

КАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТІРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау
институты

«Энергетика» кафедрасы

Жолдасбек Самат Ержанулы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Көлденең айналу осімен жел турбинасын жетілдіру

5B071800 – «Электр энергетикасы»

Алматы 2021

КАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНЕСТІРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау
институты

«Энергетика» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Кафедра меңгерушісі

PhD, ассоц-профессор

 Сарсенбаев Е.А.

«10» маусым 2021 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Көлденең айналу осімен жел турбинасын жетілдіру»

5B071800 – «Электр энергетикасы»

Орындаған:



Жолдасбек С.Е.

Ғылыми жетекші

Техника ғылымдарының магистрі,

лектор



К.Б. Шакенов

«09» маусым 2021 ж.

Алматы 2021

КАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНЕСТІРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау
институты

«Энергетика» кафедрасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD, ассоц-профессор

 СарсенбаевЕ.А.

«10» маусым 2021 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Жолдасбек Самат Ержанұлы*

Тақырыбы *«Көлденең айналу осімен жел турбинасын жетілдіру»*

Университет ректорының 2020 ж. «24» қараша №. 2131-
б.бұйрығыменбекітілген.

Аяқталғанжұмыстытапсырумерзімі «12» маусым 2021 ж

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Қазақстандағы жел энергетикасының қазіргі жағдайы және зерттеу міндеттері*
- б) Жел генераторының конструкциясын талдау*
- в) Арқалық ЖЭС-ы*

Сызбалық материалдар тізімі: *Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау*


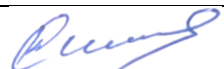


Ұсынылатын негізгі әдебиет: *8 атау*

Дипломдық жұмысты дайындау

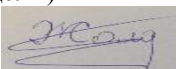
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Қазақстандағы жел энергетикасының қазіргі жағдайы және зерттеу міндеттері	11.05.2021ж.	жоқ
Жел генераторының конструкцисын талдау	09.06.2021ж.	жоқ
Арқалық ЖЭС-ы	09.06.2021ж.	жоқ

Аяқталған жұмысқа қойылған
кеңесшілер мен норма бақылаушының
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер	Қол қойылған күні	Қолы
Қазақстандағы жел энергетикасының қазіргі жағдайы және зерттеу міндеттері	К.Б. Шакенов., Техника ғылымдарының магистрі, лектор	09.06.2021ж.	
Жел генераторының конструкцисын талдау	К.Б. Шакенов., Техника ғылымдарының магистрі, лектор	09.06.2021ж.	
Арқалық ЖЭС-ы	К.Б. Шакенов., Техника ғылымдарының магистрі, лектор	09.06.2021ж.	
Норма бақылаушы	Бердибеков А.О., сениор-лектор		

Ғылыми жетекшісі _____  /К.Б. Шакенов/
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған студент _____  /С.Е. Жолдасбек/
(қолы)

Күні «03» ақпан 2021 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада - көлденең айналу осімен жел турбинасын жетілдіру тақырыбы қарастырылған.

Жаңартылған энергия көздеріне тән ерекшеліктер - бұл ресурстарды шектеулерсіз пайдалануға мүмкіндік беретін, олардың жаңаруының циклдігі болып табылады. Оның ішінде жел энергетикасының алатын орны үлкен. Жел энергетикасын қолдану перспективалары тиісті жел энергетикасы ресурстарының болуымен анықталады. Бұл жобада – Қазақстандағы ЖЭС –тегі жел турбинасының жетілдіру мақсатында көлденең айналу осімен жел турбинасының жұмыс істеу мақсаты мен ерекшеліктері қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассмотрена тема - усовершенствование ветротурбины с горизонтальной осью вращения.

Характерными особенностями возобновляемых источников энергии являются цикличность их обновления, позволяющая использовать ресурсы без ограничений. В том числе большое место занимает ветроэнергетика. Перспективы применения ветроэнергетики определяются наличием соответствующих ветроэнергетических ресурсов. В данном проекте – с целью усовершенствования ветряной турбины на ВЭС в Казахстане были рассмотрены цель и особенности работы ветряной турбины с горизонтальной осью вращения.

ANNOTATION

In this thesis project, the topic is considered - the improvement of a wind turbine with a horizontal axis of rotation.

The characteristic features of renewable energy sources are the cyclical nature of their renewal, which allows the use of resources without restrictions. In particular, wind energy occupies a large place. The prospects for the use of wind energy are determined by the availability of appropriate wind energy resources. In this project, in order to improve the wind turbine at the TPP in Kazakhstan, the purpose and features of the operation of a wind turbine with a horizontal axis of rotation were considered.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Қазақстандағы жел энергетикасының қазіргі жағдайы және зерттеу міндеттері	10
1.1 Қазақстан Республикасында желэнергетика саласы	10
1.2 Қазақстан Республикасында жел энергетикасын ілгерілету және дамыту перспективалары	11
2 Жел генераторының конструкцисын талдау	14
2.1 Жел генераторларының құрылымдық ерекшеліктері және қолданылуы	14
2.2 Жел генератор түрлері	16
2.3 Көлденең айналатын білігі бар жел турбиналары	18
2.4 Жел энергиялық құрылғысы жүйесінің сипаттамалары	22
2.5 Жел турбиналарының пайдалану ерекшеліктері мен айырмашылықтары	25
3 Арқалық ЖЭС-ы және оны жетілдіру	26
3.1 Eurowind 20 жел қондырғысын пайдалануға берудің негіздемесі және технологиялық есебі	29
Қорытынды	33
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	34

КІРІСПЕ

Жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК) - бұл планетадағы тұрақты қолданыстағы табиғи процестердің энергия ресурстары, сондай-ақ өнімдердің энергия ресурстары (өсімдік және жануар тектес биоорталықтардың тіршілік әрекеті). ЖЭК-не тән ерекшеліктер - бұл ресурстарды шектеулерсіз пайдалануға мүмкіндік беретін, олардың жаңаруының циклдігі болып табылады. Әдетте, жаңартылатын энергия көздеріне күн сәулесінің энергиясын, су ағындарын, жел, биомассаны, жер қыртысы мен мұхиттың жоғарғы қабатының жылу энергиясын жатқызады. ЖЭК-нің түрлері жіктелуі:

- механикалық энергия (жел энергиясы және су ағынының);
- жылу мен сәулелі энергия (күн сәулесінің энергиясы және Жер қыртысының жылуы);
- химиялық энергия (биомассадан бөлінетін энергия).

Жаңартылған энергия көздеріне қызығушылық қазбалы отынды тұтынудың артуымен байланысты. Қазіргі уақытта органикалық отын қоры таусылып жатыр және оны үнемі өсіп келе жатқан көлемде пайдалану қоршаған ортаның ластануына әкеледі. Көмірқышқыл газының шығарылуы жаһандық жылынуға әкеледі. Болашақта органикалық отынды тұтынуды азайту және оны басқа энергия көздерімен алмастыру сөзсіз. Жаңартылатын энергияны пайдалану ең тартымды, өйткені ол біздің планетамыз алатын энергияның табиғи тепе-теңдігін бұзбайды.

Қазіргі уақытта жаңа баламалы энергия көздерін іздеу және белсенді пайдалану әлемнің көптеген дамыған елдеріндегі өмірлік маңызды, стратегиялық қажетті, экономикалық перспективасы жоғары мәселелердің бірі болып табылады. Баламалы энергетика үлесі (күн, жел, құйма), әлемдік энергия тұтынуда жыл сайын өсетін болады. бұл көрсеткіш 2030 жылға қарай 30% – ды, 2050 жылға қарай-50% - ды құрайды.

Жел энергиясы адамзатқа кем дегенде 2000 жыл белгілі; соңғы 15-20 жылда оны электр энергиясын өндіру үшін пайдалану қарқынды дамыды. Қазіргі уақытта әлемде жалпы қуаты 16 млн.кВт-тан асатын 20000-нан астам жел электр агрегаттары орнатылған. Қазіргі заманғы жел энергетикасы қондырғылары киловатт бірліктерінен бірнеше мегаваттқа дейін қуаттылыққа ие және жоғары сенімділік дәрежесімен жел энергиясын тиімді түрлендіруге мүмкіндік береді. Жел электр станцияларын аккумуляторларды зарядтаудан бастап, әртүрлі нысандарды электрмен жабдықтаудан бастап, орталықтандырылған электрмен жабдықтау желісіне электр энергиясын жеткізуге дейін әртүрлі мақсаттарда пайдалануға болады.

Ұзақ уақыт бойы жел энергиясы экологиялық таза таусылмайтын энергия көзі ретінде қарастырылады. Жел энергиясы айтарлықтай пайда әкелмес бұрын көптеген мәселелерді шешу керек, олардың негізгілері: жел электр станцияларының қымбаттығы, олардың көптеген жылдар бойы автоматты түрде жұмыс істеу және үздіксіз электрмен қамтамасыз ету мүмкіндігі.

Сондықтан, бүгінгі таңда жел энергетикасының алдында тұрған ең маңызды міндет электр жабдықтарының нақты құнын төмендету болып табылады. Шығындарды төмендетудің бір жолы-электр жабдықтарының үнемді құрылымдарын қолдану.

Соңғы уақытта жел энергетикасы саланың басқа бағыттары арасында өз позициясын едәуір күшейтті. Өндірілген энергияның жалпы көлеміндегі оның үлесі үнемі өсіп келеді, электр энергиясын өндіру үшін негізгі қондырғылар ретінде жел энергиясын пайдаланатын көптеген елдер бар.

Қазіргі жел энергетикалық станциялары әлі гидроэлектростанцияларымен бәсекелесе алмайды, бірақ жел энергиясын белсенді дамытатын көптеген елдер үшін бұл энергия әдісі жалғыз. Сондықтан бұл бағыттың болашағы өте үлкен. Сонымен қатар, тіпті тізімін Ресей, АҚШ басқаратын энергия үнемдейтін елдерде де жел энергиясына деген қызығушылық жыл сайын артып келеді.

