіштерін зерттеу;
- күн электр станциясының өнімділігін есептеу;
- күн электр станциясының жабдықтарын таңдау;
- экономикалық талдау жасау.

1 Күн энергетикасы

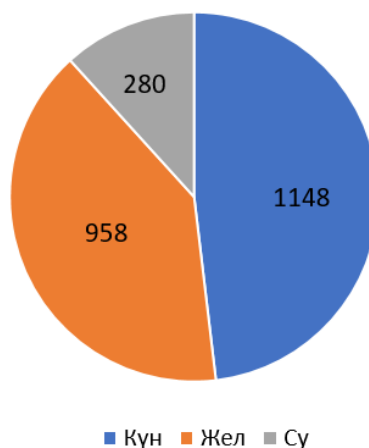
1.1 Қазақстанда күн энергетикасының дамуы

Қазақстан – Еуразия құрлығының орталығында орналасқан, аумағы 2,7 млн км² болатын ірі мемлекет. Елдегі халық тығыздығы – небәрі 7 адам/км². Аумағының басым бөлігін далалар мен шөлейтті аймақтар алып жатқандықтан, бұл жерлерде күн мен жел энергиясын дамытуға қолайлы жағдайлар бар. «Самұрық-Энерго» АҚ-ның есебіне сәйкес, елдегі жаңартылатын энергия көздерінің жылдық техникалық әлеуеті 1 трлн кВт·сағ шамасында бағаланады. Оның ішінде 920 млрд кВт·сағ – жел энергиясы, 62 млрд кВт·сағ – су энергиясы, ал 2,5 млрд кВт·сағ – күн энергиясы үлесіне тиесілі. «Курсивъ» жүргізген зерттеулерге сәйкес, 2019–2020 жылдары Қазақстанда жаңартылатын энергия көздері айтарлықтай қарқынмен дами бастады. Осы кезеңде елде бес ірі жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК) нысаны іске қосылды, олардың төртеуі – қуаты 100 МВт болатын күн электр станциялары. Сонымен қатар, «Курсивъ» зерттеулері бойынша Қазақстандағы ең ірі 15 ЖЭК нысанының рейтингінде күн электр станциялары басым – 15 нысанның 11-і күн электр станциялары (КЭС) болып табылады. Бұл үрдіс елде күн фотоэлектрлік жүйелерінің кеңінен дамып жатқанын көрсетеді. Оның басты себептері – салыстырмалы түрде төмен шығындар, техникалық және логистикалық кедергілердің аздығы. Осыған байланысты, Қазақстанда күн энергетикасын дамыту мүмкіндігіне баға беру өзекті болып отыр [1].

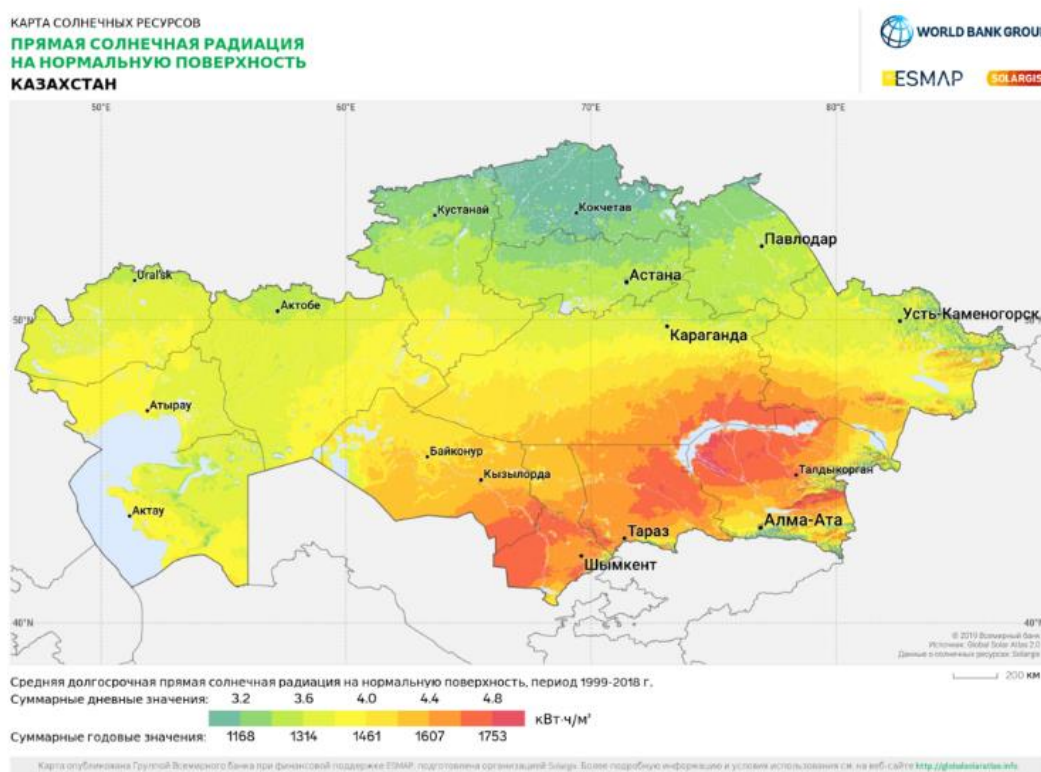
Бүгінде Қазақстанда 130 ЖЭК нысаны жұмыс істеп тұр. Олардың жалпы орнатылған қуаты – 2400 МВт, соның ішінде: 46 жел электр станциясы (958 МВт), 44 күн электр станциясы (1148 МВт), 37 су электр станциясы (280 МВт), және 3 биоэлектр станциясы (1,77 МВт) бар (1.1-сурет). ЖЭК нысандарының жиынтық электр энергиясы өндірісі 5,11 ТВт·сағ құрап, елдегі жалпы электр энергиясының 4,53%-ын қамтамасыз етті. Электр энергиясы өндірісіндегі ЖЭК үлесінің даму серпініне сүйене отырып, Қазақстан 2020 жылға арналған Тұжырымдама аясындағы міндеттерін сәтті орындағанын айтуға болады – сол жылы ЖЭК үлесі 3%-ға жетті. 2050 жылға қарай бұл көрсеткіш 50%-ға, ал 2060 жылға дейін 70%-ға жетуі тиіс, ал көмірдің үлесі 29%-ға дейін төмендетіледі деп жоспарланған [2].

Қазақстанның географиялық орналасуы мен климаттық жағдайлары ел аумағында күн энергетикасын кең көлемде дамытуға мүмкіндік береді. Қазақстан Республикасында күн сәулесінің жылдық орташа ұзақтығы 2200–3000 сағатты құрайды, бұл бүкіл ел аумағында 1300–1800 кВт/м²/жыл деңгейінде күн инсоляциясын қамтамасыз ете алады (1.2-сурет). Таулы аймақтардың болуына байланысты Қазақстанның оңтүстік бөліктерінде күн сәулесінің қарқындылығы басқа өңірлермен салыстырғанда жоғарырақ. Осыған байланысты, оңтүстік аймақтарда күн сәулесінің тиімді түсу деңгейі жазықтарға қарағанда әлдеқайда жоғары, сол себепті күн электр

станцияларының көпшілігі осы өңірде шоғырланған. 2021 жылғы Ұлттық энергетикалық баяндамада Қазақстанда 44 күн электр станциясы жұмыс істейтіні, олардың басым бөлігі елдің оңтүстік өңірлерінде орналасқаны айтылған [3].

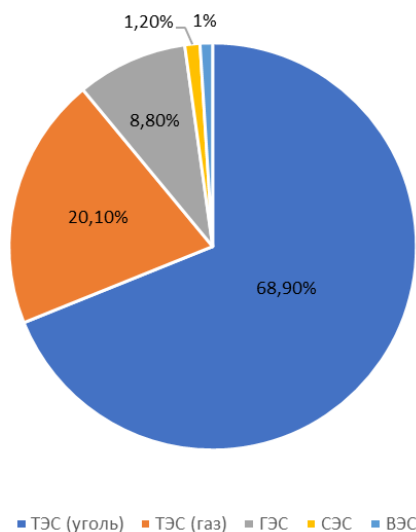


1.1 – сурет – Қазақстандағы ЖЭК орнатылған қуаты [МВт]



1.2 – сурет – Қазақстанның күн инсоляциясының картасы

ҚР Энергетика министрлігінің 2022 жылғы деректеріне сәйкес, күн электр станциялары 1,8 ТВтсағ. электр энергиясын өндіріп, бұл жалпы электр энергиясы өндірісінің 1,5%-ын құрады (1.3-сурет).



1.3 – сурет – Қазақстанның электр энергиясын өндіру құрылымы

Қарастырылған материалды қорытындылай келе, алдағы жылдары жаһандық деңгейде ЖЭК, әсіресе күн энергиясын пайдалану айтарлықтай өсетіні күтіледі. Халықаралық энергетика агенттігінің болжауынша, 2027 жылға қарай әлемде шамамен 2400 ГВт көлемінде жаңа ЖЭК қуаттары іске қосылады, оның ішінде 1500 ГВт-ты күн фотоэлектрлік жүйелері құрайды. Бұл төмен көміртекті энергетикаға көшу үрдісінің тұрақты екенін растайды [4].

1.2 Қазақстанның күн энергетикасын дамыту саясаты

Қазақстан көмір, мұнай, уран және табиғи газ сияқты қазба отын ресурстарына бай бола тұра, ЖЭК-ін дамыту үшін үкіметтің қолдауына және араласуына мұқтаж болды. Осы тұрғыда Қазақстан өзінің ЖЭК-ке көшу жолын 2006 жылы қабылданған «Тұрақты дамуға көшу тұжырымдамасынан» бастады. Кейінірек, 2009 жылы жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы Заң (бұдан әрі – ЖЭК туралы Заң) қабылданып, жаңартылатын энергия көздерін енгізуге бастапқы ынталандырулар қамтамасыз етілді. Бұл ынталандыруларға: ҚҚС-тен босату, кедендік алымдардан босату, мемлекеттік субсидиялар және жаңартылатын энергия көздерінен алынған электр энергиясын тіркелген тариф бойынша сатып алу кіреді. Сонымен қатар, «Қазақстан-2050» стратегиясы елдегі жаңартылатын энергетиканы дамытуға оң әсерін тигізді [5]. Стратегия аясында барлық сала бойынша тұрақты дамудың мақсатты көрсеткіштері айқындалды (1.4-сурет). «Қазақстан-2050» стратегиясының басты мақсаты — әлемнің отыз дамыған елінің қатарына кіру. Осы стратегия негізінде 2013 жылғы мамырда үкімет ресурстарды тиімді пайдалануға және тұрақты өсуге қол жеткізу үшін инновациялық технологияларды ілгерілетуге бағытталған «Жасыл экономикаға көшу

тұжырымдамасын» қабылдады [6].