1 Қазақстандағы жел энергетикасының қазіргі жағдайы және зерттеу міндеттері

1.1 Қазақстан Республикасында жел энергетика саласы

Жел энергетикасын қолдану перспективалары тиісті жел энергетикасы ресурстарының болуымен анықталады. Қазақстан жел ресурстарының өте бай саласына ие. 50% - дан астам ел аумағында жылына желдің орташа жылдамдығы 4-5 м/с, ал бірқатар облыстарда желдің жылдамдығы 6 м/с және одан да көп, бұл жел энергетикасын қолдану үшін өте жақсы перспективаларды болжайды. Сарапшылардың бағалауы бойынша біздің еліміз әлемнің көптеген басқа елдерінің арасында желден алынатын энергияны дамыту үшін критерилер бойынша неғұрлым сәйкес келетіндердің бірі болып табылады. Елде желдің жылдамдығы жоғары орындар орталықта және оңтүстікте, сондай-ақ Каспий теңізінің жанында, мемлекеттің солтүстігінде, оңтүстік-шығысында орналасқан. Жел электр станциясы қуатының әрбір шаршы километрге 10 МВт деңгейінде тығыздығын және үлкен бос кеңістіктердің болуын ескере отырып, республикада қуаты бірнеше мың МВт жел электр станциясын салу мүмкіндігін болжауға жол беріледі[2]. Теориялық деректер бойынша Қазақстанда желдің әлеуеті жыл сайын 1820 млрд.кВт.сағ құрайды. Жел ағыны әлеуетінің перспективасы салаларын дұрыс бағалау үшін метеомачтаны қолдана отырып, кемінде бір жыл бұрын зерттелген метео деректері қажет, олардың биіктігі 30-80 м құрайды. Алынған нәтижелер ЖЭС техникалық және экономикалық құрылысына дайындық үшін растау ретінде пайдаланылады. Еліміздің оңтүстік-шығыс облысындағы аудандар үшін - Жоңғар қақпасы мен Шелек өткелі, желдің метео деректерін егжей-тегжейлі зерделеу және жел резервіне тиісті бағалау БҰҰДБ тарапынан 1998-2000 жылдары жүргізілді. Зерттей келгенде, талданған деректер бізге Жоңғар қақпасында жел ағынының ең үлкен әлеуеті бар екенін түсінуге мүмкіндік берді. Осы учаскеде, 50 метр биіктікте желдің орташа ағындылығы жылына 9,7 м/с құрайды, осылайша ағынның тығыздығы бір шаршы метрге 1050 Вт береді. Бұл шамамен 4400 кВт.сағ өндіруге мүмкіндік береді және бұл аймақты елдегі жел энергетикасының барлық дамуы үшін ерекше етеді. Көптеген бос орындардың болуы мұнда жылына шамамен 1 млрд. кВт.сағ өндіретін бірнеше қуатты ЖЭС салудың орындылығын береді.[4].

Қазіргі уақытта бұл жерде қуаты 5 МВт жел электр станциясын пайдалануға беру көзделіп отыр. Егер осы ЖЭС өз мақсатын орындаса және жоспар бойынша 12 жылда желден 18 млн.кВт сағ энергия енгізсе, онда бұл жағдайда бұл тәжірибе табысты жүргізілетін болады және осы станцияның қуаты 50 Мвт дейін көтере алады [2]. Жоңғар қақпаларымен салыстырғанда, екі тау жотасының арасында орналасқан Шелек өткелі сол биіктікте желдің орташа жылдамдығын 7,8 м/с және жылына жел ағынының тығыздығының шаршы метріне шамамен 510 Вт береді. Бұл деректерді жел ресурсының жақсы көрсеткіштеріне жатқызуға болады, бұл бізге белгіленген қуаттағы станцияда 3200 кВт сағ электр энергиясын өндіруге мүмкіндік береді.

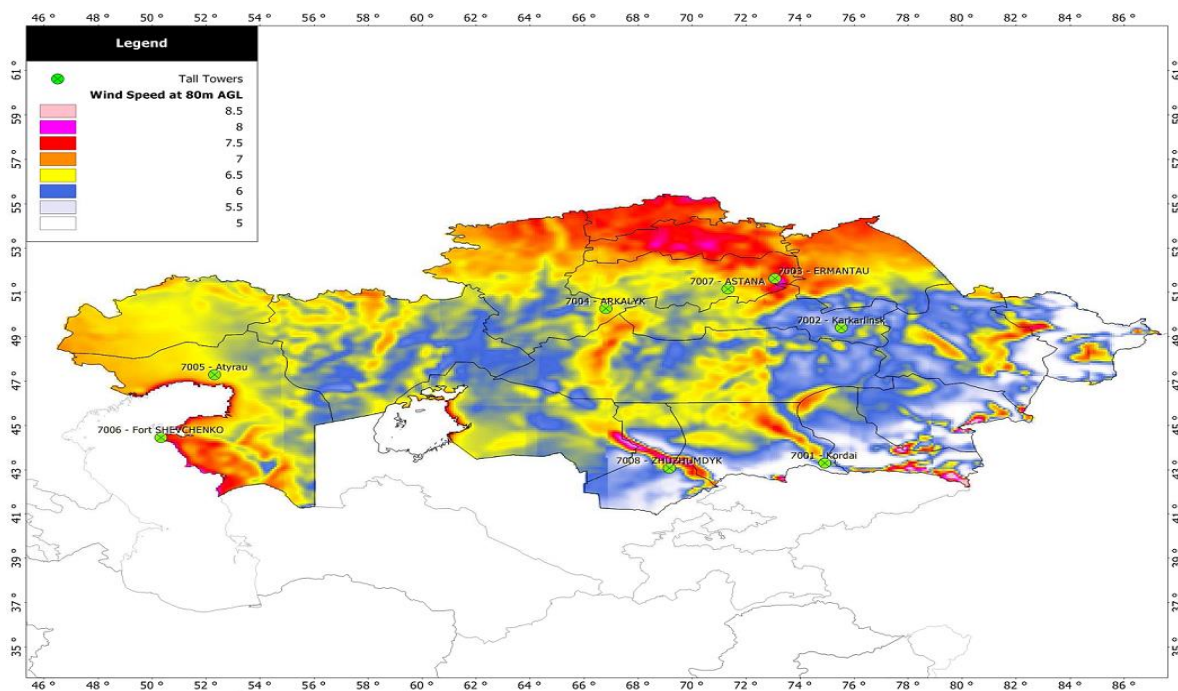
Мұндай аймақтардың елде болуы Еуропаның жел аймақтарымен салыстырылады. Жоғарыда айтылғандай, Жоңғар қақпасы ЖЭС қолдана отырып, жылына шамамен 1 млрд.кВт сағ электр энергиясын өндіру әлеуетіне ие. Мамандардың айтуынша, Шелек өткелі жел энергиясын тең мөлшерде өндіре алады. Бұл екі аудан орналасқан жері бойынша электр энергиясының үлкен тапшылығы бар жерлерде орналасқан, бұл құрылысқа айтарлықтай тартымдылық береді.

1.2 Қазақстан Республикасында жел энергетикасын ілгерілету және дамыту перспективалары

“Global wind atlas” - тан алынған деректер бойынша Қазақстанның жел атласы 1-суретте көрсетілген.

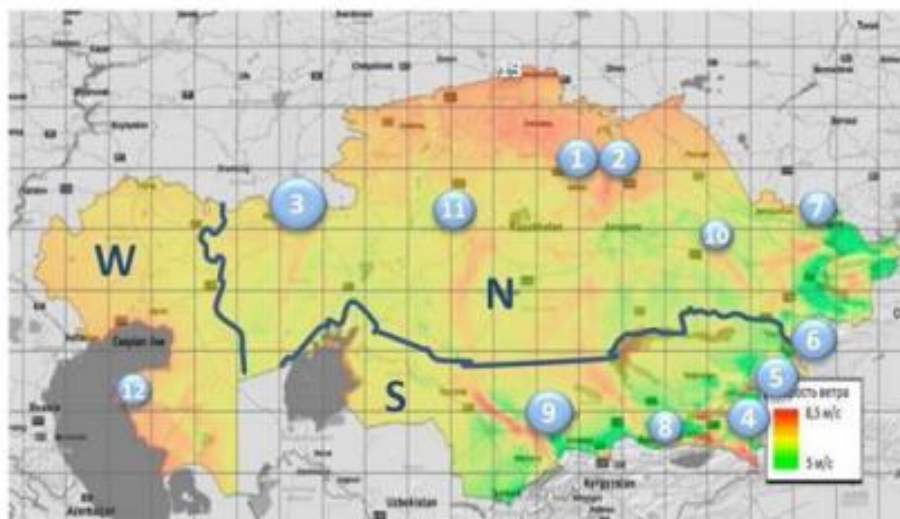
Халықаралық неміс мамандары қазақстандық ғалымдармен бірлесе отырып, елдің жел құрылымын зерттеп, метео деректерін талдап, ЖЭС салу үшін келесі факторларды ескере отырып, белгілі бір перспективалы орындар берді:

1. электр энергиясын тарату үшін қажетті электр беру желілері мен қосалқы станциялар және олардың болуы;
2. жер бедері мен теңіз деңгейінен биіктігі;
3. көлік коммуникацияларының қолжетімділігі;
4. тұтынушыларға энергияның қолжетімділігі;
5. жел электр станциясын салу мүмкіндігі;
6. электр станцияларын салу бойынша алдын ала жұмыстардың болуы.



1 – сурет - Қазақстанның жел әлеуеті атласы

Жел парктерінің құрылысын көрсету үшін Қазақстанның әртүрлі аймақтарындағы жел әлеуетін зерттеу үшін он үш орын таңдалды. Мұндай зерттеулер болашақта да жалғасады деп күтілуде. Осы зерттеулердің нәтижелері бойынша 2-суретте көрсетілгендей, жел энергетикалық жобаларды әзірлеушілерге қажетті ақпаратты қамтитын Қазақстанның жел энергетикалық картасы әзірленді. Жел атласы Қазақстандағы жел энергетикасының дамуына ықпал ететін ең маңызды құрал болып табылады. Бүгінде жел энергиясы ең таза және болашағы зор жаңартылатын энергия көздерінің бірі болып табылады. Ол көптеген адамдарға, соның ішінде инвесторлар мен кәсіпкерлерге тиімді мүмкіндіктер ұсынады. Жел энергетикасының негізгі мақсаты-жел электр станциялары үшін электр энергиясының шығынын азайту және оларды дәстүрлі энергия көздерімен салыстырғанда бәсекеге қабілетті ету [5]



2 – сурет - ЖЭС құрылысының перспективалы алаңдары

Қазақстанның жел энергетикасы өзінің серпінді дамуын жалғастыруда. Біздің еліміз әлемдік трендке сүйене отырып, ЖЭК электр станцияларының санын арттыру бойынша жоспарлы жұмыс жүргізуде. ҚР Энергетика министрлігінің мәліметінше, елімізде жел қондырғыларын пайдалану 2010 жылы басталды. Қуаты 0,05 МВт бірінші жел электр станциясы Астана өңірінде салынды. Одан әрі - көп. Биылғы жылы жиынтық қуаты 230 МВт - тан сәл аз болатын 15 ЖЭС объектілері бар, жыл соңына дейін Маңғыстау және Ақмола облыстарында 57 МВт - қа арналған тағы үш объектіні пайдалануға беру жоспарлануда. Осылайша, ағымдағы жылдың соңына қарай жалпы қуаты 968 МВт болатын ЖЭК 83 станциясының, 285 МВт-қа жуық 18 станциясының желге келетін болады, ал бұл барлық ЖЭК энергия өндіретін объектілерінің 20% - дан астамы.