1.4 – сурет – Қазақстанның тұрақты даму бағыттары

Барлық бастапқы ынталандырулар ЖЭК нысандарын салуға және оларды желіге біріктіруге серпін берді, алайда ЖЭК дамуы үшін шешуші қадам 2013–2017 жылдары жаңартылып, толықтырылған ЖЭК туралы Заңның қабылдануымен жасалды [7]. Осы уақытқа дейін енгізілген өзгерістер төменде қысқаша баяндалған [8-11]:

- 2013 жылы ұлттық жүйелік оператор жанынан есеп айырысу-қаржы орталығы құрылды. Ол ЖЭК нысандарынан өндірілген бүкіл электр энергиясын 15 жыл бойы тіркелген тарифпен сатып алуға міндеттеледі. Бұл өзгеріс инвесторларға жобаның өтелімділігін кепілдендіреді. Сонымен қатар, ұлттық жүйелік оператор ЖЭК нысандарын өз транзиттік желісіне қосуға міндеттеледі.

- 2016 жылы ЖЭК жобалары инвестициялық жобалар тізіміне енгізілді. Осыған байланысты олар ҚҚС пен кедендік баж салығынан босатылады.

- 2017 жылы ЖЭК нысандарына арналған аукциондық сауда тетігі енгізілді. Бұл механизм ЖЭК жобаларының инвестициялық тартымдылығын арттыру үшін енгізілді. Сонымен бірге, доллар бағамы мен инфляцияны индекстеу ұғымы енгізілді.

- 2020 жылы ЖЭК жобалары басым инвестициялық жобалар тізіміне енгізілді. Бұған байланысты ЖЭК нысандары бұрын берілген преференциялардан бөлек, жер салығынан, мүлік салығынан және корпоративтік табыс салығынан босатылады. Бұған қоса, электр энергиясын сатып алуға берілетін кепілдік мерзімі 20 жылға дейін ұзартылды.

- 2022 жылы «жобалық аукцион» ұғымы енгізілді. Бұл механизм алдыңғы аукциондық саудалардан ерекшеленеді, өйткені әлеуетті инвесторға аукцион басталғанға дейін нақты жер телімі, техникалық қосылу шарттары және жобаның коммерциялық тиімділігі туралы мәліметтер ұсынылады. Бұл жасырын тәуекелдерді азайтуға және тарифті төмендетуге бағытталған.

- шағын көлемдегі нысандарға қатысты, яғни бизнес пен халық үшін, үкімет жергілікті өндірістегі жасыл технологияларды сатып алуға кеткен шығындардың бір бөлігін субсидиялау механизмін қарастырды. 2013 жылы ЖЭК туралы Заңда «нетто-тұтынушы» ұғымы енгізілді. Бұл тұтынушы ЖЭК-тен электр энергиясын тұтынумен қатар, артық өндірілген электр энергиясын энергиямен жабдықтаушы компанияға сату мүмкіндігіне ие болды.

1.3 Күн энергиясының түрлендіргіштері

Төмен қуатты күн электр станцияларын орнату кезінде тұтынушыны алаңдататын алғашқы сұрақтардың бірі – күн түрлендіргішінің түрін таңдау. Түрін таңдауда күн энергиясын түрлендіру тиімділігі, құны, қолжетімді кеңістік және эстетикалық талаптар сияқты факторларды ескеру маңызды. Бүгінде күн түрлендіргіштерінің үш түрі бар: фотоэлектрлік панельдер (ФЭП), жылулық түрлендіргіштер және аралас түрлендіргіштер.

ФЭП – жарық энергиясын электр сигналына айналдыра алатын құрылғылар. Олардың жұмысы күн сәулесі фотоэлементтің (p-n өткелі) бетіне түскен кезде фотоэлектрондардың бөлінуіне негізделген. Орындау түріне қарай фотоэлементтер электровакуумдық және жартылай өткізгіш болып бөлінеді. Қазіргі таңда электр энергиясын өндіру үшін негізінен кремнийге негізделген фотоэлементтер кеңінен қолданылады, бұл барлық шығарылатын ФЭП-тердің шамамен 85%-ын құрайды. Сонымен қатар, күн сәулесін түрлендіру үшін басқа жартылай өткізгіш элементтер де бар. Мысалы, кадмий теллурид (CdTe) немесе мыс-индий (галлий)-селенид (Cu(InGa)Se_2) негізіндегі күн модульдері. Мұндай жартылай өткізгіштердің артықшылығы – күн сәулесінің үлкен бөлігін сіңіру мүмкіндігі, бұл ФЭП-тің шығу қуатына тікелей әсер етеді. Дегенмен, бұл элементтер экологиялық тұрғыдан зиянды (кадмий), сирек кездесетін (индий) және өндіріс процестері техникалық жағынан күрделі болғандықтан кеңінен қолданыс таппай отыр. Кремнийге негізделген түрлендіргіштердің екі негізгі түрі бар: монокристалды (c-Si) және поликристалды (mc-Si) (1.5-сурет). Бұл түрлендіргіштердің айырмашылығы – кристал өсіру әдісінде. Монокристалды элементтер – бұл жоғары сапалы жалғыз кремний кристалы, ал поликристалды элементтер – әртүрлі ұсақ кристалдардың жиынтығы, олардың арасында дән шекаралары болады. Мұндай кристалдық құрылым ақаулары тиімділіктің төмендеуіне әкеледі. Бұл панельдердің қызмет ету мерзімі 25 жыл және одан да көп, әрі оларды шатырға да, жерге де орнатуға болады.

Сондай-ақ нарықта жұқа қабатты күн панельдері бар. Олар дәстүрлі кристалды кремний панельдерінен айырмашылығы – жартылай өткізгіш материалдардың жұқа қабаттарын пайдаланады. Бұл батареялар жартылай өткізгіш материалдардың, мысалы, аморфты кремний (a-Si), кадмий-теллурид (CdTe) немесе кальций-кадмий-теллурид (CIGS) жұқа қабаттарын шыны, металл немесе пластик субстратқа жағу арқылы өндіріледі. Бұл панельдердің артықшылығы – жеңіл салмағы, иілгіштігі және жоғары жұмыс

температурасында тұрақтылығы. Алайда, жұқа қабатты панельдердің кемшіліктері де бар: жоғары құны және энергия өндіру көлемі бірдей болуы үшін көп материал қажет. Сондықтан мұндай панельдер кәдімгі кремний панельдерін қолдану мүмкін болмаған жағдайда ғана пайдаланылады. Мысалы, портативті құрылғыларда, авиацияда және ғарыш саласында [12].



1.5 – сурет – Монокристалды және поликристалды күн панельдері

Жылулық түрлендіргіштер – сондай-ақ күн жылу коллекторлары ретінде белгілі, күн энергиясын сұйықтықты немесе материалды жылыту үшін пайдаланатын құрылғылар. Бұл жылытылған сұйықтық немесе материал кейін әртүрлі мақсаттарда: үй-жайларды жылытуда, суды қыздыруда және өнеркәсіптік электр энергиясын өндіруде қолданылуы мүмкін. Тұрғын және коммерциялық ғимараттар үшін күн жылу түрлендіргіштерінің бірнеше түрі бар: параболалық науалар, параболалық табақтар, Френель линзалары бар коллекторлар және вакуумдық түтіккі коллекторлар (1.6-сурет). Коллектор түрін таңдау температуралық талаптарға, қолжетімді орынға және жиналған жылу энергиясының қолдану мақсатына байланысты. Жеке секторда жылулық түрлендіргіштер тек суды жылыту және үйді жылы ұстау мақсатында қолданылады, ал электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылмайды. Осыған байланысты, күн коллекторлары жеке тұрғын үйлер иелері арасында кеңінен таралмады [12].



1.6 – сурет – Жылулық түрлендіргіштер

Аралас түрлендіргіштер, яғни когенерациялық түрлендіргіштер – бұл бір энергия көзінен электр энергиясын және пайдалы жылуды (мысалы, жылу немесе бу) бір уақытта өндіретін жоғары тиімді энергетикалық технология. Мысалы, Стирлинг қозғалтқышын қолданатын когенерация – бұл энергия өндірудің тиімді және экологиялық таза тәсілі, ол жылу және электр энергиясын бір мезгілде өндірудің артықшылықтарын біріктіреді. Бұл жүйеде Стирлинг қозғалтқышы бастапқы қозғалтқыш ретінде пайдаланылады және бір энергия көзінен электр энергиясы мен пайдалы жылу энергиясын (жылу немесе бу) қатар өндіруге мүмкіндік береді. Мұндай концентратордың тиімділігі концентратор профилінің жасалу сапасына тікелей байланысты. Төмен қуатты тұтынушылар үшін күн сәулесін шоғырландыратын концентраторды Стирлинг қозғалтқышының қызатын цилиндрінің үстіне тікелей орналастыру орынды (1.7-сурет). Мұндай компоновка параболоидты типтегі арнайы жобаланған профильге ие концентраторға Стирлинг қозғалтқышының қызатын цилиндрінің бүкіл бетіне біркелкі жарық түсіруді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл цилиндрдің біркелкі қызуына және қозғалтқыштың тиімді жұмысына септігін тигізеді [12].



1.7 – сурет – Стирлинг қозғалтқышы бар параболоид концентратор

Стирлинг қозғалтқышына негізделген күн концентраторларының тиімділігіне қарамастан, олар жеке сектор тұтынушылары арасында бірнеше себепке байланысты кең қолданыс таппады:

- күрделі құрылым: Стирлинг қозғалтқышына негізделген жүйелердің механикалық құрылымы фотоэлектрлік күн панельдеріне қарағанда әлдеқайда күрделі. Бұл олардың өндірісін, орнатылуын және техникалық қызмет көрсетуін қымбат етеді.