Қазіргі уақытта Қазақстан жеріндегі жел электроэнергиясындағы табысты компания ЖШС VISTA INTERNATIONAL. VISTA INTERNATIONAL ЖШС компаниясы Жамбыл облысында 2014 жылы өзінің алғашқы жобасын іске

асырды, бірінші кезекте қуаттылығы 4 МВт болатын Қордай жел электр станциясын (ЖЭС-21) пайдалануға берді. Қордай жел электр станциясы-бүгінгі таңда осындай түрдегі алғашқы қазақстандық электр станцияларының бірі.

Қордай жел электр станциясы- бұл Қазақстандағы баламалы энергия көздерін дамыту саласындағы алғашқы жобалардың бірі, ол техникалық-экономикалық негіздемені (ТЭН) ҚР Индустрия және жаңа технологиялар Министрлігімен (МИИТ) келісе отырып, Қазақстан Республикасының жаңартылатын энергия көздерін қолдау туралы қолданыстағы заңнамасына толық сәйкес дайындаудың барлық кезеңдерінен өтті. Министрлік ТЭН бекітті және босату тарифінің мөлшерін және оның қолданылу мерзімін анықтады[4].

Қордай жел электр станциясы жел күшін қолдана отырып электр энергиясын өндіретін Қазақстандағы алғашқы өнеркәсіптік объектілердің бірі.

Жел электр станциясы жаңартылатын энергия көздерін пайдалана отырып, электр энергиясын өндіру саласындағы қызметті жүзеге асыратын серпінді дамып келе жатқан кәсіпорын болып табылады.

Қолданыстағы ЖЭС халық санының және оның өмір сүру сапасының өсуін, қарқынды тұрғын үй және қоғамдық құрылысты, Әлеуметтік және мәдени салалардың дамуын ескере отырып, электр энергиясына болжамды қажеттілікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, құрылысты іске асыру процесінде де, ЖЭС пайдалану процесінде де халықтың жұмыспен қамтылуына ықпал ететін қосымша жұмыс орындарын ашуға мүмкіндік береді.

Қазақстан Республикасының аумағы жел энергетикасының салыстырмалы түрде бай әлеуетімен сипатталады. Ол қазіргіден жүздеген есе көп энергия жұмсайды. Есептеулер бойынша жерден 10 метр биіктікте ауа ағынының 1м бөлігіндегі энергия 4000 кВт*сағ/м құрайды, ал ең бастысы - Жоңғар қақпасының жел энергетикалық ресурстары (17000 кВт*сағ/м). Арасында басқа перспективалы бағыттар-Ерейментау - 3700 кВт/м² (Ақмола облысы), Форт - Шевченко - 4300 кВт/м² (Каспий облысы) және Қордай - 4000 кВт/м (Жамбыл облысы).

Қазіргі уақытта 1-кестеде көрсетілгендей шамамен 13 объект ықтимал жел электр станциялары ретінде анықталды, олардың кейбіреулері жетілдірудің даму сатысында.[3]. Жеке дауылдың ұзақтығы 60-110 сағатты құрайды, ал кейбір жағдайларда суық мезгілде жиі кездесетін 270-320 сағатты құрайды. Алаңда диаметрі 100-250 метр және қуаты 25 кВт болатын 11000-ға жуық жел турбиналы доңғалақтардың жел генераторлары орналасуы мүмкін. Бұл құрылғының қуаты шамамен 600 миллион кВт / сағ құрайды.

Жыл бойына энергияны бөлуді талдау көрсеткендей, қыста халық шаруашылығында энергияға деген сұраныс артып, желіден тұтынылатын энергияның едәуір бөлігі төмендейді [6].

1 – кесте - ЖЭС құрылысының перспективалы алаңдары

Атауы	Аймақ	Қуаты, МВт	Жыл	Құны, млн.тг
Ерементәуға жақын, Ерементәу	Ақмола	15	2014	17709
Ерементәуға жақын, Ерементәу	Ақмола	30 - 50	2017	30000
Бадамша, Қарғалы	Ақтөбе	300	2015- 2020	82320
Шелек өткелінде	Алматы	51	2015	12881
Шелек	Алматы	60	2017	27000
Жоңғар қақпасында	Алматы	72	2018	15000
Ұлан тау өткелінде	Шығыс Қазақстан	24	2014	8084
Қордай	Жамбыл	21	2016	5451
Жанатас, Сарысу	Жамбыл	100	2016	28500
Қарағанды	Қарағанды	15	2016	10000
Арқалық	Қостанай	48	2016	15800
Форт – Шевченко	Маңғыстау	19,5	2015	5423
Новоникольское, Кызылжарский	Солтүстік Қазақстан	1,5	2013	185

2 Жел генераторының конструкциясын талдау

2.1 Жел генераторларының құрылымдық ерекшеліктері және қолданылуы

Жел генераторы — жел ағынының кинетикалық энергиясын ротордың айналуының механикалық энергиясына түрлендіруге арналған құрылғы, оны кейіннен электр энергиясына түрлендіре отырып таратады.

Жел энергетикасы- ауа массаларының кинетикалық энергиясын атмосферада электр, механикалық, жылу немесе кез келген басқа энергия түріне түрлендіруге мамандандырылған, халық шаруашылығында қолдануға ыңғайлы энергетика саласы. Мұндай түрлендіруді жел генераторы (электр энергиясын алу үшін), жел диірмені (механикалық энергияға түрлендіру үшін), желкен (көлікте пайдалану үшін) және басқалар сияқты агрегаттар жүзеге асыра алады.

Жел энергиясын жаңартылатын энергия түрлеріне жатқызады, себебі ол Күн белсенділігінің салдары болып табылады. Жел энергетикасы қарқынды дамып келе жатқан сала болып табылады. 2016 жылдың басында барлық жел генераторларының жалпы белгіленген қуаты 432 гигаватты құрады және осылайша, атом энергетикасының жиынтық белгіленген қуатынан асып түсті (бірақ тәжірибеде орташа бір жыл ішінде пайдаланылған жел генераторларының

қуаты белгіленген қуаттан бірнеше есе төмен, ал АЭС әрқашан дерлік белгіленген қуат режимінде жұмыс істейді). 2014 жылы әлемнің барлық жел генераторлары өндірген электр энергиясының саны 706 тераватт-сағатты құрады (адамзат өндірген электр энергиясының 3%). Кейбір елдер әсіресе жел энергетикасын қарқынды дамытуда, атап айтқанда 2015 жылға Данияда жел генераторларының көмегімен барлық электр энергиясының 42% өндіріледі; 2014 жылы Португалияда — 27%; Никарагуа — 21%; Испанияда — 20%; Ирландияда — 19%; Германияда — 18,8%; жалпы ЕО — 7,5%. 2014 жылы әлемнің 85 елі жел энергетикасын коммерциялық негізде пайдаланды. 2015 жылдың қорытындысы бойынша жел энергетикасында бүкіл әлемде 1000000 астам адам жұмыс істейді (оның ішінде 500 000 Қытайда және 138 000 Германияда)[4].

Ірі жел электр станциялары жалпы желіге қосылады, неғұрлым ұсақ аудандарды электр энергиясымен жабдықтау үшін пайдаланылады. Қазба отынына қарағанда, жел энергиясы таусылмайды, барлық жерде қол жетімді және экологиялық жағынан жоғары. Бірақ, жел электр станцияларын салу жел энергетикасының таралуын баяулататын техникалық және экономикалық сипаттағы кейбір қиындықтармен ұштасады. Атап айтқанда, жел ағынының тұрақсыздығы электр энергиясының жалпы өндірісіндегі жел энергетикасының шағын пропорциясы кезінде проблемалар тудырмайды, алайда бұл пропорцияның өсуі кезінде электр энергиясын өндіру сенімділігінің проблемалары да арта түседі. Мұндай мәселелерді шешу үшін электр энергиясын бөлуді интеллектуалды басқару қолданылады.

Жел генераторының қуаты генератордың қалақтары мен бет үстіндегі биіктікке байланысты. Мысалы, Vestas Дат фирмасының қуаты 3 МВт (V90) турбиналары жалпы биіктігі 115 метр, мұнараның биіктігі 70 метр және қалақтарының диаметрі 90 метр.

Жер-теңіз бетіндегі ауа ағындары турбулентті болып табылады - төменде орналасқан қабаттар жоғарыда орналасқан тежейді. Бұл әсер 2 км биіктікке дейін байқалады, бірақ 100 метрден астам биіктікте күрт төмендейді. Генератордың осы жерге жақын қабаттан жоғары орналасу биіктігі бір уақытта қалақтардың диаметрін арттыруға және басқа қызмет үшін жердегі алаңдарды босатуға мүмкіндік береді. Қазіргі заманғы генераторлар (2010 жыл) осы межеге шықты және олардың саны әлемде күрт өсуде. Жел генераторы 3 м/с жел кезінде ток өндіре бастайды және 25 м/с жел кезінде ажыратылады.

2002 жылдың тамыз айында Enercon компаниясы қуаты 4,5 МВт болатын e-112 жел генераторының прототипін салды. 2004 жылдың желтоқсанына дейін турбина әлемдегі ең ірі болып қалды. 2004 жылдың желтоқсанында германдық REpower Systems компаниясы өзінің қуаты 5,0 МВт жел генераторын құрды. Бұл турбина роторының диаметрі 126 метр, гондоланың салмағы- 200 тонна, мұнараның биіктігі — 120 м. 2005 жылдың соңында Enercon өзінің жел генераторының қуатын 6,0 МВт дейін арттырды. Ротордың диаметрі 114 метр, мұнараның биіктігі 124 метр. 2009 жылы 1,5 — 2,5 МВт класты турбиналар әлемдік жел энергетикасында 82% - ды құрады.

2014 жылғы қаңтарда Vestas дат компаниясы қуаты 8 МВт V-164 турбина сынақтай бастады. Турбиналарды жеткізуге бірінші келісімшарт 2014 жылдың соңында жасалды. Бүгінгі күні V-164-әлемдегі ең қуатты жел генераторы. Қуаты 10 МВт-тан астам генераторлар әзірленуде[4].

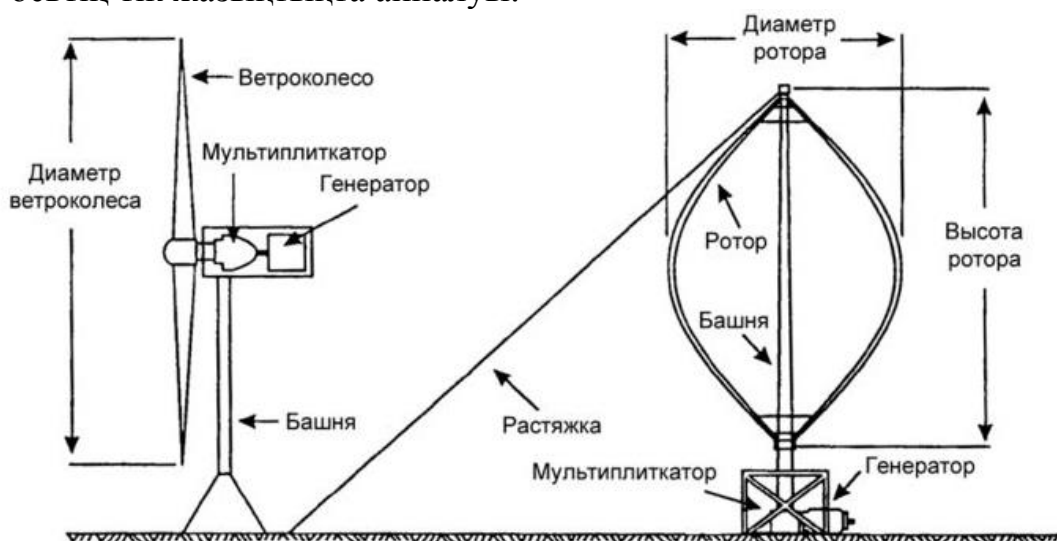
Әлемде ең көп таралған үш қалағы бар және көлденең айналу осі бар жел генераторының конструкциясы болды, бірақ кейбір жерде әлі де кездеседі және екі қалақты. Жел ағындарының аз жылдамдығы бар аумақтар үшін ең тиімді конструкция тік айналу осі бар жел генераторлары, яғни роторлы немесе карусельді типті болып табылады. Қазіргі таңда өндірушілер мұндай қондырғылардың өндірісіне көшуде, өйткені барлық тұтынушылар жағалауда өмір сүре алмайды, ал құрлықтық жел жылдамдығы әдетте 3-тен 12 м/с дейінгі диапазонда тұр. Мұндай желмен тік қондырғының тиімділігі әлдеқайда жоғары. Тік жел генераторларында тағы бірнеше маңызды артықшылықтар бар: олар іс жүзінде шусыз және 20 жылдан астам қызмет ету мерзімі кезінде ешқандай қызмет көрсетуді талап етпейді. Соңғы жылдары жасалған тежеу жүйелері типті 60 м/с дейінгі мерзімді дауыл кезінде тұрақты жұмысқа кепілдік береді[4].

2.2 Жел генератор түрлері

Жел генераторы-бұл желдің әсерінен жел қондырғысының қалақшаларын механикалық айналдырудан электр энергиясын өндіретін, содан кейін тұтынушылардың пайдалануына тарататын құрылғы.

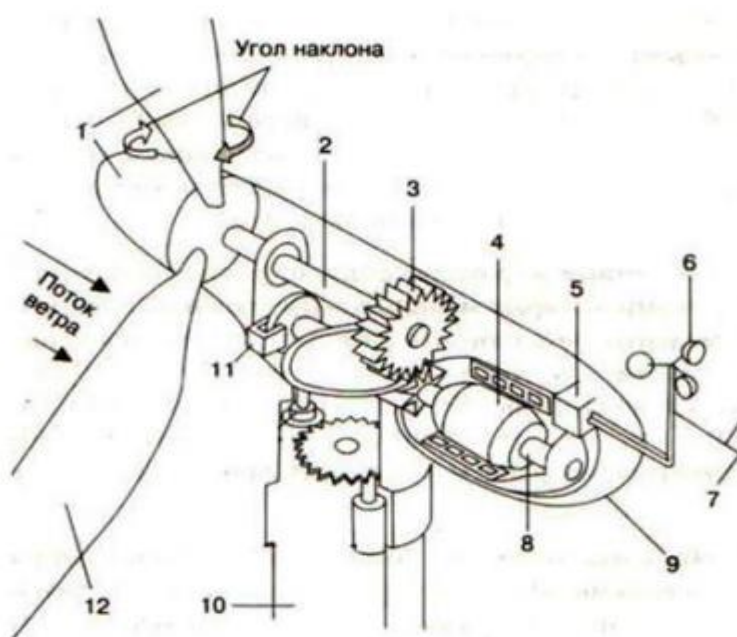
Қазіргі уақытта жел генераторларының екі негізгі түрі белгілі, олардың құрылымдық айырмашылықтары жел энергиясын алатын элементтің айналу осінің орналасуынан тұрады. 3-суретте көрсетілгендей жел генераторлары:

- көлденең жазықтықта осьтің айналуы;
- осьтің тік жазықтықта айналуы.



3 – сурет - Көлденең (а) және тік айналу осі (б) жел қондырғысы

Жел генераторының жұмыс принципі өте қарапайым. Жел ағыны жел дөңгелегі қалақшаларға қысым жасайды (4-суреттегі 12 позиция). Ротор (4-суреттегі 1 позиция) жел дөңгелегі төмен жылдамдықты білігіне бекітілген (4-суреттегі 2 позиция). Желдің әсерінен жел дөңгелегі (қалақшалары бар ротор және төмен жылдамдықты білік) айнала бастайды, жел энергиясын механикалық энергияға айналдырады. Төмен жылдамдықты біліктен редуктор арқылы (4-суреттегі 3-позиция) механикалық қозғалыс электр генераторы (4-суреттегі 4-позиция) білігіне беріледі (4-суреттегі 8-позиция). Электр генераторының роторы айналған кезде механикалық энергияны электр энергиясына түрлендіру жүзеге асырылады. 4-суретте электр қондырғысының құрылымдық схемасы көрсетілген, ол оның құрылымы туралы толық түсінік береді.



4 – суретте - Жел қондырғысының құрылымдық схемасы

Схемада келесі позиция белгілері қолданылады:

1 Жел қысымын механикалық энергияға түрлендіру процесіне қатысатын жел доңғалағының роторы.

2 Жел доңғалағының роторымен қозғалатын төмен жылдамдықты білік және механикалық энергияны беруге қатысады.

3 Жел доңғалағының (ротордың) айналу жиілігін арттыратын редуктор.

4 Өзінің құрамында жоғары жылдамдықты білігі бар электр энергиясын өндіретін генератор.

5 Барлық орнатуды басқаруға жауапты контроллер. Оның жел турбиналары автоматты режимде іске қосылады немесе оларды тоқтату жүзеге асырылады.

6 Кейінгі деректерді контроллерге беру арқылы желдің жылдамдығын анықтауға арналған анемометр.

7 Желдің бағытын анықтайтын және жел доңғалақтарын дұрыс бағытта бұратын – флюгер.

8. Электр генераторының роторын айналдыратын - жоғары жылдамдықты білік.

9 Жел турбинасының жоғарғы бөлігінде орналасқан Гондола және құрылымның тірек бөлігі. Оның ішінде біліктер, редуктор, генератор, контроллер және тежегіш бар.

10 Металдан немесе бетоннан жасалған қуыс құрылым болып табылатын және барлық негізгі элементтерді биіктікте орналастыруға қызмет ететін – мачта.

11 Қондырғының сынуын болдырмау үшін және роторды қиын жағдайларда тоқтату үшін (мысалы, дауыл) пайдаланылатын – тежегіш.

12 Жел энергиясын ұстауға арналған жел қондырғысының негізгі элементі болып табылатын - қалақшалар. Қалақшалар арқылы бұл құрылғы жұмыс істейді. Қалақшаларға түскен жел ағыны оларды қозғалысқа келтіреді, роторды айналуы қамтамасыз етеді және одан әрі генератордан энергия өндіруін қамтамасыз етеді.

Ұқсастықтарға қарамастан, көлденең және тік айналу осьтері бар жел генераторларының сипаттамаларында айтарлықтай айырмашылықтар бар. Біз екі құрылымдық типтегі жел генераторларының техникалық мүмкіндіктерін талдаймыз [8].

2.3 Көлденең айналатын білігі бар жел турбиналары

Көлденең тип-ротор осі жер бетіне параллель айналады. Жел энергиясын айнималы және тұрақты тоққа түрлендірудің үлкен қуаты бар. Көлденең құрылғылар жоғары тиімділікке ие, өйткені олар ағын энергиясын әлдеқайда толық сіңіреді. Барлық көлденең жел генераторлары іс жүзінде бір конструктивтік сұлба бойынша құрылған, тек ротор құрылысында ғана кейбір айырмашылықтар бар. Бұл топтың кемшіліктеріне желдің бағытына бейімделі үшін құрылғының тік осьтің айналасында айналуын қамтамасыз ететін қосымша топсалы қосылыстың болуын жатқызуға болады.

Сонымен қатар, көлденең құрылғылар үшін жел ағынымен түйісудің оңтайлы режимін қамтамасыз ететін жоғары тірек болуы маңызды.

Құрылғының жұмыс ерекшелігі дауыл желінен қорғаныс болуын талап етеді, ол ағынның күші ұлғайған кезде роторды желден бұрады, соның салдарынан айналу жиілігі күрт төмендейді.

Көлденең қондырғылардың әртүрлі модификациялары бір, үш қалақты және одан да көп болады. Сондықтан пайдалы әсер коэффициенті тік типті жел генераторларына қарағанда әлдеқайда жоғары.

Бұл кезеңде ең көп тарағандары көлденең жел генераторлары болып табылады. Олардың жел диірмені дөңгелегінің айналу осі бар, онда қалақшалар жерге параллель орналасқан желдерге қатысты айналады. Бұл "жел диірмені" деп аталады. Көлденең жел турбинасы жел іздеген кезде желлифт алдыңғы жағын автоматты түрде бұруға арналған. Сонымен қатар, ол кішкене желден де

энергияны сіңіру үшін бұрылу бұрышын өзгерте алады. Жел генераторының бұл түрі 6-8 кВт үлкен көлемдегі электр энергиясын өндіруге жарамды болып саналады [9]. Белгіленген көлденең жел жоғары тиімділікпен сипатталады (40-50%). Бұл әдіс көбінесе жел энергетикасы жүйелерінде қолданылады.

Көлденең айналу осі бар жел генераторында жел генераторы әртүрлі қалақшалармен жасалуы мүмкін. Осыған сәйкес қондырғы қалақшаларында бір, екі, үш және көп сатылы өзгерістер болады.