- түрлендіру тиімділігінің төмендігі: Жылуды электр энергиясына айналдыру тиімділігі жоғары болғанымен, Стирлинг қозғалтқышы шағын

масштабта фотоэлектрлік панельдерге қарағанда әдетте азырақ тиімділік көрсетеді.

- өлшемі мен салмағы: Стирлинг қозғалтқышына негізделген жүйелердің өлшемі мен салмағы фотоэлектрлік панельдерге қарағанда үлкен болуы мүмкін, бұл оларды жекеменшік үйлердің шағын шатырларына орнатуға кедергі келтіреді және бөлек жер телімін қажет етеді.

- басқару күрделілігі: Стирлинг қозғалтқышы бар жүйелердің тиімді жұмыс істеуі үшін температураны реттейтін күрделі басқару жүйесі қажет, бұл қосымша жабдықтар мен техникалық қызмет көрсетуге шығындарды арттыруы мүмкін.

Стирлинг қозғалтқышына негізделген күн концентраторлары кейбір мамандандырылған қолданбаларда, әсіресе жылуды электр энергиясына жоғары тиімділікпен түрлендіру қажет болғанда немесе күн радиациясының қарқындылығы өзгеріп тұратын жағдайларда тартымды болуы мүмкін. Алайда, жекеменшік үйлердің көпшілігі үшін фотоэлектрлік күн панельдері күн энергиясын өндірудің анағұрлым практикалық әрі қолжетімді шешімі болып қала береді [13].

2 Күн электр станциясын жобалау

2.1 Жобалау нысанының сипаттамасы

Осы дипломдық жұмыста Алматы облысы, Жамбыл ауданы, Ұзынағаш ауылында орналасқан құс фабрикасының әкімшілік-тұрмыстық корпусын электрмен жабдықтау жобасы қарастырылады.

«Руби Роз Агрикол» ЖШС 1998 жылы бұрынғы «Степная» құс фабрикасының негізінде құрылған. Шетелдік компания тарапынан 10 миллион АҚШ долларынан астам инвестиция салу нәтижесінде кәсіпорын өңірдегі құс өнімдерін өндіретін ірі өндіріс орындарының біріне айналды. Қазіргі таңда мұнда шамамен 100 адам жұмыспен қамтылған.

Жамбыл ауданының климаттық жағдайы күрт континенталды болып сипатталады: қысы суық, жазы ыстық әрі құрғақ. Қаңтар айының орташа температурасы шамамен -12°C , ал шілде айында $+35^{\circ}\text{C}$ -қа дейін жетеді. Жылдық жауын-шашын мөлшері ауданның жазық бөлігінде 200–300 мм аралығында өзгереді.

Жобаланатын әкімшілік-тұрмыстық корпус екі қабатты, қос еңісті шатырлы ғимарат ретінде қарастырылған және ол құс фабрикасы қызметкерлерінің әкімшілік және тұрмыстық қажеттіліктеріне қызмет етеді. Ғимараттың екінші қабатында қызметкерлер үшін 10 кеңсе бөлмесі қарастырылған. Бірінші қабатта персоналға арналған бөлмелер, ас бөлмесі мен асхана, 28 м^2 аумақты құрайтын қойма бөлмесі және дәл сондай көлемдегі қазандық бөлмесі орналасқан.



1.1 – сурет - Әкімшілік-тұрмыстық корпус

Ауданның климаттық ерекшеліктерін және орнықты даму қағидаттарын ескере отырып, жобада жаңартылатын энергия көздерін – күн панельдерін қолдану көзделген. Бұл ғимараттың энергия тиімділігін арттырып, дәстүрлі энергия көздеріне тәуелділікті азайтуға мүмкіндік береді.

1.2 Жергілікті аймақтың күн потенциалын анықтау

Алматы облысының Жамбыл ауданы (2.2–сурет) күн энергиясы бойынша жоғары әлеуетке ие аймақтардың бірі болып саналады, бұл оны күн энергетикасын дамыту үшін тартымды өңірге айналдырады. Климаттық зерттеулердің мәліметтеріне сәйкес, Жамбыл ауданындағы күн радиациясының жылдық орташа мәні шамамен $1500\text{--}1600 \text{ кВт}\cdot\text{сағ}/\text{м}^2$ құрайды. Бұл көрсеткіш көптеген Еуропа елдеріне қарағанда әлдеқайда жоғары, онда бұл мән орташа есеппен $1000\text{--}1200 \text{ кВт}\cdot\text{сағ}/\text{м}^2$ аралығында өзгереді.

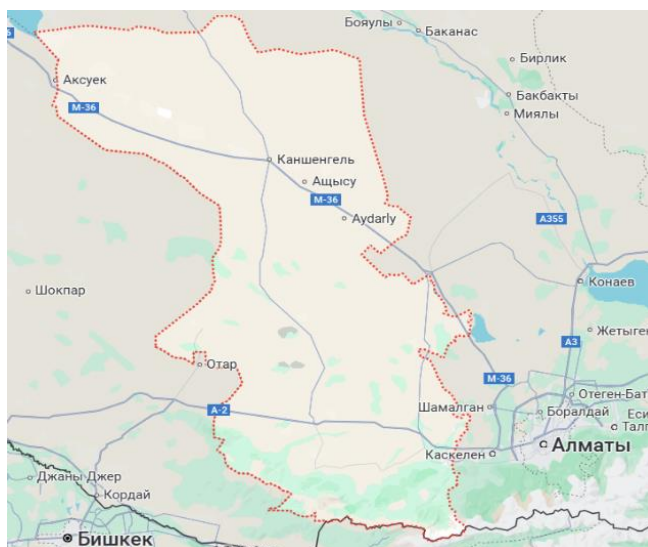
Сонымен қатар, аудандағы жылдық күн сәулесінің орташа ұзақтығы 2700 сағатқа дейін жетеді, бұл күн панельдерін жыл бойы тұрақты әрі тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Жамбыл ауданының метеорологиялық деректері Meteonorm дерекқорынан жергілікті географиялық координаттарын ($43^{\circ}13'24''$ солтүстік ендік және $76^{\circ}18'47''$ шығыс бойлық) енгізу арқылы алынды (кесте – 2.1).

Жамбыл ауданында күн сәулесінің орташа жылдық ұзақтығы шамамен 2700 сағатты құрайды, бұл Қазақстан бойынша жоғары көрсеткіштердің бірі. Жылдық жауын-шашын мөлшері $200\text{--}300$ мм шамасында, бұл бұлтты күндердің аз болатынын және күн сәулесінің ашық болуының үлесі жоғары екенін білдіреді. Орташа температуралық көрсеткіштер: қаңтарда: -12°C шамасында, шілдеде: $+25\text{--}30^{\circ}\text{C}$ аралығында.

Мұндай температуралық диапазон фотоэлектрлік модульдердің тиімді жұмыс істеуіне мүмкіндік береді, әсіресе жақсы желдетілетін орнату жағдайларында [14].

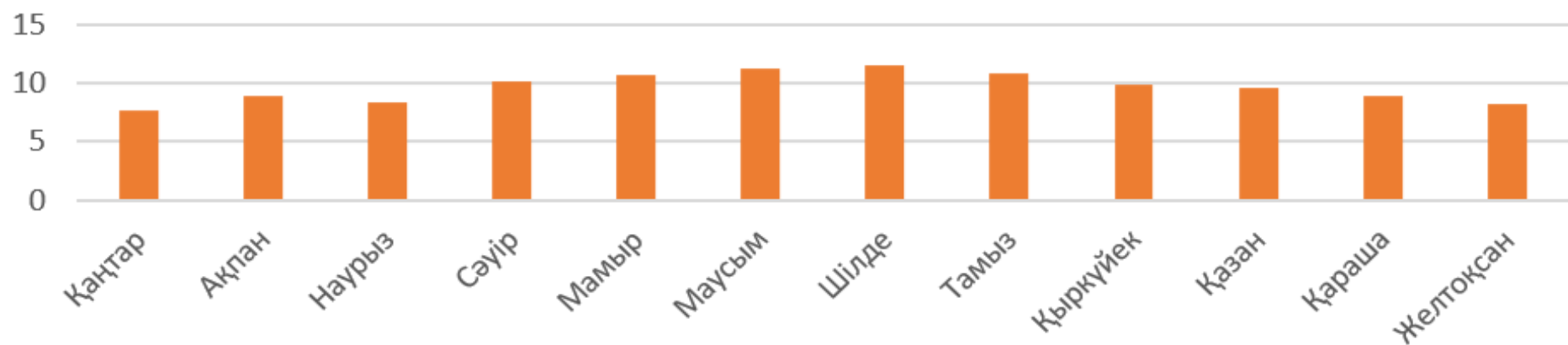
Аймақтың ашық күндердің көптігі, жоғары инсоляция деңгейі және құрғақ климат күн энергетикасының дамуына өте қолайлы жағдай жасайды. Бұл күн қондырғыларының жылдық электр энергиясын өндіру көлемін тұрақты деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік береді.



2.2 – сурет – Жамбыл облысының орналасқан аймағы

2.1 Кесте – 2024 жыл бойынша күн радиациясының горизонтқа перпендикуляр бетке түсетін жылдық көрсеткіші

Айлар	Қаңтар	Ақпан	Наурыз	Сәуір	Мамыр	Маусым	Шілде	Тамыз	Қыркүйек	Қазан	Қараша	Желтоқсан
Күндер	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Орташа тәуліктік радиация, кВт·сағ/м ²	7,64	8,86	8,35	10,17	10,73	11,30	11,55	10,84	9,94	9,59	8,96	8,18
Орташа айлық радиация, кВт·сағ/м ²	236,89	248,10	259,00	305,21	332,62	339,02	357,91	335,89	298,18	297,32	268,92	253,69
	Жылына барлығы										3533 кВтсағ/м2	



2.3 – сурет – Аймақтың орташа тәуліктік радиация, кВт·сағ/м2

2.3 Нысанның электр жүктемесін анықтау

Электрлік жүктеме – бұл энергия көзі тұтынушыға беретін қуат мөлшері. Электр жүктеменің шамасы мен сипаты электр энергиясын тұтынатын құрылғының (қабылдағыштың) түріне байланысты болады. Жүктеме қуат бірліктерімен өлшенетіндіктен, ол белсенді қуат (P , кВт), реактивті қуат (Q , кВАр) және толық қуат (S , кВА) түрінде сипатталады.

Осы дипломдық жұмыста энергия көзі ретінде күн панелі мен жел электр қондырғысы қарастырылады. Ал электр энергиясының тұтынушылары ретінде жылу сорғысы мен тұрмыстық электр құрылғылары алынады. Электр энергиясы генератордан тұтынушыға дейін жеткізілгенге дейін бірқатар электр желісі элементтері арқылы өтеді. Бұл жұмыста мұндай элементтерге сымдар, қуатты кабельдер, зарядтау контроллері, аккумулятор батареялары мен инвертор жатады.

Тарату желісінде ток жүретін бөліктер (кабельдер, сымдар, трансформатор мен электрқозғалтқыштардың орамалары) қызуы мүмкін. Бұл элементтердің шамадан тыс қызуы изоляцияның мерзімінен бұрын тозуына және апаттық жағдайларға алып келуі ықтимал. Сондықтан ток жүретін бөліктердің температурасы рұқсат етілген шектен аспауы тиіс.

Кабельдер мен өткізгіштердің көлденең қималарын рұқсат етілген (есептік) жүктеме тогы бойынша таңдау қажет. Ал бұл токты анықтау үшін жүктеменің есептік қуатын алдын ала анықтау қажет.

Электр қабылдағыштарымен тұтынылатын толық қуат келесі өрнек бойынша есептеледі:

$$S_p = P_n \cdot K_n / \cos\varphi \quad (2.1)$$

мұндағы P_n – электр қабылдағышының номинал қуаты, кВт;

K_n – пайдалану коэффициенті;

$\cos\varphi$ – қуат коэффициенті.

Біртүрлі электр қабылдағыштардың жиынтық толық қуаты келесі формуламен анықталады:

$$\sum S_p = S_p \cdot n \quad (2.2)$$

Электр қабылдағыштарымен тұтынылатын энергия келесі өрнек бойынша есептеледі:

$$W_i = \sum P_p \cdot t_{\text{раб}} \quad (2.3)$$

мұндағы P_p - электр қабылдағыштың есептік қуаты, кВт;

$t_{\text{раб}}$ - электр қабылдағыштың жұмыс уақыты, сағат.

Есептеулер үшін бастапқы параметр – бұл электр қабылдағыштардың номинал қуаты P_n , ал негізгі есептік коэффициенттер – пайдалану коэффициенті K_n және қуат коэффициенті $\cos\varphi$ болып табылады.

Жүктеменің белсенді қуатының пайдалану коэффициенті – бұл нақты тұтынылатын қуаттың номинал қуатқа қатынасы:

$$K_n = P_p / P_n \quad (2.4)$$

Бір электр қабылдағыштың немесе электр қабылдағыштар тобының қуат коэффициенті келесі түрде анықталады:

$$\cos\varphi = P_p / S_p \quad (2.5)$$

Әрбір электр қабылдағыштар тобының есептік белсенді қуаты P_p , кВт мына формуламен есептеледі:

$$P_p = P_n \cdot K_n \quad (2.6)$$

Әрбір электр қабылдағыштар тобының есептік белсенді қуаты S_p , кВт мына формуламен есептеледі:

$$S_p = P_p / \cos\varphi \quad (2.7)$$

Электрлік жүктеме графигі – бұл белгілі бір уақыт аралығында тұтынылатын қуаттың графикалық түрде бейнеленуі. Жүктеме графигінің тәуліктік және жылдық түрлері болады. Тәуліктік график тәулік бойы тұтынылатын электр қуатының уақытқа тәуелділігін көрсетеді. Бұл жағдайда тік осьте жүктеме (қуат), ал көлденең осьте тәуліктің сағаттары белгіленеді. Жылдық график тұтынылатын қуаттың жыл бойғы уақытқа байланысты өзгерісін сипаттайды.

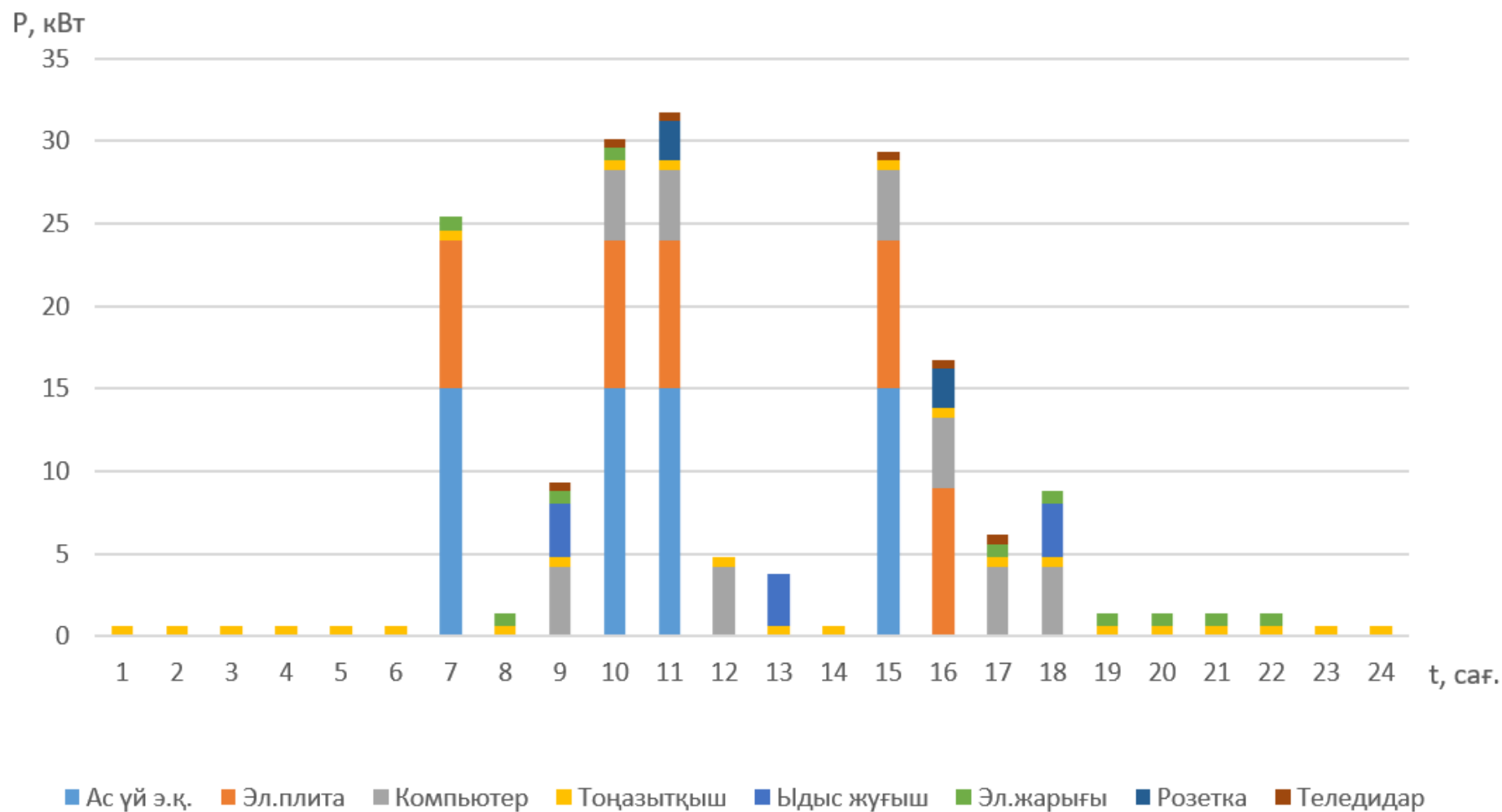
Өздерінің құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты әртүрлі өндіріс орындары мен тұтынушылардың электрлік жүктеме графиктері бір-бірінен едәуір өзгеше болуы мүмкін.

2.2 Кесте - Әкімшілік-тұрмыстық корпусының электрлік жүктемесі

Эл.қондырғылар	сана , дана	P _н , кВт		K _и	P _р , кВт	cosφ	S _р , кВА	Бір тәулікте жұмыс сағаты t, сағ.		Бір тәулікте пайд. энергия W, кВт·сағ.	
		жеке	толық					Қыс	Жаз	Қыс	Жаз
Электр жарығы	50	0.02	1	0.80	0.80	1.00	0.80	10.00	5.00	8	4
Теледидарлар	5	0.15	0.75	0.70	0.53	0.90	0.58	6.00	6.00	3.18	3.18
Жеке компьютерлер	20	0.30	6.00	0.70	4.20	0.90	4.67	8.00	8.00	33.6	33.6
Салқындатқыш	10	3.50	35.00	0.80	28.00	0.80	35.00	0.00	5.00	0	140
Электр плиталар	3	3.00	9.00	1.00	9.00	1.00	9.00	5.00	5.00	45	45
Ыдыс жуғыш машиналар	2	2.00	4.00	0.80	3.20	0.90	3.56	3.00	3.00	9.6	9.6
Ас үй электр құралдары	3	5.00	15.00	1.00	15.00	0.80	18.75	4.00	4.00	60	60
Тоңазытқыштар	2	0.30	0.60	1.00	0.60	0.70	0.86	24.00	24.00	14.4	14.4
Розетка желісі	30	0.10	3.00	0.80	2.40	0.80	3.00	2.00	2.00	4.8	4.8
	74.35		63.73		76.22			178.58	314.58		