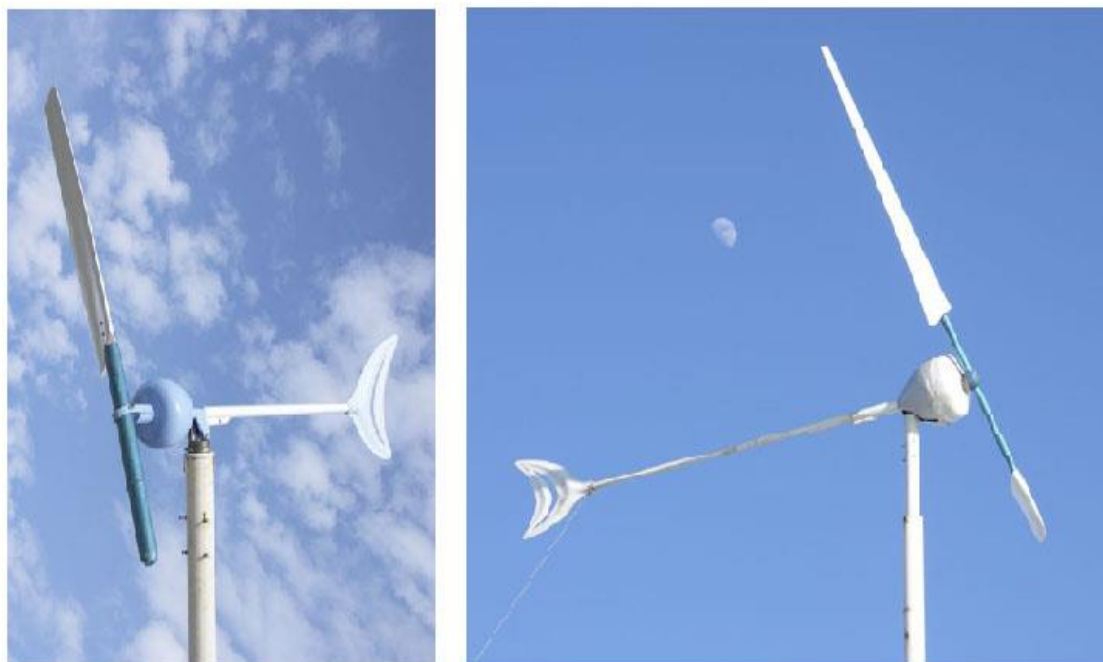
Қозғалтқыштың көлденең айналу осі міндетті түрде желдің бағытын қамтамасыз ететін қосымша құрылымдық элементтерді қамтиды, бұл айналмалы доңғалақтың дизайнын қиындатады, оны сенімді етеді.

Жел турбинасының артықшылығы-айналу осі тік болатын жоғары тиімділікпен салыстырғанда көлденең айналу осі. Бұл жұмыс режиміндегі айнарудың кішкене бұрышына байланысты. Сонымен, жел генераторының көлденең осінің айналу индексі жоғары және төмен салмақ пен көлемге байланысты тік жел генераторын шығаруға мүмкіндік береді [10].

Көлденең жел турбиналарының құрылымдық орындалуын қарастырамыз:

а) Бір қалақты жел генераторлары (5 – сурет)

Бір қалақты жел генераторларының басты артықшылығы-жоғары айналу жылдамдығы. Олар екінші қалақтың орнына ауаның қозғалысына төзімділікке аз әсер ететін қарсы салмақ орнатты, бұл оларды жоғары айналу жылдамдығы бар генераторлар үшін, соның ішінде асинхронды генераторлар үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Бір қалақты жел генераторлары өте әлсіз желдерде жұмыс істей алады.



5 – сурет - Бір қалақты жел генераторлары

Бір қалақты жел генераторының кемшіліктері:

- Жоғары айналу жылдамдығына байланысты гироскопиялық әсер үлкен, ол жел өзгерген кезде ротордың айналуын баяулатады және қалақшаларға және бұрылу түйініне қосымша жүктеме жасайды;

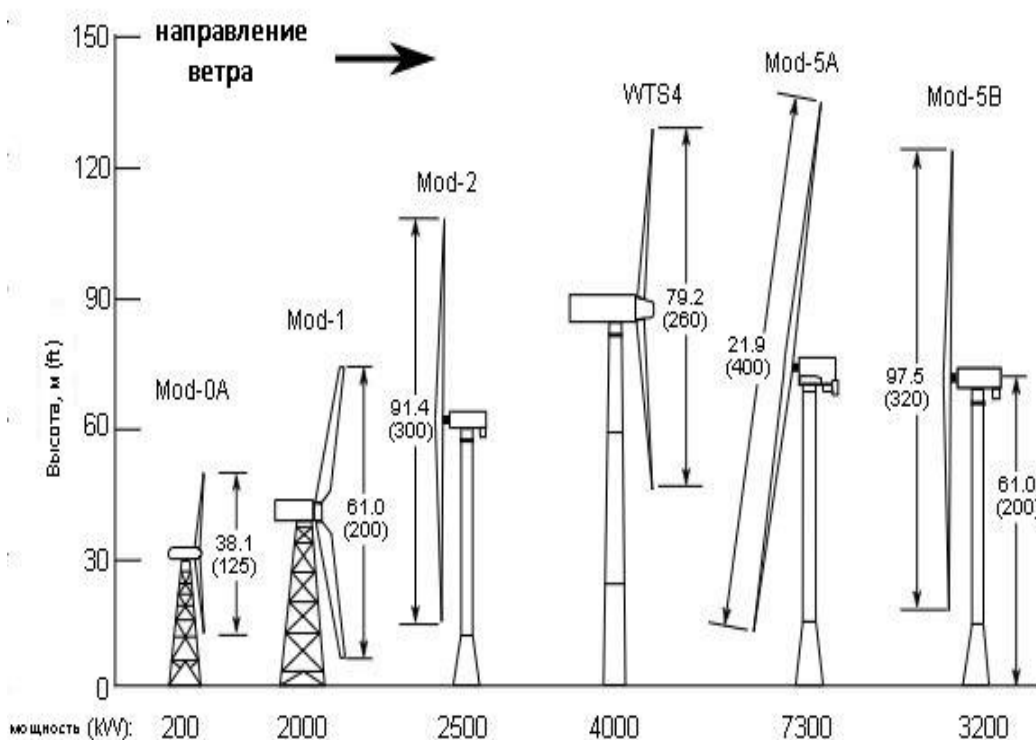
- Қондырғының жұмыс істеуі кезінде жоғары қауіп, себебі жылдам жүретін қалақшаның әсер ету күші төмен жылдамдықты қалақшаға қарағанда жоғары.

- Қалақшаны дәл теңдестіру қажеттілігі.

б) *Екі қалақты жел генераторлары* (6 - сурет)

Екі қалақты жел генераторлары-құрылғы бір қалақтыға ұқсас, тек қалақшалар санында ерекшеленеді. Бір қалақтының құрылымымен салыстыратын болсақ, оның артықшылығы бар. Мұнда қалақшалар саны жұп болғандықтан, жел доңғалағының роторы оның қалақшаларының кез-келген бұрыштық күйінде тепе-тең болып қалады. Сондықтан құрылымның тепе-теңдігін қамтамасыз ететін қосымша құрылымдық элементтер жоқ. Бір қалақты жел турбиначының ұқсас моделімен салыстырғанда құрылымын жеңілдету арқылы осы модификацияның құнын төмендетуге әкеледі.

Бұл құрылымның кемшілігі-бұл шулы және дірілге бейім.



6 – сурет - Екі қалақты жел генераторлары

в) *Үш қалақты жел генераторлары*

Бұл жел турбиначының білігінің көлденең айналу осі бар жел генераторларының ең көп таралған модификациясы. Өткен ғасырдың 70-ші жылдарында Дания ғалымдары жүргізген зерттеулер бойынша көлденең жел генераторларының оңтайлы саны үшке тең екенін көрсетті. Бұл тұжырымды жел

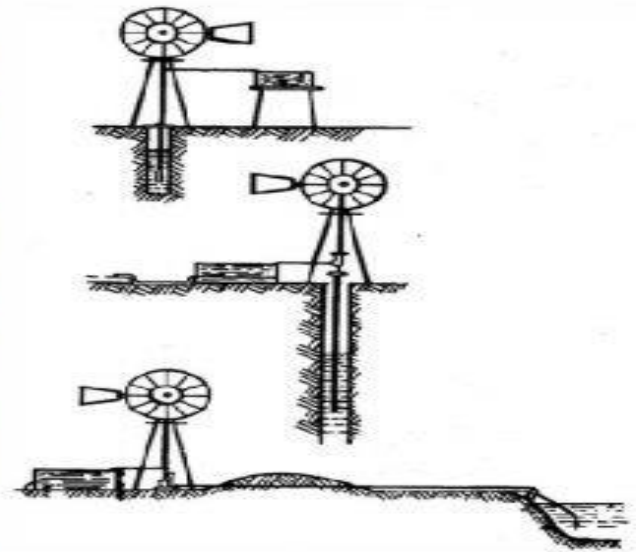
генераторларының ірі өндірушілері жақсы білді [12]. Сондықтан дәл осы жел генераторлары нарықта кеңінен ұсынылған. Үш қалақты жел генераторлары бірнеше ватттан бірнеше мегаваттқа дейінгі қуаттылықтармен шығарылады [6]. Мысал ретінде 7 - суретте Enercon E -126 (P=7 МВт) маркалы ең қуатты үш қалақты жел энергетикалық қондырғыларының бірі көрсетілген.



7 – сурет - Enercon E - 126 (P = 7 МВт) үш қалақты жел генераторы

ә) Көп қалақты жел генераторлары

Көп қалақты жел генераторларға 4 -тен 50-ге дейінгі аралықта орналасқан қалақтар саны бар көлденең жел генераторлары жатады. Көпқалақтары бар роторлар айналу моменттін айтарлықтай жоғарылата алады, бұл олардың артықшылығы болып табылады. Алайда, мұндай жел турбиналары инерцияның үлкен сәтімен ерекшеленеді, сондықтан олар баяу қозғалады. Мұнда белгіленген көп қалақты жел генераторларының құрылым ерекшеліктері мен техникалық сипаттамалары су сорғыларының қуат беру талаптарына сәйкес келеді. Сондықтан олар әдетте сулы жүйелерде электр энергиясының балама көздері ретінде қолданылады [7]. Көп қалақты жел турбинысы 8 -суретте көрсетілген.



8 – сурет - Көп қалақты жел генераторлары

2.4 Жел энергиялық құрылғысы жүйесінің сипаттамалары

Барлық агрегаттың конструкциясы негізгі элементтерінің бірі ротор.

Жел турбиналары мөлшерлерде өсуімен бірге олардың қалақтары да өсті, қалақтары 1980 жылы шамамен 8 м болса, қазір көптеген жер үсті коммерциялық жүйелерде қалақтар 40 м-ден астам ұзындыққа дейін барады. Жақсартылған қалақтардың конструкциялары қарапайым геометриялық масштабтауға қарағанда салмақ өсуін төмен деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік берді. Қалақтардың қазіргі заманғы конструкциялары компьютерлік талдаудың жаңа құралдарын пайдалана отырып, қатаң бағалауға ұшырайды, сондықтан артық салмақтан жойылуы мүмкіндігі жоғары. Конструкторлар сондай-ақ қалақтарды нығайту және қалақтардың салмағын бір уақытта төмендете отырып, беріктігін арттыру үшін қатты кернеулі жерлерде жеңіл және берік көміртекті талшықпен жұмыс істей бастайды. Алайда, көміртекті талшық дұрыс қонымды пайдаланылуы керек, себебі оның құны шыны талшығының құнынан 10 есе асып түседі.

9 -шы суретте жел генератор қуатының жел жылдамдығына тәуелділік графигі және әр түрлі аймақтағы турбинаны басқару көрсетілген. Турбиналардың көбісі жел жылдамдығы 5,4 м/с болған кезде жұмысын бастайды. Бұл аймақ cut in speed аймағы деп аталады. Жел жылдамдығы 5,4 м/с төмен болған жағдайда турбинаның қалақтары қозғалыссыз тұрады. Бұл уақытта жел генераторы шығынға алып келеді. Себебі, оны бір қалыпта ұстап тұру үшін энергия жұмсалады. Жел генераторының ПӘК ең жоғары мәні жел жылдамдығы 12,5 м/с

-13,4 м/с болған кезде жетеді. Бұл аймақ rated speed аймағы деп аталады. Ал егер жел жылдамдығы 13,4 м/с асып кеткен жағдайда, ротор айналу жылдамдығы тежегіштер арқылы тежетіледі. Себебі, мұндай жылдамдықтағы қалақтар қозғалысы генератор мен трансмиссияға үлкен жүктеме, ал бұл желгенераторының істен шығуына алып келуі мүмкін. Ал жел жылдамдығы 26,8 м/с асып кеткен жағдайда жел генератор жұмысы тоқтатылады[8].



9 – сурет - Жел генератор қуатының жел жылдамдығына тәуелділік графигі

Қозғалатын ауа ағынының барлық энергиясы алынуы мүмкін емес; ауаның кейбір мөлшері шығарылғаннан кейін қозғалыста қалуы тиіс, әйтпесе ешқандай жаңа, қуатты ауа құрылғыға кіре алмайды. Кірпіш қабырғасының құрылысы қабырғадағы ауа ағынын тоқтатар еді, бірақ энергиялық ауаның еркін ағыны тек қабырғаға ағады. Спектрдің басқа соңында ауаны баяулатпайтын құрылғы, сондай-ақ ешқандай энергия алмайды. Оңтайлы бұғаттау шешімі әдетте неміс физикасы Альберт Бетцаға қосылады және Бетец шегі деп аталады. Ең жақсы жағдайда, құрылғы жұмыс аймағы сияқты ауданы бар ағындағы энергияның 59% - ын теориялық тұрғыдан алып тастай алады. Қазіргі заманғы жел турбинасының аэродинамикалық сипаттамалары соңғы 20 жылда айтарлықтай жақсарды. Роторлық жүйе шамамен 80% теориялық ықтимал энергия ағынында алады деп күтуге болады. Бұл жел турбиналары үшін арнайы аэродинамикалық профильдерді әзірлеудің арқасында мүмкін болды. Шын мәнінде, қазіргі уақытта турбиналарды өндірушілер үшін турбинаның әрбір жеке конструкциясы үшін арнайы профиль конструкциялары болуы қалыпты іс болды. Бұл арнайы аэродинамикалық профильдер төмен жылдамдықты желдің эродиникалық

тиімділігін оңтайландыруға және қатты жел кезінде аэродинамикалық жүктемелерді шектеуге тырысады. Бұл жаңа профиль конструкциялары, сондай-ақ алдыңғы жиекте жинақталатын кір мен қателер салдарынан қалақтардың ластануына сезімталдықты азайтуға тырысады және айтарлықтай тиімділігін төмендетуі мүмкін. Роторларды жобалау әдістері айтарлықтай жақсарғанымен, әлі де жетілдіру мүмкіндіктері бар[8].

Қазіргі заманғы контроллерлер ротордың айналу жылдамдығын, қалақтардың көлбеу бұрышын, генератордың айналу моментін, сондай-ақ кернеуді және қуатты түрлендіру фазасын басқару үшін ондаған датчиктерден сигналдарды интеграциялайды. Сонымен қатар, контроллер қауіпсіздік саласындағы маңызды шешімдерді қабылдауға жауап береді, мысалы, қысылтаян жағдайларды жүзеге асыру кезінде турбинаны өшіру. Қазіргі таңда турбиналардың көпшілігі ауыспалы жылдамдықпен жұмыс істейді және басқару жүйесі ротордың айналу жиілігін үздіксіз жаңарту жолымен жел тербелісі кезінде максималды тиімділікті алу үшін ротордың айналу жиілігін және жетекті берілістің ауыспалы айналмалы жүктемелерін төмендету үшін генератордың жүктемесін реттейді. Жұмыс айнымалы жылдамдығы қуатты түрлендіргіштерді пайдалануды талап етеді, генерацияланатын қуат желі жиілігіне сәйкес келеді. Күштік түрлендіргіш сондай-ақ турбиналарға қорғаныс, кернеуді бақылау және реактивті қуатты динамикалық қолдау арқылы ақауларды жеткізуге мүмкіндік береді[8].

Жел энергиясы- ауадағы кинетикалық энергияның ерекше нысаны. Жел энергиясы күштік түрлендіргіш машиналардың көмегімен электр энергиясына түрлендірілуі немесе суды, желкенді кемелерді айдау немесе астықты ұсақтау үшін тікелей пайдаланылуы мүмкін[6].

Жел ағысы салыстырмалы аз уақыт аралығында жел жылдамдығының кенеттен ұлғаю. Кенеттен турбуленттік екпін болған жағдайда желдің жылдамдығы, турбуленттілігі және желдің ауысуы күрт өзгеруі мүмкін. Мұндай күрт турбуленттік бұлулар кезінде жел генераторының тұрақты қуатын сақтай отырып, ротор теңгерімсіздігінің төмендеуі қалақтардың тангажы бұрышының салыстырмалы түрде тез өзгеруін талап етеді. Алайда, әдетте, турбуленттік екпіннің пайда болуы мен қадамды басқару жетегінің динамикасына және механикалық компоненттердің үлкен инерциясына негізделген қалақтардың нақты тербелісі арасында уақытша бар. Сонымен қатар, турбуленттік жүктемелер мен генератордың айналу жиілігінің дисбаланстары, демек, турбинаның компоненттеріндегі тербелістер осындай турбуленттік бұлулар кезінде айтарлықтай өсе алады және шығыстық қуаттың ең жоғары берілген деңгейінен асуы мүмкін. Сонымен қатар, кенеттен желдің турбуленттік екпіні мұнараның алға-артқа және желдің ауысу әсерінің күшеюі есебінен бір жағынан едәуір ұлғайтылуы мүмкін. Жел электр станцияларының қауіпсіз жұмысын қамтамасыз ету үшін желдің екпінін болжаған жөн. Желдің екпінін болжаудың бірнеше түрлі әдістері ұсынылды. Ауа райын жедел болжауда қолданылатын әдістердің көпшілігіне қарағанда Брассер физикалық есепке негізделген желдің екпінін болжаудың жаңа әдісін әзірледі. Басқа зерттеуде ол желдің орташа

жылдамдығынан жоғары соққы ретінде анықталатын желдің екпін факторын пайдалану желдің екпінінің жылдамдығын болжауы мүмкін екенін хабарлады. Бұл нәтижелер басқа зерттеушілердің алдыңғы жұмыстарымен келісіледі[7].

2.5 Жел турбиналарының пайдалану ерекшеліктері мен айырмашылықтары

Көлденең жел генераторларының жұмысы қалақшаларды белгілі бір жылдамдықпен айналдыра алатын желмен ғана жақсарады. Ағынның параметрлері минималды мәндерге жетпеген кезде, құрылғы жұмыс істемейді, ал тұтынушылар жинақталған зарядты инвертор арқылы беретін батареялардан қуат алады.

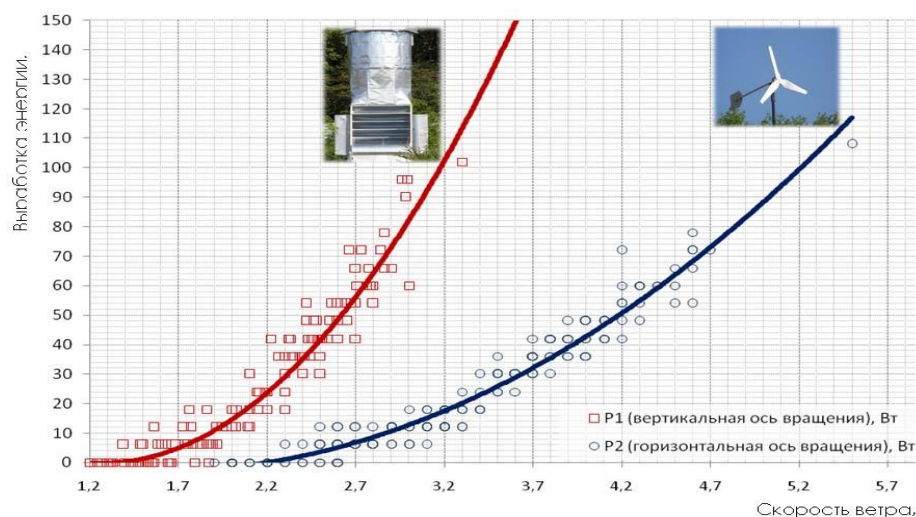
Техникалық қызмет көрсету және жөндеу орнату жүктілік белгілері, өнімділіктің төмендеуі немесе басқа көрінетін ақаулар пайда болған кезде пайда болатын мерзімді қажеттілік туындайды. Жұмыстың сапалы және тез өндірілуін қамтамасыз ету үшін мачтаны бөлшектеу және механизмді ыңғайлы жөндеу алаңына түсіру техникасын ойластырған жөн.

Құрылғыны найзағайдан қорғау құрылғылармен жабдықтау және жоғары сапалы жерге қосу тізбегін жасау қажет. Бұл позицияларды, ең алдымен, қондырғы мен тұтынушыларды найзағайдан қорғау үшін жел генераторларын өз бетінше жасайтындар ескеруі керек.

Өнеркәсіптік ЖЭҚ құрылымдық және технологиялық ерекшеліктерін зерттеу негізінде келесі қорытынды жасауға болады.

- Тік жел генераторының жанасу сәті аз болады. Демек, ол желдің минималды жылдамдығынан бастап жұмыс істей алады. Көлденең-неғұрлым қуатты, сондықтан ол электр қабылдағыштарды әлдеқайда көп қуатпен қамтамасыз ете алады.

- Қазіргі заманғы көлденең жел энергетикасы қондырғыларының көпшілігі орташа алғанда 0,48-ге тең желді пайдалану коэффициентімен сипатталады. Осы арнайы зерттеулерден бұл коэффициентті арттыруға болады. Мысалы, жел энергиясын пайдалану коэффициенті аэродинамикалық сипаттамаларымен ерекшеленетін кейбір жел конструкцияларында 0,593-ке тең мәнге жетуі мүмкін.