2.3 Кесте – Қысқы күнделікті жүктеме кестесі

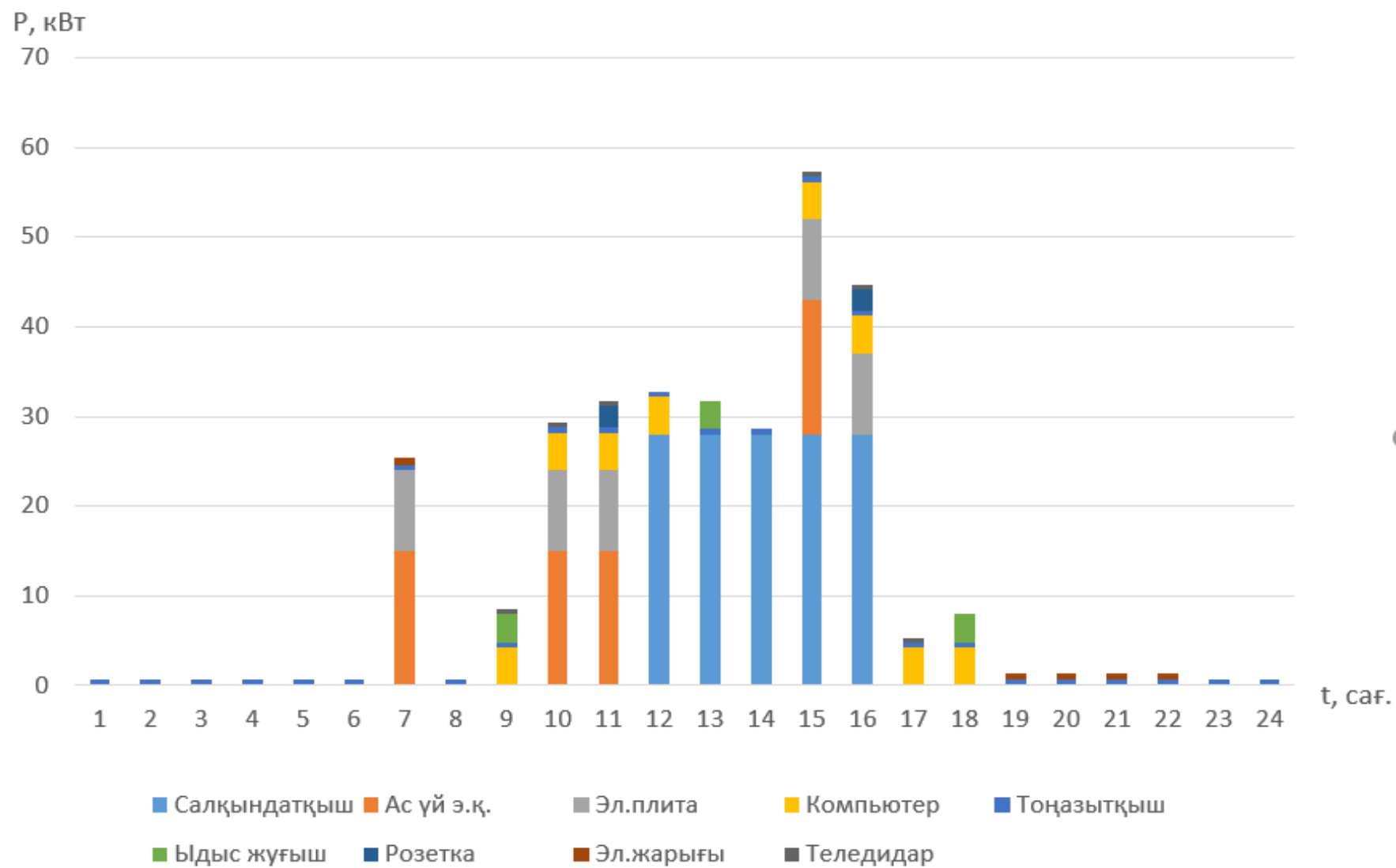
t, сағ	7	5	3	8	6	1	9	2	4
1				0,6					-
2				0,6					-
3				0,6					-
4				0,6					-
5				0,6					-
6				0,6					-
7	15,0	9,0		0,6		0,8			-
8				0,6		0,8			-
9			4,2	0,6	3,2	0,8		0,53	-
10	15,0	9,0	4,2	0,6		0,8		0,53	-
11	15,0	9,0	4,2	0,6			2,4	0,53	-
12			4,2	0,6					-
13				0,6	3,2				-
14				0,6					-
15	15,0	9,0	4,2	0,6				0,53	-
16		9,0	4,2	0,6			2,4	0,53	-
17			4,2	0,6		0,8		0,53	-
18			4,2	0,6	3,2	0,8			-
19				0,6		0,8			-
20				0,6		0,8			-
21				0,6		0,8			-
22				0,6		0,8			-
23				0,6					-
24				0,6					-



2.4 – сурет – Қыс айының тәуліктік электр жүктемесі

2.4 Кесте – Жазғы күнделікті жүктеме кестесі

t, сағ	4	7	5	3	8	6	9	1	2
1					0,6				
2					0,6				
3					0,6				
4					0,6				
5					0,6				
6					0,6				
7		15,0	9,0		0,6			0,8	
8					0,6				
9				4,2	0,6	3,2			0,53
10		15,0	9,0	4,2	0,6				0,53
11		15,0	9,0	4,2	0,6		2,4		0,53
12	28,0			4,2	0,6				
13	28,0				0,6	3,2			
14	28,0				0,6				
15	28,0	15,0	9,0	4,2	0,6				0,53
16	28,0		9,0	4,2	0,6		2,4		0,53
17				4,2	0,6				0,53
18				4,2	0,6	3,2			
19					0,6			0,8	
20					0,6			0,8	
21					0,6			0,8	
22					0,6			0,8	
23					0,6				
24					0,6				



2.5– сурет – Жаз айының тәуліктік электр жүктемесі

2.4 Күн электр станциясының өнімділігін есептеу

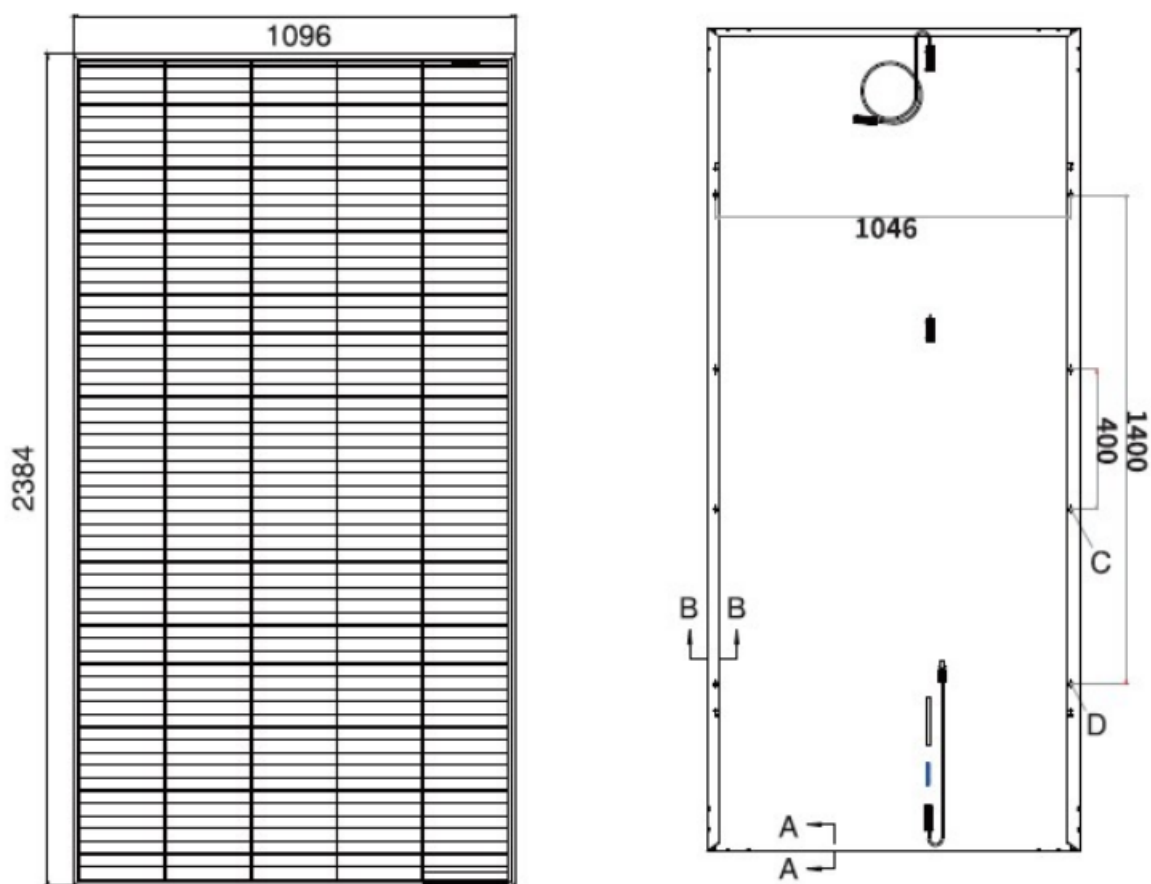
Нысанды электрмен қамтамасыз ету үшін KZ PV 500 M72 үлгісіндегі фотоэлектрлік панельдер таңдалды. Аталған фотоэлектрлік түрлендіргіштер – «Astana Solar» ЖШС-нің отандық өнімдері болып табылады. Бұл модульдерді өндіруде жоғары сапалы қазақстандық кремний қолданылады. Панельдер экологиялық тұрғыдан қауіпсіз және өндіруші зауыттың деректері бойынша, 20%-дан жоғары пайдалы әрекет коэффициентіне ие. Фотоэлектрлік модульдердің пайдалану кепілдігі – 25 жыл. Осы көрсеткіштер аталмыш панельдерді таңдау кезінде негізгі шешуші факторлар болды.

KZ PV 500 M72 панелінің бір данасының құны 80 000 теңгені құрайды.

Кесте 2.5 – KZ PV 500 M72 фотоэлектрлік панельдерінің техникалық сипаттамалары

Параметр	Мәні
Фотоэлектрлік ұяшық түрі	Поликристалдық 6" (156 x 156 мм)
Модуль конфигурациясы	6 баған x 12 қатар
Өлшемдері	2384 мм x 1096 мм x 35 мм
Салмағы	28 кг
Шыны	Төмен темірлі шыңдалған шыны
Жиектің материалы	Анодталған алюминий қорытпасы
Беткі жүктеменің ең жоғарғы мәні	5400 Па (IEC 61215 стандартына сәйкес)
Жұмыс температурасы	-40°C–тан +85°C-қа дейін
Салыстырмалы ылғалдылық	0–ден 100%-ға дейін
Жұмыс кернеуі (V_{mp})	42 В
Оптималды жұмыс тогы (I_{mp})	12.2 А
Ашық тізбектегі кернеу (V_{oc})	50 В
Қысқа тұйықталу тогы (I_{sc})	12.8 А
Ең жоғарғы жұмыс кернеуі	1500 В
ПӘК	20%

Болашақтағы модульдер өндіретін қуатты есептеу үшін, ең алдымен олардың өлшемдері мен техникалық сипаттамаларын білу қажет. 2.6-суретте таңдалған фотоэлектрлік модульдердің сыртқы көрінісі және негізгі өлшемдері көрсетілген.



2.6 – сурет – Күн панелінің өлшемдері

Нысанды электрмен қамтамасыз ету үшін қажетті фотоэлектрлік модульдердің санын анықтаймыз. Есептеу қыс мезгіліндегі тәуліктік шарттар үшін жүргізіледі.

Белгілі болғандай, жазғы күннің орташа тәулігінде күн радиациясының жиынтық ағыны шамамен $9,94 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2$ құрайды. 2.5-кесте деректері бойынша, таңдалған фотоэлектрлік модульдің пайдалы әрекет коэффициенті (ПӘК) 20% деңгейінде. Осыған сүйене отырып, күн панельдері арқылы өндірілетін электр энергиясының мөлшерін анықтаймыз. Энергияны есептеу формуласы:

$$E_{\text{фэп}} = R_h \cdot \eta \quad (2.8)$$

мұндағы R_h - күн радиациясының жиынтық ағынының қуаты,
 η - фотоэлектрлік модульдің пайдалы әрекет коэффициенті.

$$E_{\text{фэп}} = 9,94 \cdot 0,20 = 2 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{м}^2$$

Тәуліктік жүктеме графиктеріне сәйкес, қысқы және жазғы кезеңдердегі электр энергиясына тәуліктік қажеттілік тиісінше $178,58 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$ және $314,58$

кВт·сағ құрайды.

Есептеулерді жазғы тәуліктік жағдайлар үшін жүргіземіз, себебі жазғы мезгілінде электр энергиясына сұраныс сәйкес кезеңдегі өндіріс мөлшерінен асып түседі.

Тәуліктік энергия қажеттілігін толық өтеу үшін қажетті фотоэлектрлік түрлендіргіштердің жиынтық ауданын анықтаймыз:

$$S = W/E_{\text{фэп}} \quad (2.9)$$

$$S = 314,58/2 = 160 \text{ м}^2$$

Сонда қажетті фотоэлектрлік түрлендіргіштердің санын келесідей есептейміз:

$$N = S/S_{\text{фэп}} \quad (2.10)$$

мұндағы $S_{\text{фэп}}$ – фотоэлектрлік модульдің ауданы.

$$N = 160/2,384 \cdot 1,096 = 62 \text{ дана}$$

Осылайша, тәуліктік энергия қажеттілігін өтеу үшін бізге 62 фотоэлектрлік модуль қажет болады. Енді қысқы және жазғы кезеңдер үшін фотоэлектрлік модульдер арқылы тәулігіне өндірілетін электр энергиясының мөлшерін есептейміз.

Фотоэлектрлік модульдермен өндірілетін электр энергиясының қуаты келесі формуламен анықталады:

$$W_{\text{фэп}} = R_h \cdot S_{\text{фэп}} \cdot \eta \cdot N, \quad (2.11)$$

мұндағы R_h – күн радиациясының ағыны (Вт·сағ/м²);

$S_{\text{фэп}}$ – бір фотоэлектрлік модульдің ауданы (м²);

η – пайдалы әрекет коэффициенті;

N – фотоэлектрлік модульдердің саны.

2.6 -кесте – Фотоэлектрлік модульдердің қуатын есептеу нәтижелері

Время, ч	Поток радиации, Rh, Вт/м ²		Мощность ФЭП, W _{ФЭП} , кВт·ч	
	Зима	Лето	Зима	Лето
0-1	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0

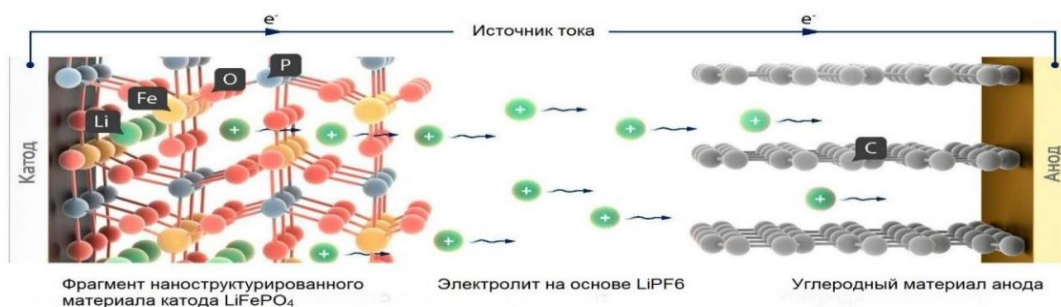
3-4	0	0	0	0
4-5	0	138,50	0	4,47
5-6	0	227,20	0	7,32
6-7	100,42	445,66	3,24	14,37
7-8	205,80	646,89	6,63	20,86
8-9	323,98	646,89	10,45	20,86
9-10	624,32	823,04	20,13	26,53
10-11	806,54	967,63	26,00	31,20
11-12	1095,04	1018,51	35,30	32,84
12-13	1042,54	1084,21	33,61	34,95
13-14	1006,72	1105,81	32,46	35,65
14-15	953,84	1082,55	30,75	34,90
15-16	789,70	962,90	25,46	31,04
16-17	562,40	817,12	18,13	26,34
17-18	128,70	717,56	4,15	23,13
18-19	0	630,32	0	20,32
19-20	0	218,60	0	7,05
20-21	0	16,61	0	0,54
21-22	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0
Итого	7640	11550	246,32	372,37

2.5 Аккумулятор таңдау

Энергияны аккумуляциялаудың заманауи шешімі ретінде LiFePO₄ (литий-темір-фосфатты) аккумуляторлары қарастырылады. Бұл аккумуляторлар тез танымалдылыққа ие болуда, себебі олар бұрын кеңінен қолданылған қорғасын-қышқылды, никель-металлгидридті (Ni-MH) және никель-кадмийлі (Ni-Cd) аккумуляторлардан асып түсетін сипаттамаларға ие. LiFePO₄ – бұл баршаға таныс Li-Ion аккумуляторының бір түрі, ол көптеген заманауи портативті құрылғыларда қолданылады, бірақ ол заряд-разряд циклдерін көбірек көтере алады және уақыт өте келе өнімділігі төмендеуге азырақ ұшырайды.

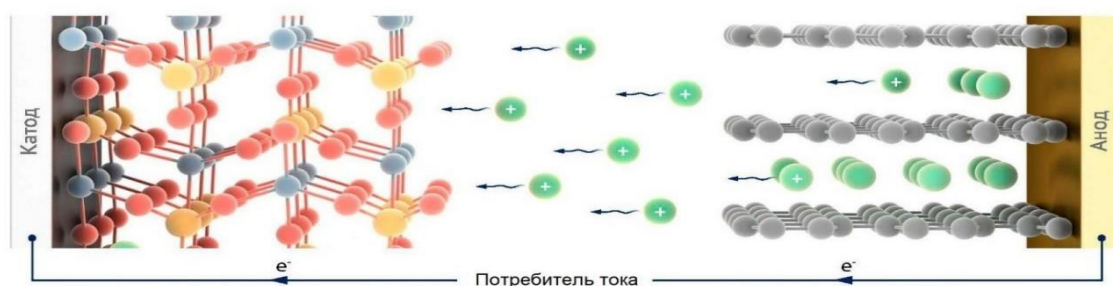
Бұл аккумуляторларды өндіруде нанокұрылымды катодтық материал–литий-темір-фосфат (LiFePO₄) қолданылады. Аталған материалды пайдалану

аккумулятордың жоғары энергия тығыздығын, энергия үнемділігін, кең жұмыс температурасы диапазонын, ұзақ қызмет ету мерзімін, экологиялық қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.



2.7 – сурет – LiFePO_4 аккумуляторын зарядтау

Аккумуляторды зарядтау процесінде литий катиондары, яғни барлық металдармен салыстырғанда ең теріс электродтық потенциалға ие ($-3,045 \text{ В}$, стандартты сутегі электродына қатысты) және иондық радиусы ең кіші иондар, анод материалына қарай қозғалып, оған тиімді әрі қайтымды түрде интеркалияланады (енеді). Бұл үдеріс кезінде литий иондары электролит арқылы анодқа жылжып, оның құрылымына енеді, ал разряд кезінде олар қайтадан анодтан бөлініп, катодқа оралады. Осындай қайтымды миграция аккумулятордың көп реттік заряд-разряд циклдерін орындауына мүмкіндік береді.



2.8 – сурет – LiFePO_4 аккумуляторын разрядтау

Катод материалының қолданылатын нанокұрылымы аккумулятордың разрядталу процесінде литий иондарына диэлектр-сепаратордың кристалдық торына дейін 50 нм тереңдікке тиімді әрі қайтымды түрде интеркалиялануға (енуге) мүмкіндік береді. Мұндай катод құрылымы аккумулятордың жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді және 3000 -нан астам заряд-разряд циклдарын (80% тереңдікке дейін разрядтау кезінде) орындауға қабілетті.

Бұл аккумуляторлар барлық түрдегі электр көліктеріне және өндірістік үзіліссіз қуат көздеріне орнатуға арналған. LiFePO_4 аккумуляторларының заряд-разряд циклдары, қорғасын-қышқылды GEL технологиясындағы аккумуляторлармен салыстырғанда, $3\text{--}6$ есе жоғары. Егер аккумулятордың 80%

сыйымдылығы пайдаланылса, онда циклдар саны 3000 және одан да көп болуы мүмкін. Толық (100%) сыйымдылықты пайдалану кезінде бұл көрсеткіш 1500–2000 циклды құрайды. Ал егер заряд-разряд тереңдігі 20–25% аралығында шектелсе, онда циклдар саны 5000–7000-ға дейін жетеді.

Фотоэлектрлік модульдер негізгі қуат көзі ретінде қолданылған жағдайда, аккумулятор батареялары резервтік энергия көзі ретінде жұмыс істейді. Резервтік жұмыс уақыты – бұл күн панельдерінен алынатын энергия жеткіліксіз болатын сағаттармен шектелген уақыт аралығы.

2.7- кесте – Резервтік қуаттың есебі (қыс мезгілі)

Уақыт	Тұтынылатын қуат, кВт·сағ.	КЭС өндіретін қуат, кВт·сағ.	Жетпейтін қуат, кВт·сағ.	Артық қуат, кВт·сағ.
1	0.6	0	0.6	0
2	0.6	0	0.6	0
3	0.6	0	0.6	0
4	0.6	0	0.6	0
5	0.6	0	0.6	0
6	0.6	0	0.6	0
7	25.4	3.24	22.2	0
8	1.4	6.63	0	5.2
9	9.3	10.45	0	1.1
10	30.1	20.13	10.0	0
11	31.7	26	5.7	0
12	4.8	35.3	0	30.5
13	3.8	33.61	0	29.8
14	0.6	32.46	0	31.9
15	29.3	30.75	0	1.4
16	16.7	25.46	0	8.7
17	6.1	18.13	0	12.0
18	8.8	4.15	4.7	0
19	1.4	0	1.4	0
20	1.4	0	1.4	0
21	1.4	0	1.4	0
22	1.4	0	1.4	0
23	0.6	0	0.6	0
24	0.6	0	0.6	0
Барлығы	178,6	246,31	52,9	120,7

2.8 -кесте – Резервтік қуаттың есебі (жаз мезгілі)

Уақыт	Тұтынылатын қуат, кВт·сағ.	КЭС өндіретін қуат, кВт·сағ.	Жетпейтін қуат, кВт·сағ.	Артық қуат, кВт·сағ.
1	0.6	0	0.6	0
2	0.6	0	0.6	0
3	0.6	0	0.6	0
4	0.6	0	0.6	0
5	0.6	4.47	0	3.87
6	0.6	7.32	0	6.72
7	25.4	14.37	11.03	0
8	0.6	20.86	0	20.26
9	8.53	20.86	0	12.33
10	29.33	26.53	2.8	0
11	31.73	31.2	0.53	0
12	32.8	32.84	0	0.04
13	31.8	34.95	0	3.15
14	28.6	35.65	0	7.05
15	57.33	34.9	22.43	0
16	44.73	31.04	13.69	0
17	5.33	26.34	0	21.01
18	8	23.13	0	15.13
19	1.4	20.32	0	18.92
20	1.4	7.05	0	5.65
21	1.4	0.54	0.86	0
22	1.4	0	1.4	0
23	0.6	0	0.6	0
24	0.6	0	0.6	0
Барлығы	314,6	372,4	56,34	114,13

Осылайша, аккумуляторлық батареялар артық өндірілген энергия кезеңінде жалпы тұтынылатын энергияны – яғни 120 кВт·сағ көлемінде – жинақтауы тиіс. Енді осы жүктемені қамтамасыз ету үшін қажетті аккумулятор батареяларының санын есептейік. LiFePO_4 аккумуляторлары толық сыйымдылықты пайдалануға мүмкіндік беретіндіктен, разрядтың тереңдігін 100% деп қабылдаймыз.

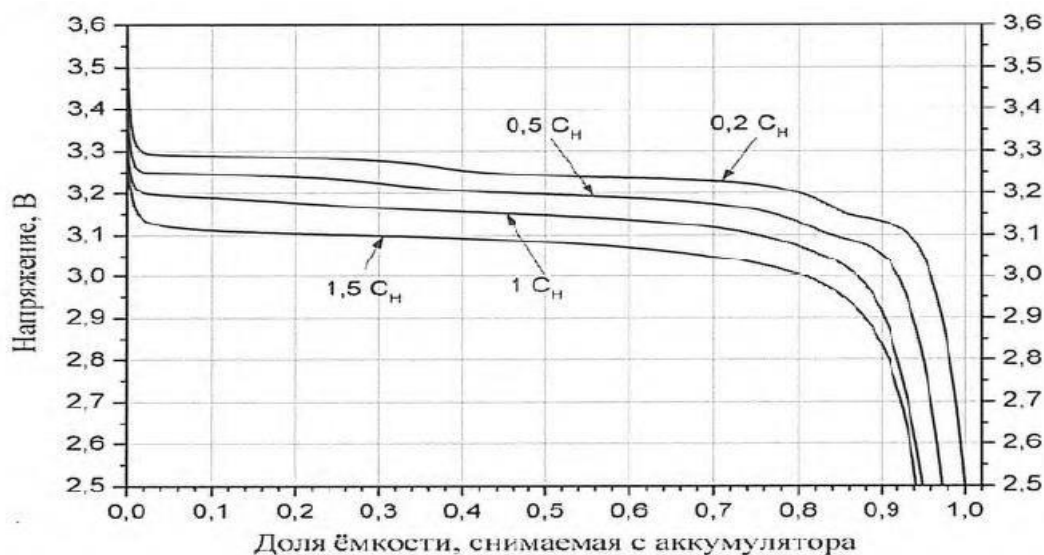
Сондықтан орнатуға Қазақстандағы ресейлік «Лиотех» ЖШС (ООО «Лиотех») компаниясының LT-LFP 770P маркалы LiFePO_4 аккумуляторлары таңдалды. Бұл аккумулятордың бағасы – 200 000 теңге.



2.9 – сурет – LiFePO_4 аккумуляторы

2.9 – кесте – LiFePO_4 аккумуляторының техникалық көрсеткіштері

Параметрлер	Мәні
Түрі	LiFePO_4
Номинал кернеуі	3,2 В
Сыйымдылығы	1000 А·ч
Үздіксіз разряд	385 А
Заряд тоғы	385 А
Рұқсат етілген ең жоғары разряд тоғы	2310
Рұқсат етілген ең жоғары заряд тоғы	2310
Зарядтау кезіндегі ең жоғарғы кернеу	3,9 В
Аккумулятордағы ең төменгі кернеу	2,5 В
Ресурсы, 80% тереңдікке дейін заряд/разряд циклдарының саны	3000 цикл
+25°C температурада сақтаған кездегі толық зарядталған аккумулятордың өзін-өзі разряды	<3% айына



2.10 – сурет – LiFePO₄ аккумуляторының разрядтау қисығы

Артық энергияны резервте сақтау үшін қажетті аккумуляторлар санын есептейміз. Толық энергия қоры $W_{\text{полн}} = 120 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$ болған жағдайда, аккумуляторлардың қажетті жалпы сыйымдылығы ампер-сағатпен ($A \cdot \text{сағ}$) анықталады:

$$C_{\text{необ}} = \frac{W_{\text{полн}}}{U_{\text{АКБ}}} \quad (2.12)$$

мұндағы $W_{\text{полн}}$ - аккумуляторлардан қажет болатын энергия мөлшері;
 $U_{\text{АКБ}}$ – аккумуляторлардың кернеуі.

$$C_{\text{необ}} = \frac{120000}{3,2} = 37500$$

Қажетті аккумулятор батареялардың саны:

$$N_{\text{АКБ}} = \frac{C_{\text{необ}}}{C_{\text{АКБ}}} \quad (2.13)$$

мұндағы $C_{\text{АКБ}}$ – аккумуляторлардың сыйымдылығы.

$$N_{\text{АКБ}} = \frac{37500}{1000} = 38 \text{ дана}$$

2.6 Инвертор таңдау

Инвертор – бұл аккумулятор батареяларындағы тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіретін, сондай-ақ кернеу шамасын өзгертуге қабілетті құрылғы. Инвертордың қуатын дұрыс таңдау үшін ең алдымен тұрақты ток көзінен қажет болатын энергия мөлшерін анықтау қажет. Электр энергиясын тұтыну тәуліктің шарықтау сәттерінде 75 кВт-қа дейін жетуі мүмкін. Осы тұтынуды өтеу үшін SOFAR 75000TL маркалы үш фазалы инверторды орнатуға қабылдаймын. SOFAR 75000TL желілік күн инверторы – екі MPPT-бақылауышы бар заманауи және жоғары тиімділікке ие үш фазалы фотоэлектрлік инвертор.



2.11 – сурет – SOFAR 75000TL желілік күн инверторы

2.10 – кесте – SOFAR 75000TL инверторының техникалық көрсеткіштері

Параметрлері	Мәні
Құрылғының түрі	Трансформаторсыз
Қуаты	75 кВт
Кіріс (тұрақты кернеу)	
DC максималды кернеуі	82 000 Вт
Максималды кіріс кернеуі	1000 В тұрақты ток
Минималды (бастапқы) кернеуі	350 В тұрақты ток
Тұрақты тоқтың номиналды кернеуі	600 В тұрақты ток
MPPT кернеу диапазоны	250 В ~ 960 В
Толық жүктемеде MPPT кернеу диапазоны	480 В ~ 800 В
MPPT контроллер саны	2
DC кіріс саны (әр MPPT үшін)	4
Максималды ток (әр MPPT үшін)	32 А
Шығыс (айнымалы кернеу)	
Номинал қуат AC	30 кВт
Максималды қуат AC	30 кВт
Номинал кернеу	3/N/PE,220/380 or 3/N/PE,240/415 or 3/N/PE,230/400
Шығыс кернеу диапазоны	310В-480В
AC максималды ток	43 А
Номинал жиілік	50Гц / 60Гц
Қуат коэффициенті (cosφ)	1
Фазалар саны	3
Максималды тиімділік	98,5%
Қорғау және байланыс	
Қорғау функциялары	Anti Island Protection(ENS), кернеудің артуы, тоқтың өсуі, температураның жоғарлауы, ағын ток (УЗО), кері полярлық, жерге қосу ақауларын бақылау
Өзіндік тұтыну	< 1 Вт
Шу деңгейі	< 30 дБ
Интерфейсі	RS 485, WLAN
DC қосқыш	Иә
DC кері полярлығынан қорғаныс	Иә
IP қорғау дәрежесі	IP65 (Су өткізбейтін, сыртқы жағдайда қолдануға жарамды)

3 Экономикалық талдау

3.1 Бастапқы инвестициялар

Экономикалық талдау күн энергиясына негізделген жүйенің бастапқы инвестициялық шығындарын, орнату шығындарын және негізгі құрылғылардың құнын есептеуді қамтиды. Жүйенің негізгі компоненттеріне күн панельдері, инверторлар және байланыс кабельдері мен сымдары жатады. Бұл компоненттер бойынша есептеулер келесі формуламен жүргізілді:

$$C_i = cost_i \cdot n_i \quad (3.1)$$

мұндағы $cost_i$ – бір дана құрылғының құны;
 n_i – құрылғының жалпы саны.

Күн панельдерінің құны. Бұл жоба аясында пайдаланылатын панельдер 500 Вт, 60 ұяшық. Жалпы саны – 62 дана. Нарықтағы бағасы шамамен 80 000 теңге/дана. Сонда күн панельдеріне кететін шығын:

$$C_{\text{панель}} = 80\,000 \text{ теңге/дана} \cdot 62 \text{ дана} = 4\,960\,000 \text{ теңге}$$

Инвертор құны. Таңдалған инвертор – SOFAR 75000TL, қуаты 75 кВт. Жобаға 1 дана қажет, бағасы – 1 500 000 теңге.

$$C_{\text{инвертор}} = 1\,500\,000 \text{ теңге/дана} \cdot 1 \text{ дана} = 1\,500\,000 \text{ теңге}$$

АКБ құны. Таңдалған АКБ – LiFePO₄, қуаты 3,2В, 1000 Ач, бағасы – шамамен 200 000 теңге. Қажетті саны – 38 дана.

$$C_{\text{контроллер}} = 400\,000 \text{ теңге/дана} \cdot 1 \text{ дана} = 7\,600\,000 \text{ теңге}$$

Кабельдер мен сымдардың құны. Кабельдер мен сымдарға шамамен – 500 000 теңге бөлінеді.

$$C_{\text{кабель}} = 500\,000 \text{ теңге}$$

Монтаждау және қосымша шығындар. Жабдықты орнату мен іске қосу шығындары жалпы жабдық құнының 1% ретінде есептеледі:

$$C_{\text{монтаж}} = 0,01 \cdot (4\,960\,000 + 1\,500\,000 + 7\,600\,000 + 500\,000) = 145\,600 \text{ теңге}$$

Жалпы бастапқы инвестициялық шығындар. Барлық шығындарды қосқандағы жүйенің жалпы бастапқы инвестициясы:

$$C_{\text{жалпы}} = 4\,960\,000 + 1\,500\,000 + 7\,600\,000 + 500\,000 + 145\,600 = 14\,705\,600 \text{ теңге}$$

3.2 Энергияны үнемдеу және өтеу мерзімі

Фотоэлектрлік жүйелерді енгізудің негізгі экономикалық артықшылықтарының бірі – электр энергиясы үшін төленетін шығындарды едәуір қысқарту және ұзақ мерзімді перспективада инвестициялардың өтелуін қамтамасыз ету. Сондықтан, жүйенің тиімділігін бағалаудың маңызды көрсеткіштерінің бірі – оның өтеу мерзімі болып табылады.

Жүйенің өз-өзін ақтау мерзімін анықтау үшін алдымен КЭС жүйесін орнатпай тұрып, жеке тұрғын үйдің энергиямен жабдықталуына байланысты жылдық шығын мөлшерін есептеу қажет. Бұл шығын электр энергиясының тарифіне және тұрғын үйде жыл бойы тұтынылатын энергия көлеміне тәуелді.

Орташа есеппен Қазақстанда электр энергиясының құны 1 кВт·сағ үшін 26 теңге деп алынды. Осыны негізге ала отырып, тұрғын үйдің жылдық энергия шығынын келесі формуламен есептеуге болады:

$$D_{\text{электр}} = e \cdot E_{\text{электр.жыл}} \quad (3.2)$$

мұндағы e – 1 кВт·сағ үшін жүйедегі электр энергиясының құны;
 $E_{\text{электр.жыл}}$ – жылына қолданылатын электр энергиясы.

$$D_{\text{электр}} = 26 \text{ теңге/кВтсағ} \cdot 90000 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} \approx 2\,340\,000 \text{ теңге}$$

Бұл көрсеткіш күн электр станциясын орнату арқылы жыл сайын үнемделетін қаржының шамасын сипаттайды. Яғни, үй иесі КЭС орнатылған жағдайда жыл сайын 137 500 теңге үнемдей алады.

КЭС жүйесінің өтеу мерзімін есептеу үшін жалпы инвестициялық шығындарды (CAPEX), станцияның жылдық энергия өндірісі мен электр энергиясының тарифіне бөлуді қажет етеді. Бұл есептеу келесі формула арқылы жүргізіледі:

$$\tau = \frac{C_{\text{жалпы}}}{E \cdot T} \quad (3.3)$$

мұндағы τ – өтелу мерзімі, жыл;

$C_{\text{жалпы}}$ – жүйені орнатуға кеткен барлық капиталдық шығындар, теңге;

E – жүйе жылына өндіретін электр энергиясы, кВт·сағ/жыл;

T – 1 кВт·сағ электр энергиясының тарифі, теңге.

Жүйенің жалпы инвестициялық шығындары 14 705 600 теңгені құрап отыр. Жүйе жылына 90 000 кВт·сағ электр энергиясын өндіреді, ал 1 кВт·сағ құны – 26 теңге:

$$\tau = 14\,705\,600 \text{ теңге} / 2\,340\,000 = 6,3 \text{ жыл}$$

Осылайша, бұл КЭС жүйесінің өз-өзін ақтау мерзімі шамамен 6 жыл 3 айды құрайды. Бұл көрсеткіш фотоэлектрлік жүйе үшін қабылдауға болатын деңгейде, өйткені күн панельдерінің орташа қызмет ету мерзімі 25–30 жыл аралығында. Яғни, инвестиция толығымен өтеліп қана қоймай, жүйе кейінгі жылдары таза пайда әкеледі.

Сондай-ақ, болашақта электр энергиясының тарифі өсетінін ескерсек, өтелу мерзімі қысқара түсуі мүмкін. Алынған мәліметтер КЭС орнатудың тек экологиялық емес, сонымен қатар экономикалық жағынан да тиімді екенін дәлелдейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жұмыста Алматы облысы, Жамбыл ауданы, Ұзынағаш ауылында орналасқан құс фабрикасының әкімшілік-тұрмыстық корпусын электр энергиясымен жабдықтау мәселесі қарастырылды. Зерттеу нысаны орталықтандырылған электр желілерінен шамамен 8 км қашықтықта орналасқандықтан, дәстүрлі желілік қоректендіру әдістері экономикалық және техникалық жағынан тиімсіз болып табылады.

Энергиямен жабдықтау мәселесін шешу мақсатында жаңартылатын энергия көздерін, атап айтқанда, шатырға орнатылатын күн фотоэлектрлік модульдерін пайдалану ұсынылды. Зерттеу барысында нақты климаттық жағдайлар мен тұтыну сипаттамаларына негізделі отырып, электр энергиясының маусымдық қажеттілігі есептелді.

Тәуліктік және маусымдық ауытқуларды ескере отырып, жүйенің үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін заманауи литий-темір-фосфатты аккумуляторлар қолдануға шешім қабылданды. Сонымен қатар, күн электр станциясының тиімді жұмысын қамтамасыз ететін инвертор, зарядтау контроллері және монтаж жабдықтары сияқты қосалқы құрылғылар таңдалды.

Экономикалық бөлімде КЭС-ке қажетті капиталдық шығындар мен жобаның өзін-өзі өтеу мерзімі есептелді. Есептеулер нәтижесінде күн электр станциясын орнату экономикалық жағынан негізделген шешім болып табылатыны анықталды. Ұсынылған жүйе объектіні автономды түрде сенімді және экологиялық таза энергиямен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеудің нәтижелері ауылдық өндірістік нысандарды энергиямен қамтамасыз етудің баламалы жолдарын қарастыруда практикалық маңызға ие және Қазақстан Республикасында шағын ауқымды жаңартылатын энергетика нысандарын дамытудың тиімді бағыты ретінде қарастырылуы мүмкін.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Framework Convention on Climate Change, UN FCCC
- 2 United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), Sustainable Development Goal 7: Ensure Access to Affordable, Reliable, Sustainable and Modern Energy for All, UN DESA, New York, NY (2017)
- 3 IEA, 2019. Southeast Asia Energy Outlook. World Energy Outlook 2019. October 2019. License CC BY 4.0. Источник <https://www.vivintsolar.com/learning-center/history-of-solar-energy>
- 4 Renewables 2023. Global Status Report. Global Overview. <https://www.ken21.tet/>. 2023 Collection
- 5 Стратегия «Казахстан-2050». <https://www.akorda.kz/>. Декабрь 2012 года.
- 6 О Концепции по переходу Республики Казахстан к “зеленой экономике”. Астана, Акорда, 30 мая 2013 года, № 577
- 7 «Казахстанская правда» от 16 июля 2009 г. № 171 (25915) <https://online.zakon.kz/>
- 8 Renewable Energy Market in Kazakhstan: Potential, Challenges, and Prospects. First edition. May 2021
- 9 Investor’s Guide To Renewable Energy Projects In Kazakhstan. Usaid Power The Future Regional Program. Nur-Sultan 2020 June
- 10 Об утверждении Правил организации и проведения аукционных торгов, включающие квалификационные требования, предъявляемые к участникам аукциона, содержание и порядок подачи заявки, виды финансового обеспечения заявки на участие в аукционе и условия их внесения и возврата, порядок подведения итогов и определения победителей. <https://adilet.zan.kz/>. 17 января 2018 года № 16240
- 11 Kazakhstan boosts its renewable energy investment system. <https://www.undp.org/>. March 26, 2022.
- 12 Краткие сведения о солнечных панелях. <https://energotrade.su/.03.04.2021>.
- 13 Синицын С.А. Энтропийная погрешность при моделировании конструктивных форм теплофотозлектрических солнечных модулей // Научный электронный журнал Меридиан, 2020, № 3 (37), с. 438-440.
- 14 Майоров В.А., Панченко В.А. Солнечная установка с параболоторическим концентратором и двигателем Стирлинга // Техника в сельском хозяйстве, 2013, № 1, с. 14-16.
- 15 ҚазҰТЗУ СТ-09-2023. Оқу жұмыстары. Мәтіндік және графикалық материалдардың құрылымына, әзірленуіне, рәсімделуі мен мазмұнына қойылатын жалпы талаптар.