10 – сурет – Жел генераторлардың электр энергиясын өндіруі

3 Арқалық ЖЭС-ыжәне оны жетілдіру

Арқалық қаласы Қостанай облысының оңтүстік-шығысында боксит кен орындарының жанында орналасқан. Боксит және мырыш концентраттарын өндіру және қайта өңдеу қаланың экономикалық қызметінің негізі болып табылады.

Арқалық қаласы жоғары жел жүктемелері аймағында орналасқан. Қазгидрометтің көпжылдық метеобақылаулар деректері бойынша желдің орташа жылдық жылдамдығы 10 м биіктікте шамамен 4,92 м/с құрайды, бұл электр энергиясын өндіру үшін жел энергиясын пайдалануға мүмкіндік береді. Жел электр станциялары (ЖЭС) Қала үшін қосымша электр энергиясын қамтамасыз ете алады. Жел электр станцияларынан электр энергиясын электр жылыту қажеттіліктері үшін пайдалануға болады, бұл қала үшін де өте маңызды. Бұған ЖЭС-те электр энергиясын өндіру шыңы қыс айларында түсетіні де ықпал етеді.

ЖЭС құрылысына таңдалған алаң Арқалық қаласынан батыс бағытта 5 км жерде орналасқан. Алаңнан алыс емес жерде қатты жабыны бар автомобиль жолы өтеді. Алаңның аумағы солтүстік-шығыс және солтүстік-батыс бағытта биіктігі 3050 метр боксит өндірісінің үйінділерімен шектелген ашық дала болып табылады.

Көлемі 2x4 км алаң қазіргі уақытта бос және қуаты 20-дан 50 МВт-қа дейінгі ЖЭС салу үшін қолжетімді. Қажет болған жағдайда ЖЭС қуатын арттыру мүмкіндігі бар. Алаңның жанында 35 кВ ЭБЖ өтеді, 4 км қашықтықта - 110 кВ ЭБЖ, 12 км қашықтықта - 220 кВ ЭБЖ, бұл қалаға және өңірге ЖЭС қуатын беруге мүмкіндік береді. Қалалық әуежайдың ұшу-қону жолағы алаңнан солтүстік-шығысқа қарай 15 км жерде орналасқан және батыстан шығысқа қарай бағытталған. Осылайша, ұшу және қону кезінде ұшақтардың траекториясы алаңнан өтпейді.

Арқалық қаласы әкімдігінің қолдауымен БҰҰДБ жел энергетикасы жобасы аясында таңдалған алаңда 2006 жылдың қыркүйегінде биіктігі 50 м метеомачта

орнатылды және 2006-2007 жылдар аралығында желдің жылдамдығы мен бағыты бойынша жылдық өлшеулер жүргізілді. желдің жылдамдығын өлшеу жел әлеуетін бағалау үшін (IEA/IEC) желдің жылдамдығын өлшеу саласындағы халықаралық стандарттарға сәйкес жүргізілді. Верификация, деректерді өңдеу және жел әлеуетін бағалау Австралияның "PB Power" компаниясының қолдауымен жүргізілді. Осы салада жүргізілген зерттеулер аталған аланды ЖЭС салу үшін пайдалану мүмкіндігін көрсетті.



11 – сурет – Арқалық метеомачтасының шығыс бағыттағы орналасуы

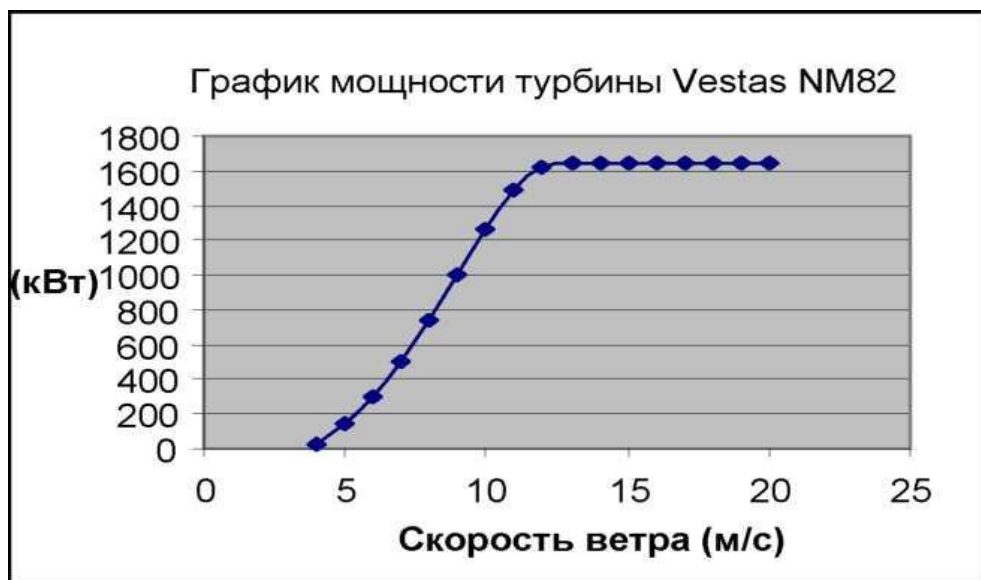
2 – кесте – Жел бойынша орташа жылдық статистикалық деректер

Жел статистикасы	1 - деңгей	2 - деңгей	3 - деңгей
Жер деңгейінен биіктігі (м)	51	49	27
Желдің минимальды жылдамдығы (м/с)	0	0	0
Желдің орташа жылдамдығы (м/с)	6.49	6.48	5.75
Желдің максимальді жылдамдығы (м/с)	29.7	30.1	27.3
Жел екпіні	38	38	38
ІЕС (15 м/с) турбуленттілік қарқындылығы	8.7 %	8.8 %	9.4 %
Қоршаған орта статистикасы	Минимум	Орташа	Максимум
Температура (°С)	-27.5	3.5	35.1
Қысым (кПа)	953.5	979.9	1005.0

Бір жылдық деректер негізінде есептелген айларға желдің жылдамдығын бөлу қыс айларының жел энергиясының үлкен потенциалы бар екенін, ал жаз айлары жалпы потенциалы аз екенін көрсетеді (желдің орташа жылдық жылдамдығы 51 м-ге тең) диаграммада көк түспен көрсетілген). Жел жылдамдығының орташа мәні жоғары қыс айларында құрылғылардың мұздануына байланысты деректерді қалпына келтірудің төмен пайызы бар (осылайша, мұнда ұсынылған орташа мән қыс айлары үшін желдің нақты жылдамдығын көрсетпеуі мүмкін). Атап айтқанда, Желтоқсанда деректерді қалпына келтіру пайызы тек 23,21% - ды құрады, сондықтан бұл деректер желдің орташа айлық жылдамдығының ұзақ мерзімді болжамында көрсеткіш ретінде қарастырыла алмайды. Ұсынылған желдің айлар бойынша таралуы тек 12 ай ішінде жиналған мәліметтер негізінде есептелді, сондықтан ұзақ мерзімді мәліметтерге негізделген желдің таралуы сәл өзгеше болуы мүмкін.

"Pb Power" мамандары Арқалық алаңы үшін жел ағынын модельдеуді жүргізді. Модельдеуде келесі климаттық және топографиялық мәліметтер қолданылды: жел деректері: жел туралы мәліметтер метеомачталар 80 м биіктікке экстраполяцияланған - турбиналық ротор осінің орналасуы. Ауаның орташа тығыздығы: температура мен қысым туралы мәліметтер метеомачта алынды. Алаң үшін есептелген ауа тығыздығы алаңдағы барлық турбиначалар үшін 80 м биіктіктегі орташа ауа тығыздығы ретінде қабылданады. Ауа тығыздығы-1.218 кг/м³. Топографиялық деректер: мачта айналасындағы жердің сандық картасын жоба мамандары 10 м интервалдағы топографиялық контурлармен бірге жасады. жердің тегіс еместігі берілмегендіктен, "PB Power" компаниясы әуе және жер үсті фотосуреттерін қолдана отырып, бетінің біркелкі еместігін шамамен бағалады. "Pb Power" компаниясы сонымен қатар кедір-бұдырлықтың ұзындығы 0.03 м-ге тең екенін анықтады, бұл шашыраңқы өсімдіктері бар егістік жерлер үшін өте қолайлы.

"PB Power" мамандары Арқалық ЖЭС үшін Vestas NM82 жел турбиναςын ұсынды. Турбинаның номиналды қуаты - 1650 кВт, ротордың диаметрі - 82 м. ротор осінің биіктігі-80 м.турбинаның өндірушісі-Vestas компаниясы, Дания. Vestas nm82 турбиναςының қуат кестесі стандартты инженерлік бағдарламалық жасақтама арқылы алынды. Ауа тығыздығы 1,218 кг/м³ болған кезде турбина қуатының графигі 12 – суретте көрсетілген.



12 – сурет – Жел турбиναςының қуатын таңдау және графигі

Есептеу нәтижелерінен көріп отырғанымыздай, желдің орташа көпжылдық жылдамдығы 7,52 м/с, 80 м биіктікте Vestas NM82 барлық турбиналарымен ЖЭС-те пайдалы жылдық электр энергиясын өндіру 122 305 МВт / сағ құрайды. Бұл ретте ЖЭС-тің белгіленген қуатын пайдалану коэффициенті 33.9% - ды құрайды, бұл жеткілікті жоғары көрсеткіш болып табылады және ЖЭС салу үшін алаңды пайдалану мүмкіндігін көрсетеді.

3.1 Eurowind 20 жел қондырғысын пайдалануға берудің негіздемесі және технологиялық есебі

Арқалық Астана қаласының темір жол торабымен, одан Қытай, Ресей және Еуропамен темір жол арқылы байланысқан. Қала ішіндегі және айналасындағы темір жол тармақтары турбиналардың бөлшектерін жеңілдетуге және оларды автожол бойымен ЖЭС құрылысы алаңына дейін тасымалдауға мүмкіндік береді.

Осы Арқалықтағы горизонталь бағыттағы ЖЭС – ты жетілдіру мақсатында жалпы таңдалған жерді есептеу үшін жалпы саны 160 нөмірі бар, әрқайсысында 8 нөмірден тұратын блоктардан тұратын қонақ үй кешенін энергиямен қамтамасыз ету есебін орындаймыз.

Таңдалған жер үшін желдің орташа жылдық жылдамдығы мына формула бойынша:

$$S = \frac{h \cdot n}{a} \quad (1)$$

$$S = \frac{19 \cdot 365}{966} = 7,1 \text{ м/с}$$

мұндағы S - желдің анықталатын жылдамдығы, м/с;

h - жоспарланған биіктік, м;

n - жылдағы күндер саны;

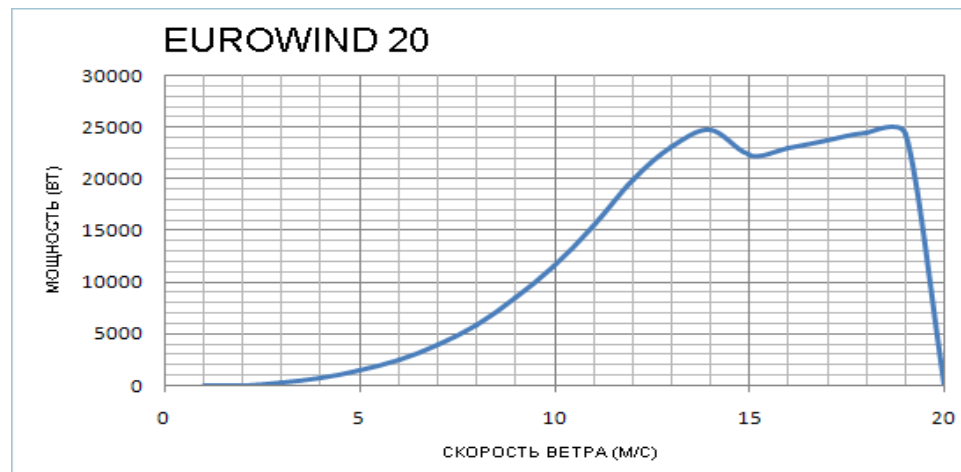
a - дәреженің эмпирикалық көрсеткіші -966.

Тұрмыстық техника мен жарықтандыру шығындары айына бір нөмірге 65 кВт және мейрамхана үшін айына 2400 - 2500 кВт құрайды. Мейрамхана мен тұрғын үй жылытылады, салқындатылады және жыл бойы 14 –15 кВт инверторлық типтегі үш фазалы геотермалдық жылу сорғысымен ыстық сумен қамтамасыз етіледі. Бұл жылу сорғысының электр энергиясын тұтыну 3,5 кВт/сағ, ал іске қосу токтары тек 2,8 кВт құрайды. Мейрамхана мен қонақ үйде жарықтандыру үшін энергияны үнемдейтін шамдар қолданылады. Электр

Бұл объект үшін қоғамдық электр желісі бар, бірақ ол электр энергиясына қажеттілікті қамтамасыз ете алмайды, өйткені қуаты тек 4 кВт болатын бөлінген желі объектіден алыс орналасқан. Сондықтан сізге қосымша желі тарту керек, электр желілерінің тіректерін орнату керек және т.б. осыған сүйене отырып, қосымша энергия көзін енгізу керек. Бұл жағдайда ең жақсы нұсқа-EuroWind 20 жел қондырғысы, өйткені ол өндірілетін қуат пен техникалық сипаттамаларға сәйкес келеді. Сонымен қатар, бұл жағдайда жел генераторын орнатуға арналған бос орын қиындық туғызбайды – қонақ үй мен мейрамхананың жанында бос орын жеткілікті.

3 – кесте - EuroWind 20 қондырғысының техникалық сипаттамалары

Генератордың өнімділігі	1800-26500 Вт
Ротор диаметрі	10 м
Қалақша ұзындығы	4,8 м
Бастапқы жылдамдық	2 м/с
Номиналды жылдамдық	12 м/с
Жылына орташа энергия өндіру (6 м/с кезінде):	34000 кВт
Жылына орташа энергия өндіру (8 м/с кезінде):	68000 кВт
Мачта биіктігі	19 м
Салмағы	3211 кг
Орнату құны	2000000 теңге



13 – сурет - EuroWind 20 жел генераторының қуатының жел жылдамдығына тәуелділігі

Нөмірлерді ұстауға арналған электр энергиясының ай сайынғы шығыны 65 кВт · 8 нөмір = айына 520 кВт құрайды. Жылытуды есепке алмағанда, қонақ үй мен мейрамхананы ұстауға жұмсалатын электр энергиясының жалпы шығыны айына бір блокқа әрқайсысы 8 нөмірден 3020 кВт құрайды:

$$P = 520 + 2500 = 3020 \text{ кВт}$$

Бұдан шығатыны, жылытуды есепке алмағанда, барлық электр аспаптары мен жарықтандыру үшін орташа сағаттық тұтыну 4,19 кВт/сағ құрайды;

$$W = \frac{P}{720} = \frac{3020}{720} = 4,19 \text{ кВт/сағ}$$

Бұл санға жылу сорғысы тұтынатын 3,5 кВт/сағ қосу керек. Нәтижесінде генератор сағатына кемінде 7,69 киловатт электр энергиясын қамтамасыз етуі керек;

$$W = 3,5 + 4,19 = 7,69 \text{ кВт/сағ}$$

Желдің орташа жылдық жылдамдығы 7,1 м/с генераторға номиналды қуаттың кем дегенде 40% жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Бұдан шығатыны, генератордың номиналды қуаты кемінде 17,75 кВт/сағ болуы керек:

$$W = \frac{7,1}{0,4} = 17,75 \text{ кВт/сағ}$$

Алдында есептелгендей, бір блокқа электр энергиясына қажеттілікті өтеу үшін айына орта есеппен 3020 кВт қажет, ал бүкіл кешен үшін керегі:

$$P_{ж} = 3020 \cdot 20 = 60400 \text{ кВт}$$

Кешенді энергиямен қамтамасыз етуге арналған қондырғылар санын анықтаймыз:

$$K_y = P_{ж}/P_{ср}$$

$$K_y = \frac{64000}{34000} = 1,88 \approx 2$$

мұндағы K_y – қондырғылар саны;

$P_{ж}$ – барлық кешен үшін қуаты, кВт;

$P_{ср}$ – қондырғының өндіретін қуаты.

Есептеулерден көрініп тұрғандай, ұсынылған типтегі және таңдалған қуаттың 2 жел қондырғысы қажет.



14 – сурет - EuroWind 20 қондырғысы

Негіздемелер мен есептеулерден EuroWind 20 жел қондырғысы мен компоненттерін сатып алу үшін жеткілікті үлкен бағамен генераторды іске қосу тұтынушының қаражатын едәуір үнемдейді, қоғамдық электр желілерінен тәуелсіздік береді және оны еліміздің кез-келген шалғай аудандарында пайдалануға болады деп қорытынды жасауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, дипломдық жұмыста жаңартылған энергия көздерінің бірі – жел энергетикасы қарастырылды. Жел энергетикасының көлденең айналу осі жел турбинасының жұмыс істеу принциптері, артықшылықтары мен кемшіліктері және ерекшеліктері қарастырылды.

Тиімділік деңгейі бойынша көлденең айналу осьті жел турбиналары сөзсіз көшбасшы болып табылады, себебі олар қалақшалардың аймағына келетін ағынның толық энергиясын алады.

Көлденең - осьтік ЖЭҚ жоғары пайдалы әсер коэффициентке ие ($\eta=40-59\%$). Сондықтан бұл жел генераторлары электр энергиясын өндіруге мақсатта да, өнеркәсіптік мақсатта да қолданылады. Сонымен қатар, көлденең құрылғылар үшін желге бағыттау мүмкіндігі маңызды параметр болып табылады. Ауа ағындарының бағыты жер бетінен тұрақсыз болғандықтан, айналу осі үнемі тез түзетілуі керек. Сонымен қатар, үлкен құрылғылар үшін бұл мүмкіндік өте шектеулі, сондықтан олар желдің бір бағыты басым жерлерде орнатылады.

Сонымен қатар, бұл дипломдық жұмыста Арқалық ЖЭС – ын жетілдіру мақсатында EuroWind 20 қондырғысының орнатылу қажеттілігі туындайды. Бұл қондырғы есептеулердің нәтижесінде қоғамдық электр желілерінен тәуелсіздік береді және оны еліміздің кез-келген шалғай аудандарында пайдалануға болады деп қорытынды жасауға болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Стратегия «Казахстан-2050»: новый курс состоявшегося государства, Послание президента Р.К. – лидера нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана, г. Астана, 14.02.2012.

2 Сценарий развития направления «Безопасная, чистая и эффективная энергетика» в Казахстане до 2030 года. [http:// www.ncste.kz/sites/default/files/](http://www.ncste.kz/sites/default/files/)

3 Statistical Review of World Energy June 2014.xlsx//BP: Energyeconomics. [http:// www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview).

4 www.atlas.windenergy.kz - Веб-версия Ветрового Атласа Казахстана.

5 Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Ветроэнергетика. Харьков : ХАИ, 2014. 158 с.

6 «Перспективы для возобновляемой энергии в Казахстане» -Предложения посольства Великобритании на встрече в Астане 5 сентября 2006г. для обсуждения возможностей развития возобновляемых источников энергии в Казахстане, г. Астана, Министерство Энергетики и Минеральных Ресурсов РК

7 Научный журнал Куб ГАУ [Электронный ресурс] // интернет-сайт URL: <http://ej.kubagro.ru/> (дата обращения: 16.04.2020)

8 Безруких П. П. Ветроэнергетика : справочное и методическое пособие. М. : ИД «ЭНЕРГИЯ», 2015. 320 с.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ШҚІРІ

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

(жұмыс түрлерінің атауы)

Жолдасбек Самат Ержанулы

(студенттің аты жөні)

5B071800 – «Электр энергетикасы»

Тақырыбы: «Көлденең айналу осімен жел турбинасын жетілдіру»

Диплом қорғаушы студент Жолдасбек Самат Ержанулы қорғауға ұсынылып отырған жұмысты орындауға уақытында кірісті. Осы дипломдық жұмысты орындау үшін бірқатар энергетикалық мәселелер қойылып, дипломдық жұмысқа қажетті тапсырмалар құрастырылды.

Тапсырманы орындау барысында Самат Ержанулы өзінің жан-жақтылығымен көзге түсті. Университет қабырғасында алған теориялық білімін тәжірибемен ұштастыра білді.

Дипломдық жұмысты жазу барысында студент өзінің кез-келген жұмысқа өте жауапты қарайтынын және білікті маман болатынын көрсетті.

Дипломдық жұмысына келетін болсақ, жұмыс барлық талаптарды қанағаттандырады. Қорыта айтатын болсақ, жұмыс тыңғылықты орындалған. Қорғауға ұсынылып отырған дипломдық жұмыс кіріспеден, негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады.

Дипломдық жұмыс мемлекеттік комиссия алдында қорғауға ұсынылады және Жетекшінің дипломдық жұмысқа қоятын бағасы 90% (өте жақсы). Ал Жолдасбек Самат Ержанулы 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша бакалавр академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

Ғылыми жетекші
лектор



К.Б. Шакенов

«07» маусым 2021 ж.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Жолдасбек Самат Ержанулы

Название: Көлденең айналу осімен жел турбинасын жетілдіру

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:0

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:102

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки: 0


После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

09.06.2021.
.....
Дата


.....
Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Жолдасбек Самат Ержанулы

Название: Көлденең айналу осімен жел турбинасын жетілдіру

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:0

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:102

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Дата



Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....*допускается к защите*.....
.....
.....

.....*09.06.2022*.....



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения