

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Укенов Маді

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Тік өсті жел қондырғысын талдау»

5B071700 - «Жылу энергетикасы»

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Допущен к защите
Кафедра меңгерушісі
Научный сотрудник, профессор
Институт энергетической
и машиностроения
Е.А. Сарсенбаев
05 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Тік өсті жел қондырғысын талдау»

5B071700-«Жылу энергетикасы»

Орындаған:

Укенов М.Е

Пікір беруші

Ғылыми жетекші

Ассистент-профессор

PhD докторы, қауым., профессор



Ж.Ж.Калиев

(қолы)

05 2022 ж.



Қ.Б.Шакенов

(қолы)

« 19 » 05 2022 ж.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

М.Е. Укенов

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

5B071700 – Жылу энергетикасы



БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

PhD докторы, қауым., профессор

Е.А. Сарсенбаев

«27» 01 2022 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Укенов Мәди

Тақырыбы «Тік өсті жел қондырғысын талдау»

Университет ректорының 2021 ж. «24» желтоқсанындағы № 489-ПӨ
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

Қазақстан облыстары бойынша жел әлеуетін талдау (БҰҰДБ Қазақстан
жобасынан алынған деректер).

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Жел турбиналарының конструктивтік ерекшеліктері және тік осьті
жел турбиналарының қолдану аясы;

ә) ЖЭҚ аэродинамикалық параметрлері;

б) ЖЭҚ математикалық модельдеу;

в) Бқтималды электрмен жабдықтау жүйесін таңдау жүргізілді;

г) ЖЭҚ енгізуден кейінгі экономикалық көрсеткіштерді бағалау.

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдар слайдпен
көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 11 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Қазақстан облыстары бойынша жел әлеуетін талдау (БҰҰДБ Қазақстан жобасынан алынған деректер).	27.02.2022	тоқ
Жел турбиналарының конструктивтік ерекшеліктері және тік осьті жел турбиналарының қолдану аясы	21.03.2022	тоқ
Математикалық модельді әзірлеу және жел қондырғысының қалақшаларының геометриялық өлшемдерін есептеу	14.04.2022	тоқ

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Жел турбиналары конструкцияларын талдау	Қ.Б.Шакенов PhD докторы, қауым., профессор	19.05.2022	
Жел энергетикалық потенциалдың бағалауы	Қ.Б.Шакенов PhD докторы, қауым., профессор	19.05.2022	
ЖЭҚ математикалық модельдеу	Қ.Б.Шакенов PhD докторы, қауым., профессор	19.05.2022	
Норма бақылау	А.О.Бердибеков сениор-лектор	19.05.2022	

Ғылыми жетекші



(қолы)

Қ.Б.Шакенов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Укенов М.

Күні

« 10 » мамыр 2022 ж.

АНДАТПА

Кіріспеде тақырыптың өзектілігі негізделген, дипломдық жобаны жазу мақсаты қойылған, зерттеу объектілері мен пәні, міндеттері анықталған. Бірінші тарауда әлемдегі және атап айтқанда Қазақстандағы жел энергетикасының дамуының жалпы жағдайы зерттелген. Екінші тарауда автономды энергиямен қамтамасыз ету жүйесі әзірленуде. Үшінші тарауда ЖЭҚ математикалық моделі жасалады және MATLAB ортасында модельдеу моделі зерттеледі және жел электр станцияларын орналастыру мәселелері туралы айтылады. Қорытындыда ЖЭҚ пайдалану тиімділігі бойынша негізгі тұжырымдар мен ұсыныстар қамтылады.

АННОТАЦИЯ

Введение строится исходя из актуальности темы, цели написания дипломного проекта, объектов и предмета исследования, задач. В первой главе рассматривается общее состояние развития ветроэнергетики в мире и в Казахстане в частности. Во второй главе разрабатывается автономная система электроснабжения. В третьей главе разрабатывается математическая модель возобновляемой энергетики и изучается модель моделирования в среде MATLAB, а также обсуждаются вопросы размещения ветряных электростанций. Заключение содержит основные выводы и рекомендации по эффективности использования возобновляемых источников энергии.

ANNOTATION

The introduction is based on the relevance of the topic, the purpose of writing a diploma project, the objects and subject of research, tasks are identified. The first chapter examines the general state of development of wind energy in the world and in Kazakhstan in particular. In the second chapter, an autonomous power supply system is being developed. The third chapter develops a mathematical model of renewable energy and studies the modeling model in the MATLAB environment and discusses the issues of location of wind power plants. The conclusion contains the main conclusions and recommendations on the efficiency of renewable energy use.

МАЗМҰНЫ

	Аңдатпа	
	Кіріспе	7
1	Жел турбиналары конструкцияларын талдау	8
1.1	Жел турбиналарының конструктивтік ерекшеліктері және тік осьті жел турбиналарының қолдану аясы	8
1.1.1	Тік айналу осі бар құрылғылар	10
2	Жел энергетикалық потенциалдың бағалауы	16
2.1	Жел турбинасының қосымша жабдықтары	19
2.2	Жел турбинасын орнату	20
2.3	Жел турбинасын орнату кезіндегі жалпы қауіпсіздік ережелері	22
2.4	ЖЭҚ аэродинамикалық параметрлері	25
2.4.1	Аэродинамикалық қуатты есептеу	25
2.4.2	Көлденең айналу осі бар жел доңғалағын есептеу әдісі	26
2.5	ЖЭҚ сипаттамаларын есептеу нәтижелерін талдау	28
2.5.1	Электр генераторды таңдау	28
2.6	Тұрақты магниті бар синхронды генераторды есептеу	32
2.6.1	Синхронды генератор үшін ротор параметрлерін есептеу	34
2.6.2	Ықтималды электрмен жабдықтау жүйесін таңдау	37
3	ЖЭҚ математикалық модельдеу	38
3.1	ЖЭҚ енгізуден кейінгі экономикалық көрсеткіштерді бағалау	43
	Қорытынды	47
	Әдебиеттер тізімі	48

КІРІСПЕ

Бүгінгі таңда энергияны үнемдеу мәселесі өте өткір, өйткені өнеркәсіппен технология үнемі дамып келеді және бұл электр энергиясы шығындарының айтарлықтай өсуіне, кәсіпорын шығындарының өсуіне және кәсіпорын шығаратын өнімнің өзіндік құнының өсуіне әкеледі. Өсіп келе жатқан бәсеке жағдайында кәсіпорындар энергия тұтынуды азайту және жекелеген салалардың энергия тиімділігін арттыру жолдарын іздеуге мәжбүр.

Өнеркәсіптік өндіріске жел электр станциясын енгізумен жеке цехтың қажеттілігіне кететін энергия жүйесінен энергия шығыны азаяды деп болжануда.

Жел генераторының параметрлері жүктемеге байланысты. Сондықтан зауыт цехтарының қайсысын жел электр станциясынан электр энергиясымен қамтамасыз етуге болатынын анықтау қажет. Оңтайлы параметрлері бар жел генераторын тандау үшін технологиялық процестің ерекшеліктерін білу қажет.

Сонымен, зерттеу мәселесі ағаш шеберханасының біріне балама қуат көзі ретінде арналған жел электр станциясының оңтайлы техникалық сипаттамаларын анықтау болып табылады.

Зерттеудің мақсаты жел электр станциясын енгізу арқылы ағаш шеберханасының цехтарының бірінің қажеттіліктері үшін электр жүйесінен электр энергиясын тұтынуды азайту.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы ұсынылған жел турбинасын ағаш шеберханасы үшін баламалы қуат көзі ретінде пайдалану мүмкіндігінде.

Жұмыстың жаңалығы WH6.4-5000W типті жел турбинасының параметрлерін ескеретін және виртуалды синхронды генератордан тұратын жел электр станциясының математикалық моделін жасауда жатыр. SimPowerSystem кітапханасы, сондай-ақ желдің әрекетін және жел генераторының механикалық бөлігінің қозғалысын имитациялайтын Matlab бағдарламалық пакетінің Simulink қосымшасының блоктары.

1 Жел турбиналары конструкцияларын талдау

1.1 Жел турбиналарының конструктивтік ерекшеліктері және тік осьті жел турбиналарының қолдану аясы

Тік жел турбиналары көлденеңге қарағанда тиімділігі төмен. Олардың ПӘК-і көлденең модификациялардан 3 есе аз [4,18]. Тік жел генераторының қалақшалары желдің кез келген бағыты мен күші бойынша жер бетіне перпендикуляр айналады. Сондықтан қалақшалардың жалпы санының 1/2 бөлігі жел турбиналары әрқашан желге қарсы айналады. Осыған байланысты жел дөңгелегі тік айналуы бар жел турбинасында жел қуатының 1/2 бөлігі пайдаланылмайды, бұл олардың энергия тиімділігін айтарлықтай төмендетеді. Бұл басты кемшілік. Сонымен қатар, келесі түрлердің кемшіліктері бар: қалқаншаларының тәуелсіз айналдыру мүмкіндігі жоқ; Құрылымдық элементтерге айтарлықтай жүктеме; Қалқаншалар бірдей болуы және көрсетілгенге сәйкес болуы керекпрофиль; Жұмыс кезінде шу деңгейінің жоғарылауы.

Дегенмен, жел дөңгелегі тік айналмалы жел турбиналары белгілі бір артықшылықтарға ие. Мысалы, бұл модельдер орнатуды және пайдалануды жеңілдетеді. Бұл тік жел дөңгелегі бар дизайнда беріліс қорабы мен электр генераторы жерге орналастырылғанына байланысты. Конструктивті артықшылығы - олар флюгерді қажет етпейді. Олар ауа ағындарына қатысты тәуелсіз бағдарлаумен сипатталады.

Тік жел турбиналарының конструкциялары жел доңғалақтарының әртүрлі модификацияларына байланысты айтарлықтай айырмашылықтарға ие. Ең көп таралған нұсқаларды қарастырыңыз.

а) Савониус роторы

Бұл ротордың қалақшалары цилиндрлік беттер түрінде жасалған конструкция (1.1-сурет).

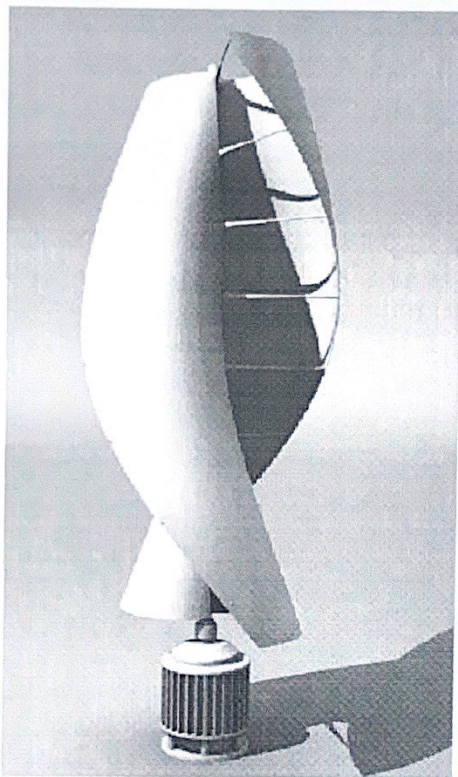
Савониус роторының артықшылықтары: желдің төмен мәндерінде бастау мүмкіндігі, қозғалыс 3 м/с мәндерден басталады; жоғары айналу моменті көрсеткіштерінің жылдам жиынтығы; дизайнның жоғары сенімділігі; салыстырмалы түрде төмен өндіріс құны.

Савониус роторы бар жел диірмендерінің кемшілігі барлық тік жел турбиналарымен бірдей. Бұл жел энергиясын толық пайдаланбау және соның салдарынан ауа ағынын түрлендіру тиімділігінің төмендігі. Сондықтан бұл құрылғылардың өнеркәсіптік өндірісі 4-6 кВт-тан аспайтын қуатпен жүзеге асырылады.

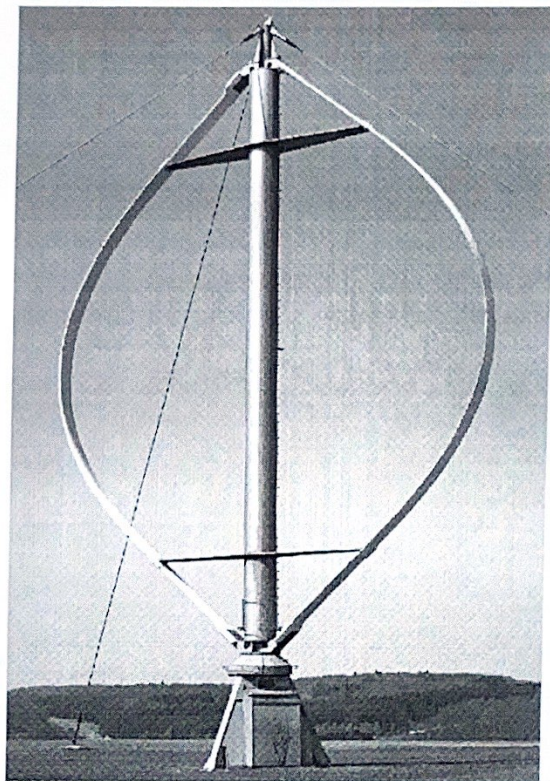
Дарье роторы бар тік жел диірмені әдеттегіден бірнеше онжылдықтар кейін ойлап табылды. Сырттай мұндай жел генераторы сопақ пішінді иілген екі немесе үш қалақшамен жасалады (1.2-сурет).

Дарье роторы бар жел турбиналарын өндіру оңай және орнату оңай. Сондай-ақ олардың артықшылығы - ауа ағынының бағытына тәуелсіз бағдарлау. Негізгі жетек білігі жер деңгейіне жақын орналасқан, бұл оған күтім

жасауды жеңілдетеді. Дарье роторы бар жел диірменінің дизайны қарапайым кинематикалық схемамен ерекшеленеді.



1.1-сурет - Савониус роторының сыртқы көрінісі



1.2-сурет - Дарье роторының сыртқы көрінісі

Мұндай жел генераторының негізгі кемшілігі - роторды қолмен іске қосу керек. Ол сондай-ақ ауа ағындарының динамикалық әсерінен туындаған тірек түйіндеріне жоғары жүктемемен ерекшеленеді. Жел диірменінің қалыпты жұмыс істеуі үшін оның бүкіл ұзындығы бойынша көрсетілген қалақшалардың профилін қатаң сақтау қажет. Дарье роторы бар жел диірмені жұмыс кезінде өте шулы.

в) Спираль тәрізді ротор.

Спиральды ротор вертикаль-осьтік жел турбинының дамуы болып табылады. Соңғысының қалақшалары геликоидты қисық түрінде жасалады, бұл құрылымға біркелкі айналу қамтамасыз етеді және тірек бөлігіндегі жүктемені азайтады. Ротор қалақшаларының диагональды иілісі жылдамдықтың жылдам жиынтығына ықпал етеді. Жел ағынының тиімділігі көлденең құрылғыларға жақын. Сонымен бірге ол жұмыс кезінде шуды жоғарылатады және дыбыс спектрінің қысқа толқындық бөлігінде орналасқан дыбыс толқындарын тудырады. Қалақша профилінің күрделі конфигурациясына байланысты вертоидты роторды өндіру қымбатқа түседі (1.9-сурет).

Өнеркәсіптік жел қондырғыларының конструктивтік және технологиялық ерекшеліктерін зерттеу негізінде келесі қорытындыларды жасауға болады.

Тік жел генераторының басталу моменті азырақ. Сондықтан ол желдің минималды жылдамдығынан бастап жұмыс істей алады. Көлденең - күштірек, сондықтан ол әлдеқайда үлкен қуаттағы электр қабылдағыштарды қуатпен қамтамасыз ете алады.



1.3-сурет - Спиральды ротордың сыртқыкөрінісі

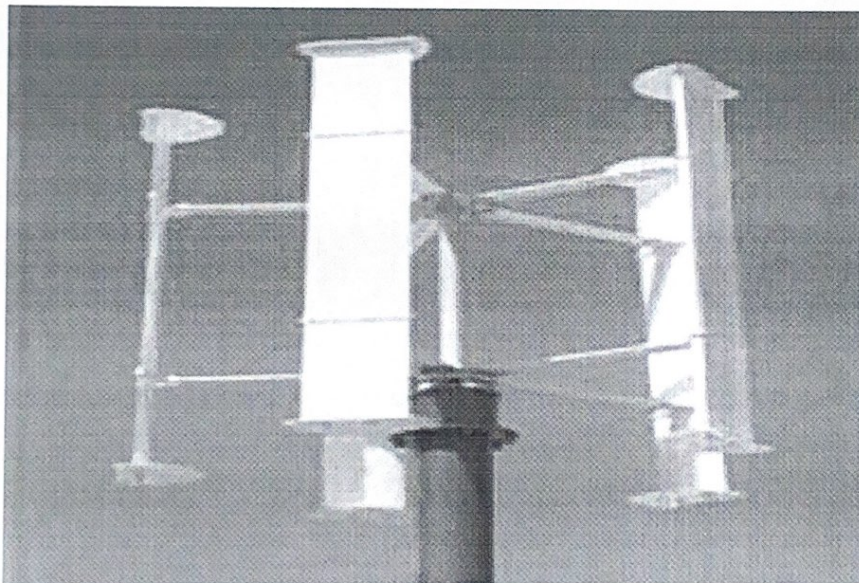
Тік осьті жел турбиналары жерге орнатылады, осылайша генераторға қол жеткізуді және оларға техникалық қызмет көрсетуді жеңілдетеді.

Тік жел генераторлары көп бағытты желден немесе дауылдан қорықпайды, өйткені олардың желге төзімділігі аз. Барлық осы қасиеттер бұл жел қондырғыларын тұрғын үйге жақын жерде, тіпті қалаларда орнатуға мүмкіндік береді.

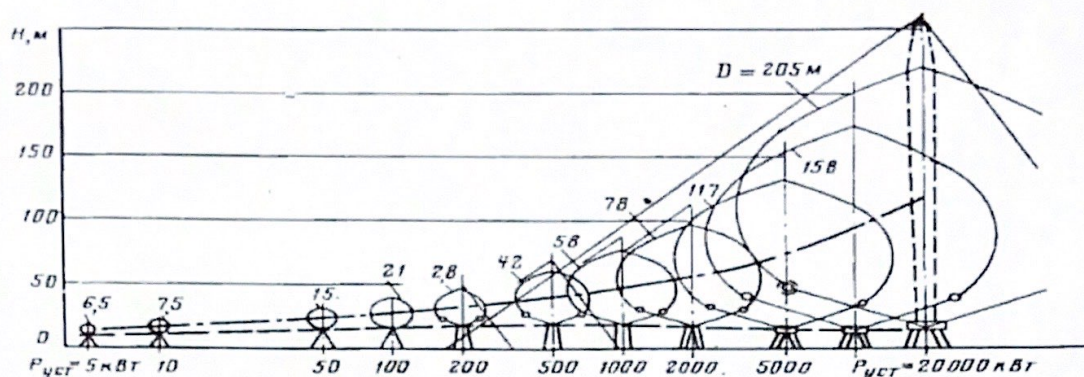
1.1.1 Тік айналу осі бар құрылғылар

Мұндай жел қабылдайтын құрылғылар көлденең айналу осі бар жел қабылдайтын құрылғыларға қарағанда маңызды артықшылықтарға ие. Олар үшін желге бағытталған құрылғыларға қажеттілік жоқ (1.4-суретті қараңыз), дизайн жеңілдетіліп, гироскопиялық жүктемелер азаяды, бұл қалақшаларда, беріліс жүйесінде және көлденең айналу осі бар қондырғылардың басқа элементтерінде қосымша кернеу тудырады. Бұрын тік айналу осі бар құрылғылардың әртүрлі түрлері жасалынған, оларда моментті құру үшін

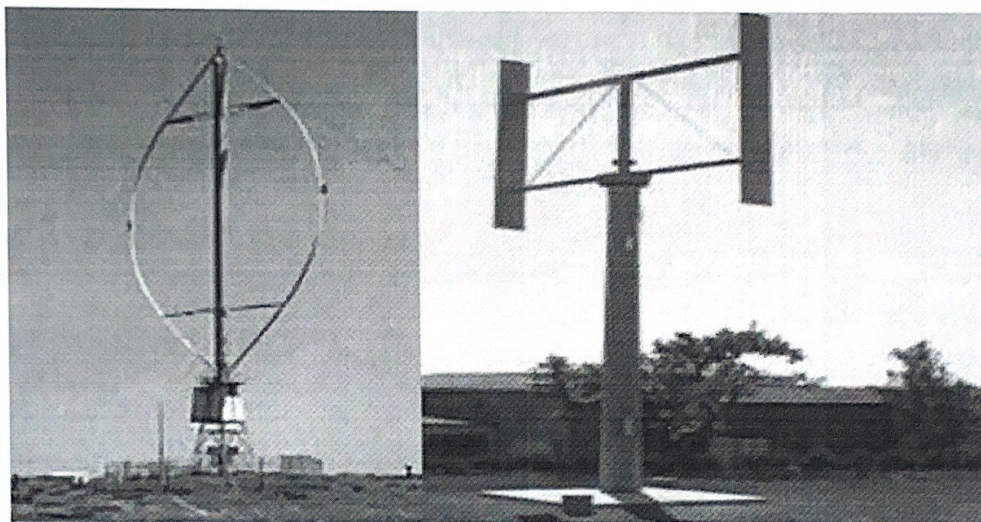
қарсылық күші қолданылған. Оларға пластиналары бар, шыныаяқ тәрізді немесе турбиналық элементтері бар құрылғылар, сондай-ақ S-тәрізді қалақшалары бар Савониус роторлары кіреді, оларға көтеру күші де әсер етеді. Бұл типтегі құрылғылар қарапайым ротормен салыстырғанда үлкен бастапқы нүктеге ие, бірақ жылдамдығы мен қуаты аз. 1.4-суретте тік айналу осі бар жел генераторының мысалы келтірілген. Тік айналу осі бар жел қозғалтқыштарынан Дарье роторларын ерекше атап өткен жөн. Дарье роторы көлденең кимасында қанат профилі бар иілген қалақшаларда пайда болатын көтеру күшін пайдаланатын жел қабылдайтын құрылғыларға жатады. Ротордың салыстырмалы түрде аз бастапқы моменті бар, бірақ жоғары жылдамдық, осыған байланысты оның массасына немесе құнына байланысты салыстырмалы түрде үлкен нақты қуат бар. Мұндай роторлар бір, екі немесе одан да көп жүздері бар әртүрлі пішінді (Y -, Y -, Δ - тәрізді) болады. Бастапқы моментті арттыру үшін Дарье роторын әртүрлі көмекші құрылғылармен біріктіруге болады. Алайда, бұл жел қондырғысының массасы мен құнын арттырады және оны осындай сипаттамаларда қолдану нақты мақсаттағы дизайнды оңтайландыруды қажет етеді. 1.5-суретте Дарье Руст роторының орнатылған қуатының оның мөлшеріне тәуелділігі көрсетілген.



1.4-сурет - Тік айналу осі бар жел генераторы EuroWind VS-002 200W

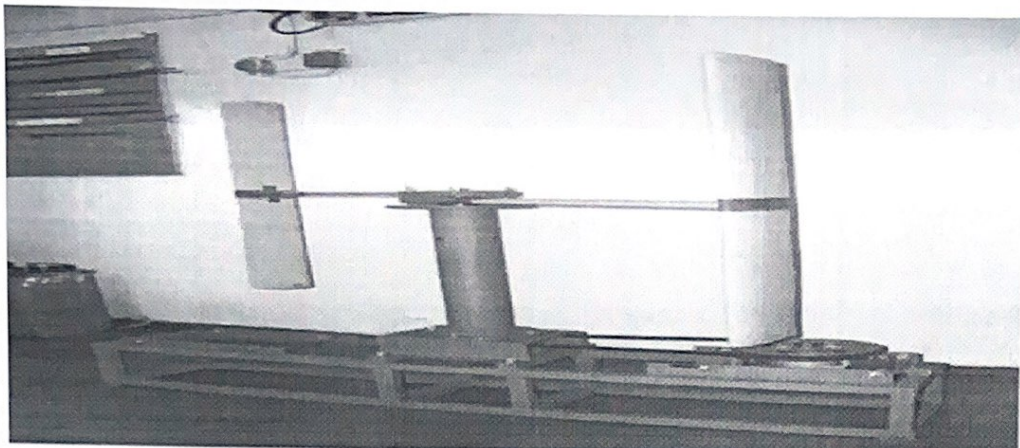


1.5-сурет - Жылдық орташа жел жылдамдығы 7,6 м/с болатын тік айналу осі бар Дарри жел турбиналарының типтік сызбасы



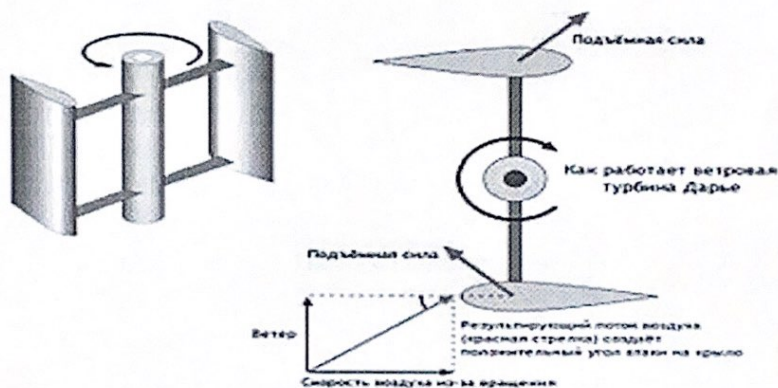
1.6-сурет – Дарье роторының әртүрлі вариациялары

1.6-суретте Дарье роторының әртүрлі вариацияларын көруге болады. Жел энергетикасын дамыту бүкіл әлем бойынша жүріп жатыр және Қазақстан да бұдан тыс қалған жоқ. Бірқатар қазақстандық әзірлеушілер жел энергетикасын дамыту ісіне өз үлестерін қосты. (1.7-суретті қараңыз).



1.7-сурет - Дарье типті жетілдірілген жел турбинының прототипі

Бұл жел генераторының маңызды артықшылықтарының бірі-бұл қондырғы желге бағытталған жүйені қажет етпейді. Бұл орнатуды жеңілдетеді және оның тиімділігін арттырады. Бірақ бұл қондырғының кемшіліктері бар. Жоғарыда айтылғандай, кемшілігі-қалақшаларға әсер ететін жел қондырғысының көтеру күшінің желге қатысты бағытына байланысты нөлден максимумға дейін өзгеруі. Көтеру күшінің төмендеуі өндірілетін энергия мөлшерін азайтады (1.8-суретті қараңыз).



1.8-сурет - Дарье типті жел турбинына күштердің әрекетінің суреті



1.9-сурет - Жел әрекетінің векторы мен вентильді хорда арасындағы бұрыш 90° -қа жақын

Желдің жылдамдығы векторы мен қанат профилінің аккорды 90° -ға жақын бұрышты құрайтын жағдай туындаған кезде (1.11-суретті қараңыз), қалақшаларға әсер ететін көтеру күші максималды болады. Жел жылдамдығының векторы мен қанат профилінің хордасы арасындағы бұрыш 0° -ға жақын болған кезде жағдай мүлдем басқаша болады. бұл жағдайда көтеру күші нөлге ұмтылады, бұл қажет емес. 1.12-суретті қараңыз.



1.10-сурет - Жел әрекетінің векторы мен вентильді хорда арасындағы бұрыш 0° -ға жақын

Қанат профилі ретінде NASA - 0021 профилі қолданылады. Тік айналу осі бар роторлардың басқа түрлерінде Магнус эффектісі; айналмалы цилиндрлері бар мұндай роторларға Мадрас пен Флеттнердің дизайнын жатқызуға болады. Магнус эффектісіне сәйкес айналмалы цилиндрге жел ағыны түскенде, ағынның бағытына перпендикуляр күш әсер етеді (1.11-суретті қараңыз). Мұндай құрылғылар желкендер сияқты кемелерді немесе құрлықтағы көлік құралдарын қозғалысқа келтіру үшін пайдаланылуы мүмкін. Құбырда немесе мұнарада орналасқан тік - осьтік айналу роторы бар жел қондырғылары да белгілі, олардың ішінде көтерілген құйындар пайда болады. Сонымен қатар, мұнара ішіндегі ауаны тікелей күн сәулесі немесе отынды жағу арқылы жылыту қарастырылған, нәтижесінде ауа кеңейеді, нәтижесінде газ турбины пайда болады.



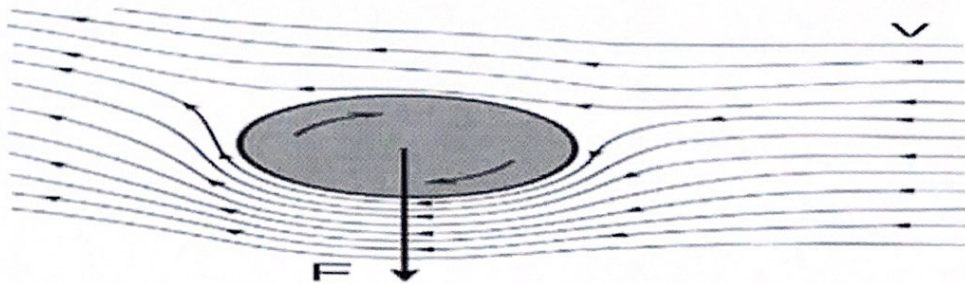
1.9-сурет - Жел әрекетінің векторы мен вентильді хорда арасындағы бұрыш 90°C -қа жақын

Желдің жылдамдығы векторы мен қанат профилінің аккорды 90°C -ға жақын бұрышты құрайтын жағдай туындаған кезде (1.11-суретті қараңыз), қалақшаларға әсер ететін көтеру күші максималды болады. Жел жылдамдығының векторы мен қанат профилінің хордасы арасындағы бұрыш 0° -ға жақын болған кезде жағдай мүлдем басқаша болады. бұл жағдайда көтеру күші нөлге ұмтылады, бұл қажет емес. 1.12-суретті қараңыз.



1.10-сурет - Жел әрекетінің векторы мен вентильді хорда арасындағы бұрыш 0°C -ға жақын

Қанат профилі ретінде NASA - 0021 профилі қолданылады. Тік айналу осі бар роторлардың басқа түрлерінде. Магнус эффектісі; айналмалы цилиндрлері бар мұндай роторларға Мадрас пен Флеттнердің дизайнын жатқызуға болады. Магнус эффектісіне сәйкес айналмалы цилиндрге жел ағыны түскенде, ағынның бағытына перпендикуляр күш әсер етеді (1.11-суретті қараңыз). Мұндай құрылғылар желкендер сияқты кемелерді немесе құрлықтағы көлік құралдарын қозғалысқа келтіру үшін пайдаланылуы мүмкін. Құбырда немесе мұнарада орналасқан тік - осьтік айналу роторы бар жел қондырғылары да белгілі, олардың ішінде көтерілген құйындар пайда болады. Сонымен қатар, мұнара ішіндегі ауаны тікелей күн сәулесі немесе отынды жағу арқылы жылыту қарастырылған, нәтижесінде ауа кеңейеді, нәтижесінде газ турбинасы пайда болады.



1.11-сурет - Магнус эффектісін қолдану: V- жел эффектісі; F-көтеру күші (магнус әсері)

Құбырда немесе мұнарада орналасқан тік - осьтік айналу роторы бар жел қондырғылары да белгілі, олардың ішінде көтерілген құйындар пайда болады. Сонымен қатар, мұнара ішіндегі ауаны тікелей күн сәулесі немесе отынды жағу арқылы жылыту, содан кейін ауаны кеңейту арқылы қамтамасыз етіледі, нәтижесінде газ турбинасының әсері алынады. Сайып келгенде, қондырғылардың көптеген мүмкін түрлері мен конфигурацияларының тиімділігін бағалауды желдің берілген жылдамдығымен қондырғы шығаратын энергия құнының өлшеміне дейін азайтуға болады. 1.2-кестеде роторлардың салыстырмалы сипаттамасы келтірілген.

1. 1 –кесте - Тік және көлденең айналу осі бар жел қозғалтқыштарының салыстырмалы сипаттамасы

	Тікпен айналу	Көкжиекпен, айналу әдісі
Бағдарлау жүйесі	Қажет емес	Қажет
Тиімділігі	0.3 – 0.4	0.4 – 0.5

Жел бағытының жиі өзгеруімен сипатталатын Қазақстан климатында тік айналу осі бар жел генераторын (ЖГ) таңдауға тоқталған жөн.

2 Жел энергетикалық потенциалдың бағалауы

Жел турбинасын белгілі бір мағынада тұрмыстық өнім деп санауға болады, өйткені оны орнатуға және пайдалануға рұқсат талап етілмейді. Бұл жел энергиясының маңызды артықшылығы. Қаншалықты

жел турбиналары әкімшілік рұқсаттармен орнатылып, жұмыс істей алады, содан кейін олардың көмегімен сіз дерлік тегін электр энергиясын ала аласыз. Жел генераторы отынға мұқтаж емес, қоршаған ортаны ластамайды және шамадан тыс шу тудырмайды.

Жел қондырғыларын электр желілерінен қашықтағы тұтынушыларды негізгі немесе резервтік қуатпен қамтамасыз ету үшін, сондай-ақ ақша үнемдеу мақсатында үнемі өсіп отырған тарифтерге байланысты пайдалануға болады.

Шын мәнінде, жел турбинасы электр энергиясын өндіруге және жинақтауға арналған жабдықты ғана емес, сонымен қатар электр сапасының стандартты көрсеткіштерімен кернеуді алуға мүмкіндік беретін құрылғыларды біріктіреді.

Жел турбинасында қайта зарядталатын батарея (аккумулятор) бар. Ол тұрақты токпен зарядталады. Жел турбинасының бөлігі болып табылатын электр генераторы айнымалы токқа энергия өндіреді. Сондықтан жел турбинасының бөлігі ретінде айнымалы ток кернеу жүйесін тұрақты кернеу жүйесіне түрлендіретін құрылғы бар. Бұл түзеткіш. Тұрақты токтан айнымалы токқа (50 Гц, 220/380 В) түрлендіру инвертордың көмегімен жүзеге асырылады, ол да жел турбинасының құрамдас бөлігі болып табылады. Жел генераторынан энергия алатын электр қабылдағыштар қоректендіру кернеуінің сапасына сезімтал болса, инверторларды жел генераторларының бөлігі ретінде пайдалану міндетті болып табылады.

Үлкен электр тұтынушыларын қуаттандыру үшін жел турбиналары дизельдік немесе бензин генераторы, күн батареялары, сондай-ақ орталық электрмен жабдықтау желісі бар кешеннің бөлігі ретінде пайдаланылуы мүмкін. Жүйеге енгізілген дизельдік немесе бензин генераторы, күн батареялары батареяларды (бұдан әрі - аккумуляторлар) зарядтау және ұзақ тыныштық жағдайында қажетті электр қуатын өндіру үшін резервтік көздер ретінде пайдаланылады. Осылайша, автономды кепілдік берілген электрмен жабдықтаудың сенімді және үнемді жүйесі құрылады.

Жел электр станциясының параметрлері өндірілетін электр энергиясының көлеміне және жел турбинасын орнату ұсынылатын жердің жел энергетикалық әлеуетіне байланысты.

Ауданның жел потенциалы желдің орташа жылдық жылдамдығының мәнімен сипатталады $V_{\text{ср}}^3$.

Жел диірмені өндіретін электр энергиясының мөлшері жел соғып жатқан қалақшалардың бетінің ауданына байланысты. Бұл аймақ жел дөңгелегі диаметрімен (немесе радиусымен) анықталады [3, 15 бет]. Желдің жылдамдығы мен жел генераторы өндіретін электр қуаты арасындағы байланыс мына формуламен көрсетіледі.

$$P_{\text{эл}} = \xi 0,5 \pi R^2 \rho V_{\text{орт}}^3 \eta \quad (2)$$

мұндағы ξ – жел энергиясын пайдалану коэффициенті;

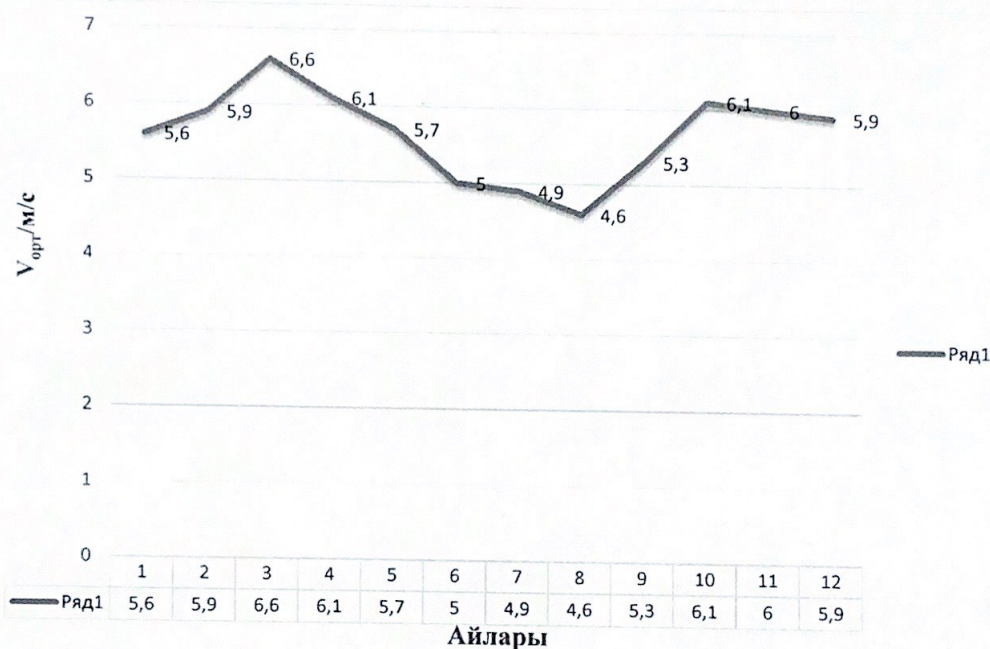
R - жел дөңгелегі радиусы;

P - ауаның тығыздығы (қалыпты жағдайда)

$V_{орт}$ - желдің орташа жылдамдығы м/с;

η – Электр механикалық энергия түрлендіргішінің тиімділігі

Жел турбинының нақты үлгісін таңдау керек критерийлерді анықтайық. Бірінші критерий-орнату орнындағы желдің орташа жылдық жылдамдығы. Екінші критерий-өндірілген электр қуатының мөлшері. Үшіншісі-әр түрлі модельдер үшін 2-ден 4 м/с диапазонында өзгертін бастапқы жел жылдамдығының мәні. Төртінші- желдің номиналды жылдамдығы, әдетте 8 - 15 м/с. Желдің орташа жылдық жылдамдығы Бофорт шкаласы және көрінетін әрекетті бақылау арқылы алынған мәліметтер арқылы анықталады. Жел турбинысын орнату жоспарланған учаскеде жыл бойы жел (2-сурет).

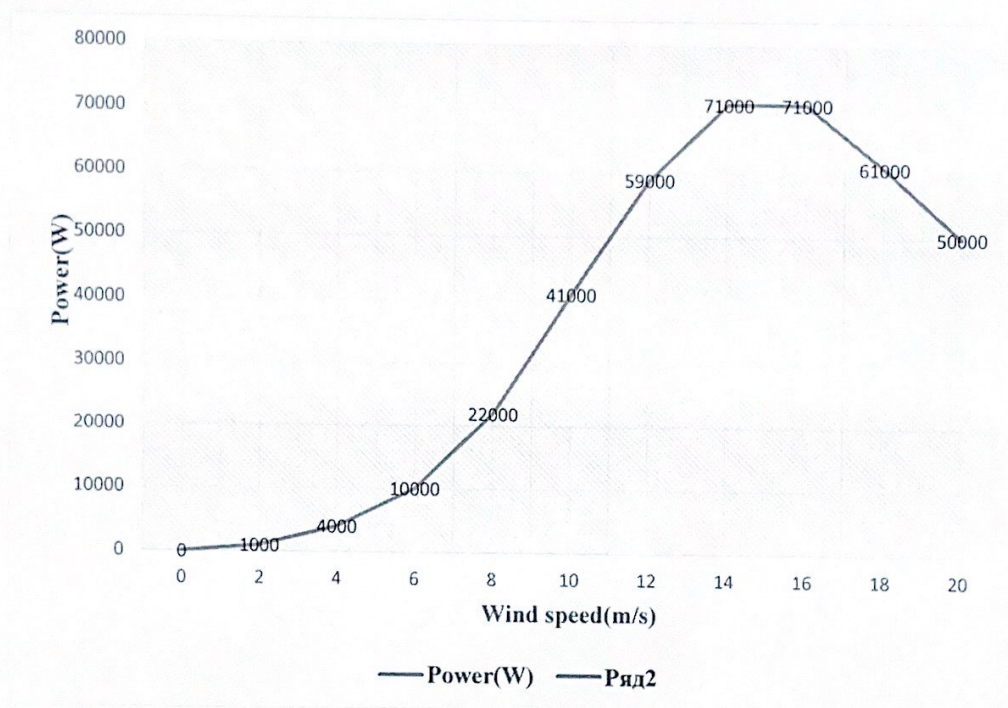


2-сурет – Айлар бойынша желдің орташа жылдамдығы

Бофорт шкаласы мен метеорологиялық мәліметтер бойынша желдің орташа жылдық жылдамдығы $V=6$ м/с. Жел генераторын таңдау үшін жел турбинының мүмкіндіктерін анық көрсететін және өндірілетін электр қуатының жел жылдамдығына тәуелділігін білдіретін қуат сипаттамасын пайдалануға болады. Бұл сипаттама әдетте эксперименталды түрде қабылданады және жел қондырғыларының техникалық сипаттамасында келтірілген.

Өндірушілердің веб-сайттарында ұсынылған деректерді талдау негізінде біз алдымен ағаш шеберханасы үшін баламалы қуат көзі үшін WH6.4-5000 типті жел турбинысын таңдаймыз. 2.1-суретте осы жел турбинының қуат сипаттамасы көрсетілген.

WH6.4-5000 жел генераторы 5 кВт номиналды қуатымен сипатталады. 2,5 м/с желдің бастапқы жылдамдығымен жұмыс істейді. Желдің орташа жылдық жылдамдығы 6 м/с болғанда өндірілетін қуат шамамен 10 000 Вт құрайды. 14905 Вт қуат өндіру үшін кемінде екі «Weswen» жел турбиналары патенттелген магниттік материалды, сондай-ақ мыс, авиациялық алюминий және тот баспайтын болаттан жасалған арнайы қорытпаларды қолданудың арқасында әлемдегі ең озық қондырғылардың бірі болып табылады.



2.1-сурет – WH6.4-5000 типті жел генераторының қуат сипаттамасы

Бұл жел турбиналары бәсекелес модельдерге қарағанда көбірек қуат өндіре алады. Жел энергиясын пайдалану деңгейі жоғары, генератордың тиімділігі 80%-дан асады. Қалқанша білігі мен құйрығы болаттан, сырық құйрығы марганец болаттан жасалған. Жоғары сапалы материалдарды пайдалану сенімділік пен ұзақ мерзімділікті қамтамасыз етеді. Жүйенің тұрақты жұмысы. WH4.6-5000W және одан жоғары үлгіде Siemens PLC интеллектуалды басқару жүйесін пайдалану экономикалық тұрғыдан негізделген, ол келесі функцияларды жүзеге асырады: өзін-өзі қорғау, желдің оңтайлы бағытын автоматты іздеу, бақылау және т.б., бұл жел генераторының білігінің бұралуы, беріліс қорабын біркелкі басқаруды қамтамасыз етеді, бұл өз кезегінде бүкіл жүйенің сенімділігі мен қызмет ету мерзімін арттырады.

2.1 Жел турбинасының қосымша жабдықтары

Жел турбинасының бір үлгісіндегі әртүрлі жел жағдайлары мен электр жүктемелері үшін әртүрлі қуаттағы инверторларды және әртүрлі батареяларды орнатуға болады. Қосымша жабдық әрбір нысан үшін жеке таңдалады.

Аккумуляторлық батареяларды желсіз уақытта пайдалану үшін электр энергиясын сақтайды. Олар сонымен қатар генератордың шығыс кернеуін теңестіреді және тұрақтандырады. Аккумуляторлық батареялар арқасында қатты желмен де үзіліссіз тұрақты кернеу алуға болады [15, 16]. Тынық ауа-райында электр қабылдағыштар батареялардан қуат алады.

Жел турбиналарының тұрақты және сенімді жұмысына аккумуляторлық құрылғылардың әртүрлі түрлері де кепілдік береді. Олардың ішінде атап өтуге болады:

Батареялардың ең қарапайым түрлерінің бірі болып табылатын автомобиль стартер батареялары. Олар қызмет көрсетілетін және мөрленген болып бөлінеді. 100 разряд цикліне төтеп бере алатын аккумулятордың бірінші түрі электролит деңгейін тұрақты тексеруді және ГОСТ талаптарына сәйкес келетін тазартылған суды жыл сайын толтыруды қарастырады. Тығыздалған құрылғылар 200 зарядсыздану цикліне төтеп бере алатын техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейтін батарея түрі болып табылады. Ресурс таусылғаннан кейін олар жойылуға жатады.

Гельдік батареялар электр энергиясының химиялық көздерінің техникалық қызмет көрсетусіз түрі болып табылады. Олар қышқыл электролит құрамында арнайы силикагель қоюлатқыштың болуымен және артық зарядтарға сезімталдықтың жоғарылауымен ерекшеленеді. Пластиналар кәдімгі штамптау арқылы немесе «Past» технологиясын қолдану арқылы шығарылады. Соңғы кернеудің төмен мәні басқа аккумулятор түрлерімен салыстырғанда 350 рет өзгеретін разряд циклдерінің аз санын қамтамасыз етеді.

Батареялар мен аккумуляторлардан басқа жел турбинасына келесі құрылғылар кіруі мүмкін. Кернеу тұрақтандырғышы (кеңейтілген кіріс кернеу диапазоны бар), ол әртүрлі жүйелердің бөлігі ретінде пайдаланылған кезде генератордан шығу кезінде 220/380 В кернеуді алуға кепілдік береді.

Бұл құрылғы әдетте қабылдағыштар үшін тұрақты кернеу маңызды болған жүйелерде бұрын қолданылған. Басқару құрылғылары, мысалы, қуатты асинхронды генератор қоздыру жүйесі мен қуатты PWM түзеткіш/зарядтау құрылғысын біріктіре алады. Бұл құрылғылардың басты артықшылығы - жел дөңгелегі тек үш айналыммен асинхронды генератордың қозуы. Осындай төмен жылдамдықта батареяны тұрақты зарядтау үшін жеткілікті ток пайда болады.

ABP – резервтік қуат көзін автоматты түрде енгізу. Негізгі қуат істен шыққан кезде 0,5 секунд ішінде бірнеше қуат көздері арасында автоматты түрде ауысады. Жел генераторын, электр желісін, дизельдік генераторды және басқа қуат көздерін бір автоматтандырылған жүйеге біріктіруге мүмкіндік береді. ABP бір объектінің желісінің екі түрлі қуат көзінен бір уақытта жұмыс істеуіне мүмкіндік бермейді [10].

Түзеткіш - кейіннен аккумуляторға немесе инверторға беру үшін (жел диірмені тудыратын кернеудің сапасын жақсарту үшін) генератордың шығыс кернеуін түзету. Инвертор - түзеткіштің немесе аккумулятордың тұрақты тогын айнымалы токқа түрлендіреді. Ағаш шеберханасының электр жабдықтары айнымалы токпен жұмыс істейді. Сондықтан инвертордың болуы міндетті шарт болып табылады

Инверторлар әртүрлі түрде келеді. Ағаш шеберханасының жүктемесі бері - үш фазалы, содан кейін инвертор қажет, оның шығысы 3 фазалы кернеу жүйесі.

Қазіргі уақытта оқшауланған биполярлы транзисторлар (IGBT транзисторлары) коммутациялық кілттер ретінде жұмыс істейтін ең кең таралған автономды кернеу түрлендіргіштері.

Басқару жүйесі арқылы әрбір электронды ажыратқыш мезгіл-мезгіл бақыланбайтын түзеткіштің шығысында болатын тұрақты кернеуге қосылады. Басқаша айтқанда, PWM модуляциясының көмегімен үш фазалы айнымалы ток кернеуі жасалады, оның бірінші гармоникасы желідегі кернеу сияқты амплитудасы мен жиілігіне ие.

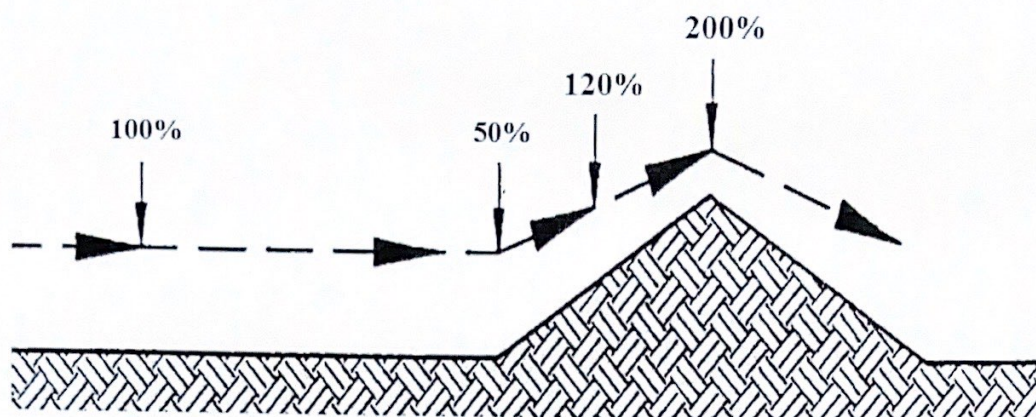
Біздің ойымызша, мұнда қарастырылған түрдегі инвертор жел турбинасына қосылуы керек.

2.2 Жел турбинасын орнату

Жел генераторын ең жоғары жел жылдамдығын алу үшін төбелерде және табиғи және жасанды кедергілерден мүмкіндігінше алыс орнату ұсынылады.

Жел диірмендерін орналастыруға арналған рельефке қарамастан, ол жер бетіне жақынырақ орнатылса, жел жылдамдығы соғұрлым төмен болады. 3.4-суретте биіктікте жел ағынының жылдамдығы жер бетіндегіге қарағанда әлдеқайда көп болатыны көрнекі түрде көрсетілген.

Бұл жер бетіндегі үйкеліс күшінің және жер бетіндегі кедергілердің болуының нәтижесі. Осы кедергілердің кесірінен турбуленттілік туындайды, бұл кез келген жел қондырғысының тиімділігін төмендетеді. Сондықтан жел диірменін желдер үшін мүмкіндігінше аз кедергі болатын жерге қойған дұрыс. Яғни жел қондырғысын төбеге қойған дұрыс [20].



2.3-сурет - Жел ағынының тығыздығы, %

Біздің жағдайда ағаш шеберханасының шатырына жел қондырғыларын орнату жоспарлануда.

Жел энергиясы жел жылдамдығының текше функциясы болып табылады. Сондықтан жел жылдамдығындағы шамалы өзгерістердің өзі шығарылатын қуаттың айтарлықтай өзгеруіне әкелуі мүмкін. Жел жылдамдығының екі еселенуі электр қуатын бірнеше есе арттырады. Әлбетте, желдің шамалы өзгеруі жел қондырғысының тиімділігін айтарлықтай өзгертуі мүмкін екеніне мұқият назар аудару керек.

Жерге орнату кезінде жел турбины орналасқан жердегі топырақтың сипаттамалары да ескеріледі. Борпылдақ құмды жер, гетерогенді топырақтар және ауа-райына байланысты оңай өзгеретін топырақтар, қадалар сияқты іргетастарды нығайту үшін шаралар қабылданбаса, жел қондырғысын орнатуға жарамайды. Жел генераторының жұмысы кезінде айтарлықтай діріл және тірек элементтерінің қопсытуы байқалады.

Орнату орнын тандаған кезде жел генераторы мен қосымша электр жабдықтары арасындағы қашықтықты ескеру қажет. Бұл қашықтық неғұрлым қысқа болса, қажет кабель ұзындығы соғұрлым қысқа болады. Нәтижесінде тасымалдау кезінде энергия шығыны аз болады. Егер бұл қашықтық үлкен болса, онда көлденең қималы үлкен кабельді пайдаланған жөн.[20]

Жел турбины орнату жұмыс барысында барлық қажетті қауіпсіздік талаптарын сақтай отырып, арнайы оқытылған персоналмен жүзеге асырылуы керек. Орнату жұмыстары құрғақ ауа-райында жүргізілуі керек, жел жылдамдығы аспауы керек. Желдің жылдамдығы -нен жоғары болған кезде барлық жұмысты тоқтату керек.

2.3 Жел турбинасын орнату кезіндегі жалпы қауіпсіздік ережелері

Жел турбинасын пайдалану процесі мұқият және жауапкершілікті талап етеді. Оның құрамына кіретін құрылғылар дұрыс пайдаланылмаса немесе ауа-райының ауыр жағдайында жоғары қауіп көзі болуы мүмкін [13].

Жабдықты жүйелі түрде жөндеуді орынданыз. Жөндеу немесе техникалық қызмет көрсету әрекеттерін жасамаңыз жел турбинасын өз бетіңізше. Бұл жұмысты кәсіби мамандар жүргізуі керек. Жабдықтың негізгі бөліктерінің күйін ол болған кезде тексеріңіз түбіртек. Жел турбинасын пайдаланбаңыз қажетті нұсқауларды алмаған тұлғалар. Жүйенің күйіне қарамастан балаларды жел қондырғысының құрамдас бөліктерінен алшақ ұстаңыз. Жұмысты бастамас бұрын жел генераторын мұқият тексеріп, қалақшалардың, діңгектердің және барлық фланец қосылымдарының сенімді бекітілгеніне көз жеткізу керек. Сымның оқшаулауының зақымдалғанын тексеріңіз; Жел генераторының жұмысы кезінде сымдар мен жұмыс турбинасына қол тигізуге болмайды. Жел генераторын іске қосу қосылымсыз жүзеге асырылуы керек. Күтілетін жүктеменің қуаты аспауы керек жүйеге қосылған түрлендіргіштің қуаты. Электр қауіпсіздігі. Жел генераторы шамадан тыс токпен байланысты электрлік қауіптерден қорғауға арналған күрделі электронды құрылғылармен жабдықталған. Осы және кез келген басқа электр құрылғыларын қосқанда, электр тогының ағыны адамдарға қауіп төндіретінін есте сақтаңыз. Электр жүйелеріндегі жылудың пайда болуы көбінесе кішігірім сымдар немесе нашар қосылымдар арқылы өтетін шамадан тыс токтың нәтижесі болып табылады. Батареялар токтың қауіпті мөлшерін бере алады. Батареядан шығатын сымдарда қысқа тұйықталу орын алған жағдайда өрт шығуы мүмкін. Бұл қауіп-қатерді жою үшін аккумуляторға қосылған тізбектерге сақтандырғыштарды немесе тиісті номиналды ажыратқыштарды орнату қажет [9, 14]. ӘАшық электр сымдарын немесе ажыратылған қосқыштарды ұстамаңыз.

Қолдарыңыз дымқыл болса, жел турбинасы компоненттеріне қол тигізбеңіз немесе аяқтар. Жел турбинасының құрамдас бөліктерімен жанасудан аулақ болыңыз (басқасы жел турбинасы және діңгек) сұйық және атмосфералық жауын-шашын және оларды дымқыл еденге қоймаңыз. Электр сымдары мен қосқыштардың жақсы күйде екеніне көз жеткізіңіз. Ақауы бар жабдықты пайдаланбаңыз: бұл апатқа және электр тогының соғуына әкелуі мүмкін.

Жел турбинасын жергілікті электр желісі сияқты басқа электр қуаты көзіне қоспаңыз. Басқа көздің резервтік қосылымы қамтамасыз етілген жағдайларда, оны жабдықтың жұмыс істеу ерекшеліктерін ескере отырып, білікті мамандар жүзеге асыруы керек.

Объектінің тарату желілеріне қосылу жел турбинасын орнату кезінде электр қондырғыларына арналған ережелер мен ережелерге қатаң сәйкес білікті мамандармен жүзеге асырылуы керек. Кез келген жанғыш және жарылғыш заттарды (бензин, май, шүберектер және т.б.) жел турбинасы құрамдастарынан

алыс ұстаңыз. Жарылыс қаупі бар ортада жел турбинысы компоненттерін пайдалануға тыйым салынады, өйткені оның электр бөліктерінде ұшқын пайда болуы мүмкін. Генератор қосылған кезде қосымша жабдыктан батареяларды ажыратуға тыйым салынады, бұл жабдықтың істен шығуына әкеледі.

Айнарудың сыртқы диаметрі бойынша қалақшалардың қозғалыс жылдамдығы асып кетуі мүмкін. Бұл жылдамдықта қалақшалар ауыр жарақатқа әкелуі мүмкін. Ешбір жағдайда турбинаны адам қозғалатын ротор қалақшаларымен жанасуы мүмкін жерлерде орнатуға болмайды [40]

Турбинаны біреу қалақшалардың жолында болатындай етіп орнату мүмкін емес. Жел турбинысы жұмыс істеп тұрған кезде жел дөңгелегін тоқтатуға тыйым салынады, бұл өте қауіпті. Жел генераторындағы барлық жөндеу жұмыстарын жел дөңгелегі толығымен тоқтаған кезде және тыныш ауа райында ғана жүргізу қажет. Орнату және пайдалану кезінде келесі қауіпсіздік талаптарын сақтаңыз: желсіз күнде жұмыс жасаңыз. Орнату жер деңгейінде орындалуы керек. Бүкіл орнату процесі кезінде батареяларды ажырату керек. Тұрақты түрде (жылына бір рет) тірек конструкцияларын, қалақшаларды және электр жүйелерін тексеріңіз. Ротордың қалақшалары өте күшті, бірақ олар қатты затпен байланыста болса, олар сынуы мүмкін. Қауіпсіз жұмысты қамтамасыз ету үшін турбина үшін орынды таңдаған кезде парасаттылықты пайдаланыңыз. Жаңа турбиналар ең жоғары тиімділікке жеткенге дейін қысқа үзіліс кезеңін қажет етеді.

Мачтаның қима ауданы:

$$S_m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,85^2}{4} = 2,7 \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

мұндағы d-мачта құбырының диаметрі.

Созылу белгілері алатын S_p ауданды анықтаймыз:

$$D_p = 2 * h * \sin \Omega = 2 * 12 * 0,5 = 12 \text{ м}, \quad (2.2)$$

Генератордың типі және салмағы	Тұрақты магниттердегі үш фазалы генератор, салмағы 147кг
Бос тұрған мачта-диаметрі	Ø495· Ø185/2 дана
Мачта биіктігі	12 м
Ұсынылған батареялар	400/ 600 А·сағ
Гарантия	12 айдан 5 жылға дейін

мұндағы h-мачта биіктігі, Ω -созылу бұрышы.

Созылу белгілерін орнатуға арналған аудан жазылған ауданға тең жақтары бар шаршы шеңбері:

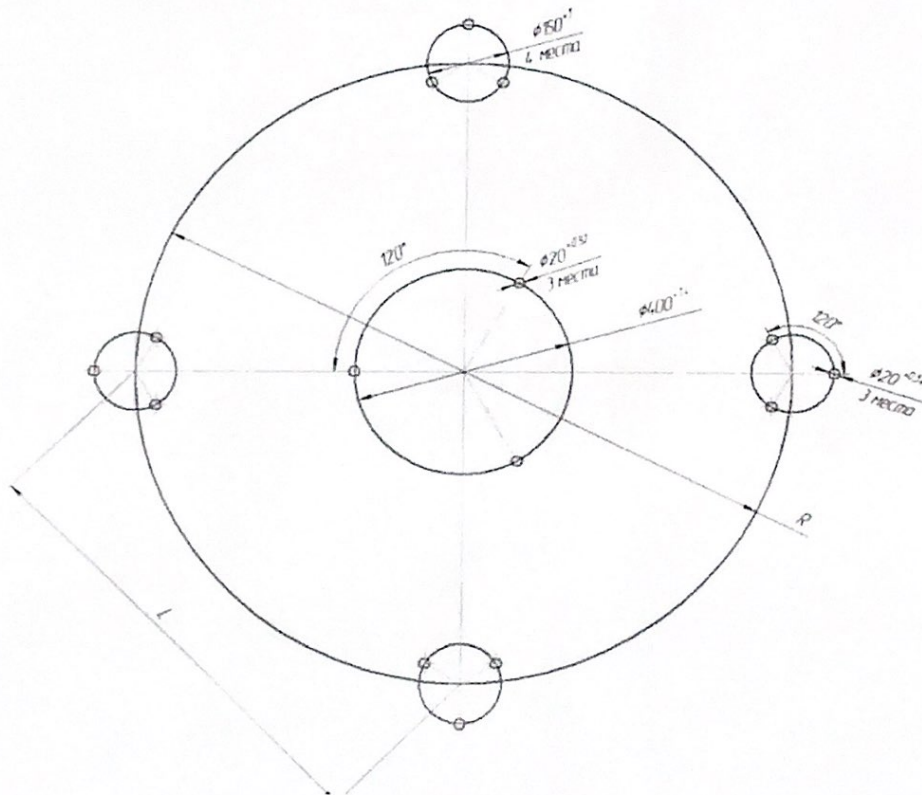
$$S_p = S_{KB} = L^2_{KB} = \frac{S_{окр}}{\pi * 0,5} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{\pi * 4 * 0,5} = \frac{D_p^2}{2} = \frac{12^2}{2} = 72 \text{ м}^2. \quad (2.3)$$

Есептеу нәтижелері бойынша біз ЖЭҚ алатын жердің ауданы мачтаның көлденең қимасынан (3.5) және созылуға арналған аумақтан (3.7) тұрады. Бұл мәндердің қосындысы-74,7. Бұл аймақ бір жел қондырғысын орнату үшін қажет.

Жел электр станциясының жел диірменінен тұратын өнеркәсіптік кәсіпорын аумағында орналасуы үшін сізге екі есе көп орын қажет болады, яғни 149,4.

Жел электр станциясын орнату үшін орынды таңдау қондырғының экономикалық орындылығын қамтамасыз ету үшін жел әлеуеті жоғары қолайлы жағдайларда жүргізілуі тиіс. Ең қолайлы жағдайлар-төбелер мен жазық жерлер.

Біз кәсіпорынның төбесіне баламалы электрмен жабдықтауды орнатуды жоспарлап отырмыз, осылайша ағаш ұстасы цехы үшін электр энергиясын өндіруге жағдай жасаймыз. Бұл жер қоршалған және бөтен адамдар үшін қол жетімді емес, тұрғын үйлерден алыс, осылайша жел қондырғысының шу деңгейін 45 дБ дейін төмендетуді қамтамасыз етеді. Шатырда электр желілері, магистральдық газ құбырлары, кабельдік және су құбырлары жоқ. Бұл жел электр станциясын орнату және өндіру үшін тамаша жағдай жасайды.



2.4-сурет - Мачта және созылу үшін іргетастардың орналасуы

2.4 ЖЭҚ аэродинамикалық параметрлері

2.4.1 Аэродинамикалық қуатты есептеу

Жел генераторының сипаттамалары оның аэродинамикалық ерекшеліктеріне байланысты.

ЖЭҚ электр қуаты жел энергиясын пайдалану коэффициенті арқылы аэродинамикалық қуатпен байланысты:

$$P_{\text{э}} = \zeta * P_A, \text{ Вт.} \quad (2.4)$$

Нақты көлденең осьтік қондырғылар 0,25...0,4 шегінде өзгереді . Жуковский-Бетц бойынша есептеу жолымен анықталатын жел энергиясын пайдалану коэффициентінің максималды мүмкін мәні $\zeta_{\text{ж}} = 0,593$. Іс жүзінде бұл мәнді шығындар салдарынан алу мүмкін емес.

Аэродинамикалық қуат-бұл жел доңғалағына 1 секундта берілетін жел ағынының энергиясы:

$$P_A = \frac{m * v^2}{2} = \frac{p * v * v^2}{2} = \frac{p * S * v * v^2}{2} = \frac{p * S * v^3}{2}, \text{ Вт.} \quad (2.5)$$

мұндағы P_A - аэродинамикалық қуат, Вт;

p - ротор арқылы өтетін ауаның тығыздығы (құрғақ ауада температура 20°C және қысым 101,325 кПа кезінде 1,2041 кг/м³ болып қабылданады),

v - жел ағынының ротормен кездескенге дейінгі жылдамдығы, м/с;

m - ротор арқылы 1 секунд ішінде өтетін ауа салмағы, кг;

V - ротор арқылы 1 секундта өтетін ауа көлемі, м³;

S - желмен көмкерілген жел доңғалағының ауданы.

Көлденең-осьтік қондырғыларға арналған желмен жанасатын алаң мынаған тең:

$$S = \frac{\pi * d^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

мұндағы D - желдөңгелек диаметрі.

ЖЭҚ номиналды қуаты – 5000 Вт;

Желдің номиналды жылдамдығы – 10 м/с.

Формуладан (3.8) біз Жуковскийдің айтуы бойынша желді қолданудың идеалды коэффициентімен идеалды аэродинамикалық қуатты табамыз:

$$P_A = \frac{P_{\text{э}}}{\zeta_{\text{ж}}} = \frac{5000}{0,593} = 8432 \text{ Вт.} \quad (2.7)$$

Формуладан (3.9) желмен көмкерілген ротор ауданын табамыз:

$$S = \frac{2 * P_A}{p * v^3} = \frac{2 * 8432}{1,2041 * 10^3} = 14 \text{ м}^2 \quad (2.8)$$

Шын мәнінде, ауамен жанасатын аймақ идеалға қарағанда 33-35% үлкен болуы керек, өйткені желді пайдаланудың нақты коэффициенті идеалдың 65-67% - ынан аспайды.

$$S_{\text{реал}} = S * 1,33 = 18,6 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

Формуладан (3.10) ротор диаметрін табамыз:

$$D = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} = 4,9 \text{ м.} \quad (2.10)$$

Дөңгелектің сыртқы диаметрін мына формуламен табамыз:

$$D_{\text{расч}} = \sqrt{\frac{8N}{C_p \rho V^3 \pi \eta_{\text{эл}} \eta_{\text{мэх}}}} = 3,63 \text{ м,} \quad (2.11)$$

мұндағы C_p - жұмыс нүктесіндегі коэффициентті $C_p = 0,4$ етіп қабылдаймыз.

$D_{\text{расч}} = 4$ етіп жуықтаймыз.

Желдөңгелектің радиусы тиісінше $R=2$ м.

Осылайша, әзірленген ЖЭҚ келесі аэродинамикалық сипаттамаларға ие:

аэродинамикалық қуат $P_A = 8432$ Вт ;

жел доңғалағының ауамен жанасатын ауданы $S = 18,6 \text{ м}^2$;

ротордың диаметрі $D=4,9$ м.

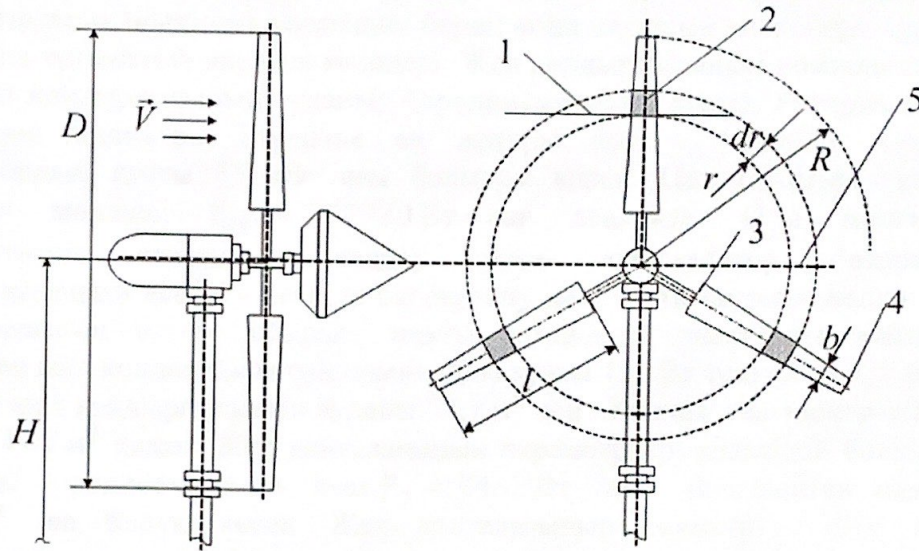
Жел дөңгелектің сыртқы радиусы $D_{\text{расч}} = 4$ м

2.4.2 Көлденең айналу осі бар жел доңғалағын есептеу әдісі

Техника екі теңдеу бойынша жел тартқышты есептеуді ұсынады.

Бірінші теңдеу айналмалы ағын аймағында орналасқан қалақшаларға ағынның реакция күшінің осьтік компоненті (3.6-сурет) доңғалақтың айналу жазықтығымен айналмалы ағынның қимасының ауданына жел доңғалағының алдындағы және артындағы қысым айырмашылығының әсеріне тең болады. Бірінші теңдеу-өрнек:

$$i_n b C_{y_a} = \frac{8\pi r e}{1 + e \sqrt{1 - e^2 (Z_u + \mu_a)} \sqrt{1 + Z_u^2}} \quad (2.12)$$



1-аралық қима; 2-элементарлы қалақша; 3- қима; 4-периферийлі қима; 5-сақиналы ағын;

2.5-сурет – Горизонталь типті жел дөңгелек

Екінші теңдеу қозғалыс санының моментінің өзгеруі туралы теореманы көрсетеді. Жел доңғалағына қолданылатын бұл теорема келесідей тұжырымдалады: жел турбинасының осіне қатысты момент қалақшаларға әсер ететін аэродинамикалық күштер (сурет. 3.6), шамасы бойынша тең және жел доңғалағына тартылған сақиналы ағынмен алынған қозғалыс санының белгісі бойынша қарама-қарсы. Екінші теңдеу-өрнек:

$$Z = Z_u \sqrt{1 - e} - \frac{e}{1 + e} \cdot \frac{1 - \mu_a \cdot Z_u}{Z_u + \mu_a} \quad (2.13)$$

(2.12) және (2.13) теңдеулер жел соққысын аэродинамикалық есептеу үшін негіз болып табылады.

Ұсынылған әдіс көлденең айналу осі бар жел доңғалағының аэродинамикасын есептеуге мүмкіндік береді. Біздің жағдайда қиын есептеулерден аулақ болуға болады. Өйткені, осы әдістеме бойынша есептелген жел доңғалағын қамтитын дайын жел қондырғысын пайдалану болжанады.

2.5 ЖЭК сипаттамаларын есептеу нәтижелерін талдау

Жоғарыда келтірілген есептеу әдісі жел энергиясының келесі параметрлерін анықтауға мүмкіндік берді: ағаш цехының ең жоғары қуаты; Цех тәулігіне тұтынатын энергия мөлшері; Жел қондырғысының номиналды қуаты; Бір жел қондырғысының ауданы; Аэродинамикалық қуаты; Ротордың ауданы; Ротордың диаметрі. Тәулігіне ең жоғары қуат - 64900Вт. Сондықтан инвертордың қуаты 65 кВт кем болмауы керек. Цех тәулігіне тұтынатын энергия мөлшері $E_{\text{сут}} = 357720 \text{ Вт} \cdot \text{сағ}$ деңгейде. Осы мәнге ЖЭК жинақтаушы жабдығын таңдау және аккумулятор батареясының сыйымдылығын есептеу кезінде бағдарлану қажет. Аймақтағы желдің орташа жылдамдығын ескере отырып, цехты автономды электрмен жабдықтауға арналған жел қондырғысының номиналды қуаты 15 кВт теңге. Созылу белгілері бар бір жел қондырғысының ауданы $74,7 \text{ м}^2$ тең. Жалпы жел электр станциясы үшін $149,4 \text{ м}^2$ қажет. Жел доңғалағының параметрлері келесідей болуы керек: идеалды аэродинамикалық қуат $P_A = 8432 \text{ Вт}$ тең. Белгіленген аймақ $S = 18,6 \text{ м}^2$ тең болуы керек. Жел доңғалағының диаметрі - $D=5 \text{ м}$. Жел доңғалағының сыртқы диаметрі $D_{\text{расч}} = 4 \text{ м}$

2.5.1 Электр генераторды таңдау

Жел энергетикалық қондырғысының электр генераторы шығаратын электр қуатының шамасы көбінесе жел доңғалағының қалақшаларының пішініне және желдің кинетикалық энергиясына байланысты [8].

Желдің кинетикалық энергиясын анықтау өрнекке сәйкес белгілі:

$$\mathcal{E}_{\text{кин}} = \frac{mV}{2}, \quad (2.14)$$

мұндағы V -желдің орташа жылдамдығы,

S - жел ағыны перпендикуляр өтетін көлденең айналу осі бар жел доңғалағының (ЖК) ауа жанасатын ауданы;

$m=\rho VS$ - ауа массасы,

$\rho = 1,226 \text{ кг/м}^3$ - қалыпты климаттық жағдайларға сәйкес келетін ауа тығыздығы ($t=15^\circ\text{C}$, қысым 760 мм рт.ст тең (101,3 кПа)).

(3.18) формуладағы ауа массасының мәнін және жел доңғалағының ауамен жанасатын ауданын алмастыра отырып, электр генераторының білігіне механикалық қуатты есептеу үшін өрнек алуға болады:

$$N_{BK} = 0,5\rho\xi D^2V^3, \quad (2.15)$$

мұндағы $\xi = 0,4 \dots 0,45$ -жел энергиясын пайдалану коэффициенті [10].

Формуладағы (3.20) өрнекті (3.19) алмастырамыз. Бұл ауыстыру жел генераторының механикалық және электрлік шамалары арасындағы функционалды байланысты анықтауға мүмкіндік береді

Генератордың электрлік және механикалық бөліктеріндегі шығындарға байланысты электр қуаты біршама аз:

$$P_{\text{ЖЭҚ}} = N_{\text{ЖҚ}} \eta_{\text{мэх}} \eta_{\text{Г}}, \quad (2.16)$$

мұндағы $\eta_{\text{мэх}} = 0,8 \dots 0,9$ - жел генераторының механикалық берілісінің пәк;

$\eta_{\text{Г}} = 0,7 \dots 0,9$ - электр генераторының ПӘК-і.

Формуладағы (3.20) $N_{\text{ЖҚ}}$ өрнекті (3.19) алмастырамыз. Бұл ауыстыру жел генераторының механикалық және электрлік шамалары арасындағы функционалды байланысты анықтауға мүмкіндік береді:

$$P_{\text{ЖЭҚ}} = 0,68 D^2 V^3 \quad (2.17)$$

Өндірілетін электр энергиясының көлемі, жел доңғалағының диаметрі мен желдің жылдамдығы арасында айқын байланыс бар. Сонымен қатар, ЖЭҚ электр генераторының қуаты қалақшалардың аэродинамикалық сипаттамаларына да байланысты [9]. Біздің жағдайда жел доңғалағының көлденең айналу осі және доңғалақ қалақшалары бар жел турбинасын пайдалану болжанады. Жоғарыда айтылғандай, мұндай жел генераторлары қалақшаларының ауа ағынымен ағып кету жағдайлары тұрақты және жел доңғалағының жағдайына тәуелді емес екендігімен сипатталады. Мұндай жел генераторларының жел доңғалағының аэродинамикалық параметрлері тек желдің жылдамдығына байланысты. Бұл факт, сондай-ақ осы жел диірмендерінің желдің салыстырмалы түрде жоғары жылдамдығы бар, сондықтан энергия тиімділігі жоғары, оларды тұрмыстық және өнеркәсіптік мақсаттарда кеңінен қолдануға мүмкіндік берді. [5]. ЖЭҚ генераторының қуаты үшінші дәрежелі желдің жылдамдығына пропорционалды. Сондықтан, желдің жылдамдығы кең диапазонда өзгерген кезде, төмен жүктемелерде тиімділіктің төмен болуына байланысты генераторларда үлкен энергия шығыны болады, ал асинхронды генераторларда үлкен реактивті токтар пайда болады, оларды өтеу қажет. Бұл кемшілікті болдырмау үшін кейбір ЖЭҚ-да номиналды қуаты бар екі генератор қолданылады. Жеңіл желмен бірінші генератор өшіріледі. Кейбір ЖЭҚ-да шағын генератор сондай-ақ жел энергиясын пайдалану коэффициентінің жоғары мәнімен төмен айналымдар кезінде желдің төмен жылдамдықтарында қондырғының жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді [6, 10].

ЖЭҚ генераторын таңдауға үш негізгі фактор әсер етеді:

1) Шығу қуаты (кВт) тек инвертордың қуатымен анықталады және жел ағынына, батарея сыйымдылығына байланысты емес. Шығу қуаты параметрі электрмен жабдықтау жүйесіне бір уақытта қосылуы мүмкін электр

құрылғыларының максималды санын анықтайды. Инвертор қуатына қарағанда бір уақытта көп электр энергиясын тұтыну мүмкін емес. Шығу қуатын арттыру үшін бір уақытта бірнеше инверторларды қосуға болады [4, 8, 10].

2) жел болмаған кезде немесе әлсіз жел кезінде үздіксіз жұмыс істеу уақыты Аккумуляторлық батареяның сыйымдылығымен (АБ) айқындалады және қуат пен тұтыну ұзақтығына байланысты болады. Егер электр энергиясын тұтыну сирек болса, бірақ көп мөлшерде болса, онда сыйымдылығы үлкен АБ таңдау қажет [10].

3) АБ зарядының жылдамдығы генератордың қуатына байланысты. Сондай-ақ, бұл көрсеткіш желдің жылдамдығына, мачтаның биіктігіне, рельефке байланысты. Генератор неғұрлым қуатты болса, АБ тезірек зарядталады, яғни батареялардан электр қуаты тезірек тұтынылады. Егер орнату орнында жел әлсіз болса немесе тұтынушылар электр энергиясын үнемі, бірақ аз мөлшерде тұтынса, неғұрлым қуатты генераторды қабылдау керек [10]. Жел доңғалақтарындағы шектеуші факторлардың бірі-генератордың дизайны. Ғалымдар арасында ЖЭҚ үшін генераторлардың ең жақсы дизайны туралы консенсус жоқ [15-17]. ЖЭҚ-да қолданылатын генераторлардың үш негізгі түрі бар. Оларды әртүрлі жел қозғаушы жүйелер үшін пайдалануға болады. Негізінде, генераторлардың құрылымдық нұсқаларының әрқайсысы белгіленген немесе ауыспалы жылдамдықта жұмыс істей алады. Жел энергетикасы қондырғыларында оларды пайдалану кезінде генераторлардың осы түрлерін қолдану ерекшелігін салыстырайық.

а) Параллель қозуы бар тұрақты ток генераторында магниттелетін ток, демек, магнит ағынының мөлшері жел доңғалағының айналу жылдамдығына байланысты. Бұл жағдайда тұрақты ток машинасының роторының нақты жылдамдығы жел мен тежегіш жүктеме моменті арасындағы тепе-теңдікпен анықталады. Жүктеменің жоғарылауымен магнит ағынының мәні төмендейді, бұл өндірілген ЭҚК мөлшерінің төмендеуіне әкеледі. Тұрақты ток генераторының тағы бір маңызды кемшілігі-коллекторлық щетка аппараттарының болуы. Тұрақты ток генераторын пайдалану кезінде щеткаларды үнемі күтіп ұстау және ауыстыру қажет. Сондықтан тұрақты ток генераторлары коммутаторлар мен щеткалардың болуына байланысты салыстырмалы түрде қымбат. Жалпы алғанда, жел генераторларының құрамында тұрақты ток генераторларын қолдану іс жүзінде мүмкін емес. Ерекшелік электр қуаты аз қабылдағыштар болуы мүмкін. Мысалы, бұл батареяларды зарядтау құрылғылары немесе жеке ғимараттың автономды жылыту жүйесінің қуат көздері.

б) Электр машиналарының бұл түрі көбінесе электр станцияларында және әсіресе жел диірмендерінде генератор ретінде қолданылады. Олардың басты артықшылығы-Белсенді ғана емес, реактивті қуатты да құру мүмкіндігі. Синхронды генераторлардың дизайны әртүрлі: айқын және анық емес полюсті. Олар қозу жүйесінде де ерекшеленеді. Жел диірмендері үшін Тұрақты ток көзінен қозуды қолдану перспективалы емес. Бұл жағдайда бізде байланыс сақиналары мен щеткалары бар жүйенің барлық кемшіліктері болады. Тұрақты

магниттердегі генератор тізбектерін немесе байланыссыз электромагниттік қозуы бар тізбектерді қолданған дұрыс.

Соңғы онжылдықтарда тұрақты магниттердегі синхронды генераторлар (СГПМ) жел генераторларында жиі қолданылады. Неодимдік тұрақты магниттер (неодимий – сирек кездесетін металл) бүгінгі таңда нарықтағы ең күшті тұрақты магниттер болып табылады. Сонымен қатар, жел генераторында өзін-өзі қоздыру жүйелерін (электромагнит) қолданудың қажеті жоқ. Роторда тұрақты неодим магниттері орнатылады, олар желдің күшіне қарамастан үнемі қосылады. Шамалы желде жел диірмені электр қуатын өндіріп, батареяларды зарядтай бастайды.

Ол жоғары тиімділікке байланысты жоғары өнімділікті қамтамасыз ететіндіктен, көп қуат алу мүмкіндігі бар, құрылымы берік және тұрақты, өйткені роторда магниттер бар және щеткалар жоқ. GGPM құрылымы салыстырмалы түрде қарапайым. Тұрақты магниттер роторға тұрақты магнит өрісін құру үшін орнатылады және өндірілген электр қуаты коллекторлық, байланыс сақиналарын пайдалану арқылы якорьден (статордан) алынады. Шығындарды азайту үшін тұрақты магниттерді алюминийден жасалған цилиндрлік роторға орнатуға болады. Тұрақты магниттік генераторлардың жұмыс принципі синхронды генераторға ұқсас, тек тұрақты магниттік генераторлар асинхронды жұмыс істей алады [35, 42] GGPM артықшылығы-олардың коллекторы, байланыс сақиналары мен щеткалары жоқ, сондықтан машиналар берік, сенімді және қарапайым.

Бұл тұрақты магниттік машиналарды жел қондырғысында тікелей қолдану үшін қолданған жөн. СГПМ үйкеліске минималды шығындарға, ұзақ қызмет ету мерзіміне, жұмыс кезінде шу мен дірілдің болмауына ие. Бұл жағдайда тұрақты магниттердегі синхронды генераторды ЖЭҚ үшін пайдалану тиімді екені анық.

в) Асинхронды генератор қарапайым дизайнға ие, техникалық қызмет көрсету сенімділігі, СГПМ-ге қатысты төмен құны бар. ЖЭҚ-да асинхронды генераторды (АГ) қолдану генератордың қозуын және жүктеменің реактивті қуатының өтелуін қамтамасыз ететін шағын габаритті конденсаторлардың болмауына, сондай-ақ шығу кернеуін тұрақтандырудың күрделілігіне байланысты бұрын аз таралған болатын. Неғұрлым ықшам конденсаторлар мен кернеуді тұрақтандырудың жаңа жүйелерінің пайда болуымен бұл мәселелер шешілді [46]

Генераторлардың бұл түрін жоғары бастапқы токтары жоқ және кернеудің шамалы өзгеруіне төзімді құрылғылармен ғана қолдануға болады. Мұндай генераторлар синхрондыға қарағанда арзан және сыртқы жағдайлардан қорғаудың жоғары класына ие.

Орам түріне байланысты қысқа тұйықталу және фазалық роторлар бар. Статордың көмекші орамасынан пайда болатын айналмалы магнит өрісі роторда магнит өрісін тудырады, ол ротормен бірге айналады, статордың жұмыс орамасындағы ЭМӨ-ні, сонымен қатар синхронды генератордағы принципті тудырады. Айналмалы магнит өрісі әрдайым өзгеріссіз қалады және реттелмейді, сондықтан генератордың шығысындағы жиілік пен кернеу

ротордың айналу жиілігіне байланысты, бұл өз кезегінде жел электр станциясының қозғалтқышының тұрақтылығына байланысты.

АГ-ның қысқаша тұйықталуға сезімталдығы төмен және сыртқы әсерлерден қорғаудың жоғары дәрежесі бар. Осы типтегі генераторлардың бағасы төмен, бұл плюс асинхронды генератордың кемшіліктері: генератор магниттелетін токты едәуір күшті тұтынады, сондықтан оны іске қосу үшін конденсаторлар қажет; төтенше жағдайларда жұмыстың сенімсіздігі; кернеу мен ток жиілігінің қозғалтқыштың тұрақтылығына тәуелділігі.

Тиісті генератор схемасын таңдау электр генераторының Желіге қосылу түріне байланысты болады. Аккумуляторлық батареяларды зарядтау үшін генератор шығаратын энергия пайдаланылатын автономды жел жағдайында тұрақты магниттердегі генераторларды пайдалану тиімді болады, өйткені олар қосымша қымбат түзеткіштер мен кернеу тұрақтандырғыштарын қолдануды қажет етпейді. Жел қондырғысын желіге тікелей қосқан жағдайда тұрақты магниттерде генераторларды қолдану жоғары қуатты инверторларды орнату қажеттілігін тудырады, бұл өз кезегінде құрылымның айтарлықтай қымбаттауына әкеледі және іс жүзінде мүмкін емес. Осы қосылым түрімен, әдетте, арзан асинхронды генераторлар қолданылады.

Генератор түрін таңдау негізінен жел қондырғысын желіге қосу түрін таңдауға байланысты. Жел қондырғысын тікелей желіге қосқан кезде қосымша ток түрлендіретін құрылғыларды қажет етпейтін асинхронды генераторды қолданған дұрыс, алайда егер жел қондырғысын желіге қосу аккумуляторлық батареялардың массивтерін қолдана отырып пайдаланылса, генераторлардың бұл түрін қолдану айнымалы токты тұрақты токқа айналдыру үшін қажет жоғары қуатты түзеткіштердің қымбаттығына байланысты мүмкін болмайды [47].

Екі генератордың да тиімділігі бірдей, бірақ егер біз генераторды бөлек механизм ретінде емес, жел қондырғысының бөлігі ретінде қарастыратын болсақ, онда GGPM тиімді, өйткені қалыпты жұмыс істеуі үшін қажет тұрақтандырғыш GGPM үшін қажет редукторға қарағанда тиімділікті төмендетеді. Егер АГ-ның кейбір түрлері тек тұрақтандырғышты ғана емес, редукторды да пайдалануды талап ететінін ескеретін болсақ, онда пәк-тің одан да көп төмендеуі көзделеді [46].

Зерттеу нәтижелері бойынша жобалау үшін де, жел энергетикасы қондырғысында пайдалану үшін де ең танымал болып оның жоғары сипаттамаларына байланысты тұрақты магниттердегі синхронды генератор табылады деп айта аламыз.

2.6 Тұрақты магниті бар синхронды генераторды есептеу

Тұрақты магниттердегі синхронды генератор (GPM-мен) тұрақты айналу жиілігі $n=250$ айн/мин бар реттелетін жетектен басқарылады және таңдалған жел генераторының техникалық талаптарынан алынған бастапқы мәліметтерге

ие (кесте.3.1): белсенді қуат $P=5000$ Вт; шығу кернеуі $U=220$ В; Айнымалы кернеу жиілігі $f= 50$ Гц; фазалар саны $m=1$ ($m=3$ ауысу резервімен).

СГПМ-мен негізгі өлшемдер – D ішкі диаметр және есептелген ұзындық l_δ . Бұл параметрлер электр машинасының негізгі теңдеуінен анықталады. Арнольдтың машина тұрақтысы:

$$C_a = \frac{D^2 l_\delta n}{P} = \frac{6,1}{a_\delta k_\phi k_0 B_\delta A} \quad (2.18)$$

мұндағы P -есептелген қуат;

a_δ - полюсті жабынның есептік коэффициенті $a_\delta = 0,8$;

k_ϕ - өріс пішінінің коэффициенті $k_\phi = 1,11$;

k_0 - статор орамасының коэффициенті $k_0 = 0,92$;

A - статордың сызықтық жүктемесі $A = 220 \cdot 10^2$ А/м ;

B_δ - номиналды жүктеме $B_\delta = 0,8$ Тл кезінде ауа саңылауындағы индукцияның максималды мәні

Есептелген қуатты формула бойынша анықтауға болады:

$$P = \frac{k_e P_n}{\cos \varphi}, \quad (2.19)$$

мұндағы $k_e = \frac{E_i}{U_n}$ -зәкір орамасының ішкі ЭМӨ сипаттайтын коэффициент,

ЖГПМ үшін есептелген деректерге сәйкес 1,2-ге тең деп қабылдаймыз.

Негізгі өлшемдер үш фазалы қуат қуаты негізінде есептеледі. Бір фазалы және үш фазалы қуат арасындағы қатынасты есептейміз:

$$\begin{aligned} P_{1\phi} &= 0,7 P_{3\phi}, \\ P_{3\phi} &= \frac{P_{1\phi}}{0,7} = \frac{5000}{0,7} = 7142,8 \text{ Вт.} \end{aligned} \quad (2.20)$$

Әдетте біз токтың артта қалуымен қабылдаймыз $\cos \varphi = 0,8$:

$$P_w = P = \frac{1,2 \cdot 7142,8}{0,8} = 10714,2 \text{ Вт.}$$

Полюсті қабаттасудың есептеу коэффициентінің мәні p полюстер жұптарының санына байланысты, ол арақатынастан анықталады:

$$p = \frac{60 \cdot f}{n} = \frac{60 \cdot 50}{250} = 12. \quad (2.21)$$

Синхронды генератордың негізгі өлшемдері арасында байланыс бар:

$$\lambda = \frac{l_{\delta}}{\tau}, \quad (2.22)$$

$$\tau = \frac{\pi D}{2p}, \quad (2.23)$$

$$\lambda = \frac{2l_{\delta}p}{\pi D}, \quad (2.24)$$

Егер сіз осы қатынастарды (3.26) және (3.27) қоссаңыз, біз өрнек аламыз:
 λ қатынасы плюс жұптарының санына байланысты. өндірілген GGPM үшін бұл мән әдетте $\lambda = 1,5$ тең болады . Содан кейін формуладан алынған есептелген ұзындық (2.24) тең болады:

$$l_{\delta} = \frac{\lambda \pi D}{2p}, \quad (2.25)$$

Егер сіз өрнекті (2.25) Арнольд машинасының тұрақты теңдеуіне (2.18) ауыстырсаңыз, келесі өрнекті аламыз:

$$D = \sqrt[3]{\frac{6,1 \cdot 2pP}{\lambda \pi a_{\delta} k_{\phi} k_0 B_{\delta} A n}}, \quad (2.26)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{6,1 \cdot 24 \cdot 10714,2}{1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,8 \cdot 1,11 \cdot 0,92 \cdot 220 \cdot 10^2 \cdot 0,8 \cdot 250}} = 0,4525 \text{ м.}$$

Мәнді дөңгелектеңіз $D=0,45$ м .

Полюсті бөлуді формула бойынша есептейміз (2.23):

$$\tau = \frac{\pi D}{2p} = \frac{3,14 \cdot 0,45}{24} = 0,0589 \text{ м.}$$

Статордың есептелген ұзындығын өрнектен табамыз :

$$l_{\delta} = \lambda \tau = 1,5 \cdot 0,0589 = 0,0883 \text{ м.}$$

Мәнді дөңгелектеңіз $l_{\delta} = 0,08$ м .

Тұрақты магниттердегі синхронды генератордың негізгі өлшемдері D ішкі диаметр және l_{δ} есептелген ұзындық болып табылады . Машина теңдеуін есептеу арқылы біз ішкі диаметр $D=0,45$ м және есептелген ұзындық $l_{\delta} = 0,08$ м деп алдық.

2.6.1 Синхронды генератор үшін ротор параметрлерін есептеу

Стандарт бойынша синхронды генераторларға арналған тұрақты магниттер призмалық түрде шығарылады. «Жұлдызша» типті тұрақты

магниттерден қозатын синхронды генераторлардың роторларының құрастыру конструкциялары кеңінен қолданылды. «Жұлдызша» типті ротордың бұл конструкциясы ішкі ұшымен генератордың білігіне бекітілген магнитті жұмсақ төлкеге жанасатын радиалды бағытта магниттелген тұрақты магниттерден тұрады [47].

Роторды есептеу үшін келесі өрнек мәндерін табу керек:

1. Статор мен ротор арасындағы ауа саңылауы $\delta = 0,6$ мм тең қабылданады.

2. Ротордың сыртқы диаметрін есептеңіз:

$$D_p = D - 2\delta, \quad (2.27)$$

мұндағы D -генератордың ішкі диаметрі $D=0,45$ м ;
Біз формулаға ауыстырамыз және мынаны аламыз:

$$D_p = D - 2\delta = 0,45 - 2 * 0,0006 = 0,4488 \text{ м.}$$

D_p мәнін дөңгелектеу $D_p = 0,45$ м

3. Полюсті қабаттасудың есептелген коэффициентін анықтаймыз:

$$a_i = a_p + \frac{4}{\frac{\tau}{\delta_p} + \frac{6}{1 - a_p}} \quad (2.28)$$

мұндағы a_p -полюсті қабаттасудың конструктивті коэффициенті

$$a_p = 0,68;$$

Біз мәндерді ауыстырамыз және аламыз:

$$a_i = 0,68 + \frac{4}{\frac{0,0589}{0,6384 \cdot 10^{-3}} + \frac{6}{1 - 0,68}} = 0,716,$$

4. Полюстің енін формула бойынша есептеңіз:

$$b_m = a_p * \tau, \quad (3.33)$$

$$b_m = 0,68 * 0,0589 = 0,04 \text{ м.}$$

Ротордың есептелген ұзындығы статордың ұзындығына тең, яғни $l_m = l_\delta = 0,08$ м

Ротордың сыртқы диаметрі $D_p = 0,45$ м

Полюсті қабаттасудың есептелген коэффициенті $a_i = 0,716$ анықталды.

Полюстің ені $b_m = 0,04$ м.

Ротордың ұзындығы $l_m = 0,08$ м.

Жел баламалы энергия көзі ретінде соңғы уақытта үлкен танымалдылыққа ие болуда. Бұл табиғи құбылыстың құндылығын анықтайтын маңызды сипаттамалардың бірі-оның бағыты мен жылдамдығы. Бірақ табиғи жағдайлардың тұрақсыздығына байланысты бар проблемаларды жою үшін әртүрлі техникалық әдістерге жүгіну керек. Жел энергетикасындағы осындай проблемалардың бірі-жел қозғалтқышының айналу жылдамдығы төмен, ал қондырғының өлшемдері неғұрлым үлкен болса, соғұрлым бұл кемшілік көрінеді. Шешім өзара механикалық беріліс қорабы немесе басқа жолмен көбейткіштер болуы мүмкін [5-10].

ЖЭҚ екі түрге бөлінеді: редуктор (ротордың генераторға редуктор арқылы қосылуы) және редукторсыз (генератор мен жел доңғалағының тікелей қосылуымен).

Беріліс қорабының артықшылықтарын қарастырыңыз:

- а) Бірлік массасына үлкен сәттерді алуға мүмкіндік береді;
- б) Шағын құны.
- в) Кемшіліктері:
- г) Төмен пәк;
- д) Тез сәтсіздікке ұшырайды;
- е) Жоғары шу деңгейін жасаңыз;
- ж) Техникалық емес ЖЭҚ-ның артықшылықтары:
- з) Төмен шу;
- и) Олар жел ағынының төмен жылдамдығымен жұмыс істей алады;
- к) Пайдалануға берік;
- л) Дизайн редукторлы жел энергетикасы қондырғыларына тән шығындарды болдырмауға мүмкіндік береді;

Кемшілігі: жоғары баға.

Редукторлардың қарапайым жұмыс принципі бар, бірақ өздері өте күрделі құрылғылар. Олар моментті беру және түрлендіру механизмі ретінде қызмет етеді. Жел генераторының білігінің айналуын түрлендіру үшін механикалық беріліс қолданылады.

Редукторлар қолданылатын берілістің әр түрлі түрімен келеді:

а) цилиндрлік-қарапайымдылық пен жоғары тиімділікке байланысты редуктордың ең көп таралған түрі. Ұзақ пайдалану ресурсы бар. Мұндай редукторлар күрделі жұмыс режимдерінде, үлкен қуаттарды түрлендіру және беру үшін қолданылады, үздіксіз өндірістік процестерде тиімді. Мұндай редуктордың тиімділігі 98% жетуі мүмкін, бұл оның беріліс коэффициентіне байланысты.

б) құрт (червячный) редукторы редуктордың ішінде орналасқан, моментті беретін және түрлендіретін құрт (червячный) редукторы деп аталады. Мұндай редукторлар жоғары беріліс қатынасына, жоғары жылу өткізгіштікке және салыстырмалы түрде төмен тиімділікке ие. Ауыр жүктеме кезінде редуктордың бұл түрі қолданылмайды.

в) планетарлық – олар үлкен жүктеме қабілетіне ие, салмағы аз, салмағы аз және салыстырмалы түрде кішкентай, сонымен қатар үлкен беріліс коэффициенттерін алуға мүмкіндік береді.

г) конустық – редукторлардың бұл түрі кинетикалық беріліс бағытын өзгерту қажет болған жағдайда қолданылады. Конустық редуктордың келесі параметрлері бар: төмен айналмалы жылдамдық, сенімділіктің орташа деңгейі, дәлдік пен металл сыйымдылығы, салыстырмалы түрде төмен шығындар мен еңбек сыйымдылығы. Жоғары жылдамдықта үздіксіз жұмыс істей алады.

д) аралас – бұл тісті (Цилиндрлік және конустық) және құрт тәрізді берілістердің тіркесімі, мысалы, конустық цилиндрлік немесе құрт-цилиндрлік редукторлар. Олар техникалық сипаттамалардың, өлшемдердің және құнның қолайлы қатынасына ие.

Редукторсыз ЖЭҚ роторының электромагниттік ілмегін орнатуды көздейді. Бұл бірқатар мәселелерді шешеді: жұмыс бетінің тозуы, діріл, Шу, үйкеліс энергиясы, майлау шығындары.

Редукторлы және редукторсыз жел энергетикасы қондырғыларын салыстырғаннан кейін, олардың барлық кемшіліктеріне қарамастан, редукторлық қондырғылар жақын арада редукторсыз қондырғылармен алмастырылмайды, бірақ олардың сипаттамаларына байланысты олар ұзақ уақыт бойы бәсекеге қабілетті бола алады деген қорытынды жасауға болады [5, 35,48]

2.6.2 Ықтималды электрмен жабдықтау жүйесін таңдау

Цехты автономды энергиямен қамтамасыз етуге арналған жел қондырғысының номиналды қуаты аймақтағы желдің орташа жылдамдығын ескере отырып, 15 кВт құрайды. Созылу белгілері бар бір жел қондырғысының ауданы 74,7 м² құрайды. Жел электр станциясын орналастыру үшін жалпы 149,4 м² қажет.

а) Жел доңғалағының параметрлері келесідей болуы керек:

б) Идеалды аэродинамикалық қуат = 8432 Вт болуы керек.

в) Жел доңғалақтарының ауамен жанасатын ауданы $S=18,6$.

г) Жел доңғалағының диаметрі $D=5$ м.

Ротор мен статор үшін синхронды генератор параметрлері: Ротордың ішкі диаметрі $D=0,45$ м; Ротордың есептелген ұзындығы статордың ұзындығына тең, яғни $l_m = l_s = 0,08$ м; Ротордың сыртқы диаметрі $D_p = 0,45$ м; Полюсті жабынның есептік коэффициенті $a_i = 0,716$; Полюстің ені $b_m = 0,04$ м..

Аталған параметрлер WH6.4-5000W типті жел генераторына толығымен сәйкес келеді, ол біздің аймаққа тән желдің орташа жылдық жылдамдығымен 10000 Ватт шығаруы керек. 15 кВт-қа тең ағаш ұстасы цехының жүктемесі үшін екі жел генераторын орнату көзделеді.

3 ЖЭҚ математикалық модельдеу

Біз ең өзекті және әмбебап зерттеу әдістерінің бірі – математикалық модельдеуді қолдана отырып, ЖЭҚ жұмысын бағалаймыз. Зерттеудің осы түрін жүзеге асыру үшін алдымен WH6.4-5000w көлденең жел генераторының 3-тарауында таңдалған каталог деректерін ескеретін жел энергетикасы қондырғысының моделін жасау қажет.

Дифференциалдық теңдеу жел генераторының қозғалысы:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_B - M_r - k_{тр} \omega, \quad (3.1)$$

мұндағы J - генератор білігіне келтірілген инерция моменті, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

M_B - жел доңғалағының механикалық сәті, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

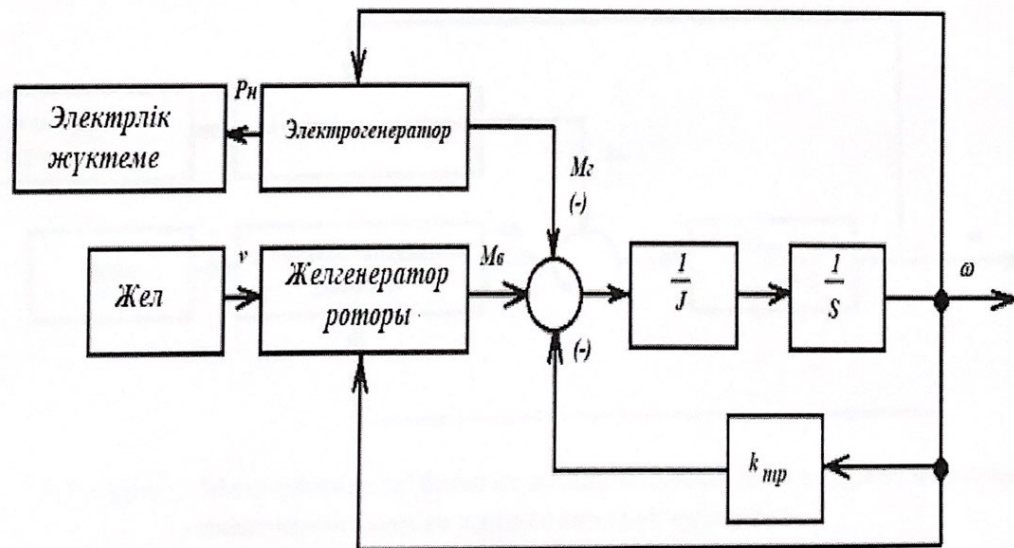
M_r - электр генераторының электромагниттік моменті, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

ω - генератор білігінің айналу жиілігі, рад/с .

$s = \frac{d}{dt}$ ауыстыруды аяқтағаннан кейін (4.1) теңдеуді оператор түрінде жазамыз:

$$Js\omega = M_B - M_r - k_{тр} \omega. \quad (3.2)$$

Электр қондырғыларындағы жұмыс процесін сипаттайтын құрылымдық схема 3-суретте көрсетілген.



3-сурет – Жел энергетикалық қондырғының құрылымдық сұлбасы

Жел генераторының механикалық бөлігі үшін беріліс функциясын табыңыз:

$$\frac{\omega(s)}{M_{\text{рез}}s} = \frac{1}{1 + k_{\text{тр}} * 1/s}, \quad (3.3)$$

мұндағы $M_{\text{рез}}s = M_{\text{в}} - M_{\text{г}}$ - жел доңғалағының айналуынан және индукциялық генератордың электромагниттік моментінің әсерінен пайда болатын электр генераторының білігіндегі момент.

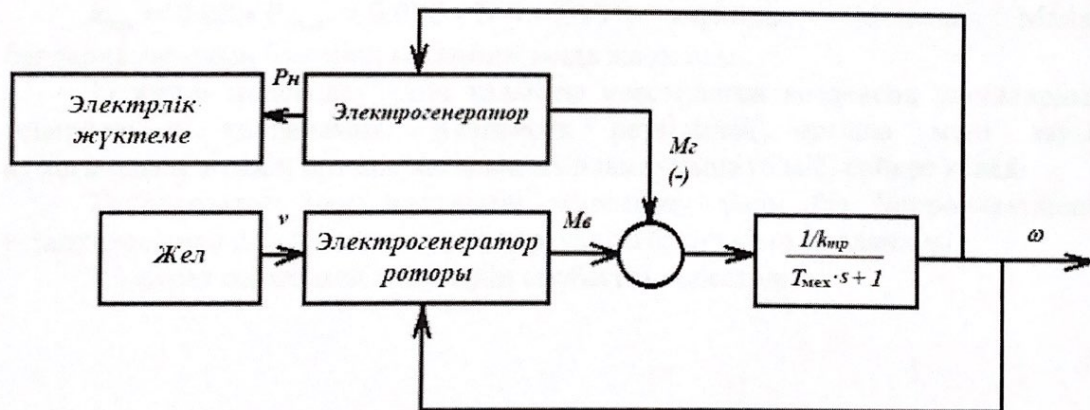
Біз өрнектің алымы мен бөлгішін (3.2) $1/s$ көбейтеміз, келесі өрнекті аламыз:

$$\frac{\omega(s)}{M_{\text{рез}}s} = \frac{1/s}{1 + k_{\text{тр}} * 1/s} = \frac{1}{s + k_{\text{тр}}}. \quad (3.4)$$

Бөлгіштегі $k_{\text{тр}}$ коэффициентті жақшадан алып, беріліс функциясы $\frac{\omega(s)}{M_{\text{рез}}s}$ үшін келесі өрнекті аламыз:

$$\frac{\omega(s)}{M_{\text{рез}}s} = \frac{1/k_{\text{тр}}}{T_{\text{мех}}s + 1}, \quad (3.5)$$

мұндағы $T_{\text{мех}} = \frac{J}{k_{\text{тр}}}$ - жел генераторының механикалық бөлігінің уақыт тұрақтысы. Енгізілген жеңілдетулерді құрылымдық схемаға көрсетейік (сурет 3.1).



3.1-сурет - Механикалық бөлігін жеңілдетумен жел энергетикалық қондырғысының құрылымдық сұлбасы

Жел доңғалағының оң механикалық моменті оның радиусына (R), ауа тығыздығына (ρ) және желдің жылдамдығына (v) байланысты:

$$M_B = \frac{1}{2} \rho \pi R^3 v^2 C_p. \quad (3.6)$$

Бұл формулаға жел доңғалағының қуат коэффициенті C_p кіреді, оның мәні жылдамдық (λ) және қалақшалардың шабуыл бұрышы (β) сияқты коэффициенттермен сызықты емес байланысты[20].

Жел генераторының төлқұжат мәліметтерінен белгілі:

Қуатты пайдалану коэффициенті $C_p = 0,4$;

Жел доңғалағының радиусы $R=3,2$ м;

Номиналды айналу жылдамдығы $\omega = 25,12$ рад/с (240 айн/мин);

Желдің максималды жылдамдығы $v=20$ м / с,

Ауа тығыздығы $\rho = 1,25$ кг/м³.

Көрсетілген параметрлерді формулаға (4.3) ауыстыру арқылы біз электр генераторының білігіндегі қозғалтқыш моментінің мәнін аламыз:

$$M_B = 24,69 * v^2 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.7)$$

Жел доңғалағының диаметрі электр генераторының роторының диаметрінен едәуір асатындықтан, модельдеу кезінде біз жел доңғалағының Инерция моментінің мәнін ғана қолданамыз:

$$J = \frac{G \cdot D^2}{12} = \frac{2 \cdot 6,4^2}{12} = 6,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (3.8)$$

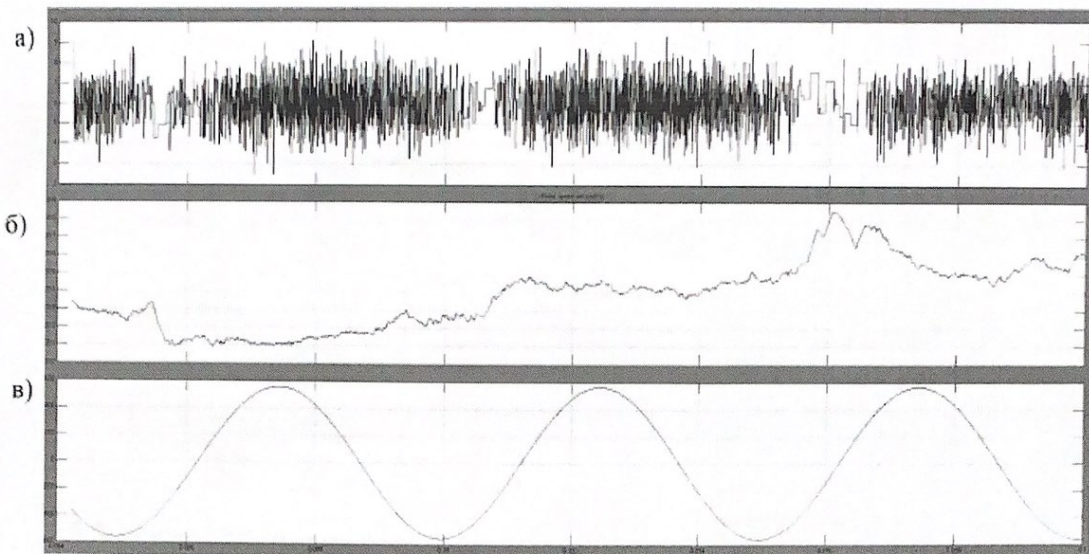
Үйкеліс коэффициенті жел электр станциясының номиналды қуатының 2-5% құрайды, бұл шамамен:

$k_{тр} \approx 0,02 * P_{ном} = 0,038 * 5 = 0,019$ құрайды. Модель Matlab бағдарламасының Simulink қосымшасында жасалады.

1) желді модельдеу үшін қалыпты үлестірілген кездейсоқ шамалардың генераторын қолданамыз. Кездейсоқ реттіліктің орташа мәні зауыт аумағындағы желдің орташа жылдық жылдамдығына (6 м/с) сәйкес келеді.

2) генератор мен жүктемені модельдеу үшін біз Simpowersystems кітапханасынан осы элементтердің виртуалды блоктарын қолданамыз.

3.3-сурет әзірленген модельдің сызбасын көрсетеді.



3.2-сурет – Модельдеу нәтижелері: а – желдің жылдамдығы, б-синхронды генератор білігінің айналу жылдамдығы, в-өндірілетін кернеу

Берілген виртуалды схемада келесі құрылымдық бөліктер көрсетілген: а-электр генераторы және жүктеме; б-Жел; в-жел тартқышы; г-механикалық бөлік.

Графиктерден көрініп тұрғандай, электр генераторының айналу жылдамдығы жел жылдамдығының өзгеруіне сәйкес өзгереді. Бұл нәтиже шындыққа сәйкес келеді. Сондықтан бұл модельді неғұрлым күрделі мәселелерді шешудің негізі ретінде қолдануға болады. Мысалы, оны электр генераторының жылдамдығын ω тұрақтандыру тізбегін жобалау кезінде қолдануға болады.

3.1 ЖЭҚ енгізуден кейінгі экономикалық көрсеткіштерді бағалау

Жел энергетикасы қондырғыларының техникалық-экономикалық тиімділігінің негізгі өлшемдеріне негізгі факторларды жатқызуға болады: белгіленген қуаттың 1 кВт жылдық шығындары; құны 1кВт·с электр энергиясы.

Бұл критерийлер [3] әдістемесі бойынша анықталады және келесі өрнектерден тұрады:

$$З = \frac{E_n K + C}{P}, \quad (3.8)$$

мұндағы P -электрмен жабдықтау объектісінің белгіленген қуаты, кВт;

K – жалпы инвестициялар, теңге.

$$K = K_{уст} + K_{пр} + K_{стр}, \quad (3.9)$$

мұндағы $K_{уст}$ - толық жабдықтың құны, теңге;

$K_{пр}$ - жердегі орнату орнын анықтау үшін жобалау жұмыстарының құны, теңге;

$K_{стр}$ - жел электр станциясын орнату үшін құрылыс және монтаждау жұмыстарының құны, теңге;

$E_n = \frac{1}{T}$ - рентабельділіктің нормативтік коэффициенті;

T - жабдықтың экономикалық қызмет ету мерзімі, жыл.

C – жылдық жалпы пайдалану шығындары, теңге.

$$C = C_{ЭК} + C_{РЕМ}, \quad (3.10)$$

мұндағы $C_{ЭК}$ -электрмен жабдықтау жүйесін пайдалануға арналған жылдық шығыстар, теңге;

$C_{РЕМ}$ - жоспарлы жөндеуге жылдық шығындар, теңге;

1 кВт·сағ электр энергиясының өзіндік құны мынадай формула бойынша есептеледі:

$$C_{эл} = \frac{P_n K + C}{W}, \text{ [теңге / кВт·сағ]}; \quad (3.11)$$

мұндағы W - электр станциясы жылына өндіретін электр энергиясының жалпы саны.

Автономды электрмен жабдықтауды экономикалық талдау, Ресейде осы саладағы экономикалық жағдайлар болған кезде, көп жағдайда бюджеттік субсидиялардың азаюына әкелуі мүмкін. Тиісінше, оқшауланған электрмен жабдықтау жүйелеріндегі электр энергиясын өндірудің кірістілігі туралы

айтудың қажеті жоқ. Мұндай жағдайларда рентабельділіктің қалыпты коэффициентін жабдықтың қызмет ету мерзіміне қарай таңдаған жөн.

Жел электр станциясының негізгі жабдықтарының қызмет ету мерзімі- $T=20$ жыл, сәйкесінше кірістіліктің нормативтік коэффициенті $E_n = 0,05$ теңге .

Жел электр станциясын пайдалану үшін айына орташа жалақысы 25000 теңге болатын екі маман қажет, бұл 1 800 000 теңге болады.

Ағымдағы жөндеу шығындары жабдық құнының 1% мөлшерінде қабылдануы мүмкін, бұл жылына 115008 теңгені құрайды.

Жылдық пайдалану шығындарының жалпы сомасы келесі формула бойынша есептеледі.

$$C = 115800 + 1800000 = 1915008 \text{ теңге}$$

белгіленген қуаттың 1 кВт жылдық шығындарын есептейміз

$$3 = \frac{0,05 \cdot 13800672 + 1915008}{15} = 173670 \text{ теңге/кВт.}$$

Өндірілетін электр энергиясының өзіндік құны (4.10) формула бойынша есептеледі

$$C_{эл} = \frac{0,05 \cdot 13800672 + 1915008}{33075} = 78 \frac{\text{теңге}}{\text{кВт}} * \text{сағ.}$$

Әрі қарай, келесі формула бойынша бір жыл ішінде табиғи эквиваленттегі электр энергиясын үнемдеуді есептейміз:

$$\mathcal{E}_n = P * n * N_q, \quad (3.12)$$

мұндағы $\mathcal{E}_n$ -бір жыл ішінде табиғи баламада электр энергиясын үнемдеу, кВт*сағ;

P - жабдықтың орнатылған қуаты, кВт;

n - электр жабдықтарының саны;

N_q - бір жылдағы ЖЭҚ жұмысының орташа ұзақтығы бір жылдағы ЖЭҚ жұмыс күндерінің санын бір күндегі жұмыс сағаттарының санына (315 күн x күніне 7 сағат) көбейтіндісі ретінде айқындалады.

$$\mathcal{E}_n = 15 * 9 * 2205 = 297675 \text{ кВт * сағ.}$$

Отын баламасына қайта есептеуде жылдық үнемдеу құрайды:

$$\mathcal{E}_{н.т.у.т.} = 297675 * 0,3 = 89302,5 \text{ т. у. т.}$$

3-кесте - ЖЭС экономикалық сипаттамалары

Электр құрылғының атауы	Саны, дана	1 данаға бағасы, теңге	Сомасы, теңге
WH6.4-5000W жел генераторы	2	4 138 680	8 277 480
12 м мачта	2	471 600	943 200
Инвертор МАП SIN HYBRID 48В 20 кВт МикроАрт	1	1 175 400	1 175 400
Volta ST 12-200 200 А·сағ 12 В аккумуляторлық батареясы	6	184 080	1 104 480
Құрылғы қорытындысы			11 500 560
Құрылыс монтаж жұмыстары			2 300 112
Қорытынды			13 800 672

Ақша эквивалентіндегі үнемдеу келесідей есептеледі:

$$\mathcal{E}_{\text{ден}} = \mathcal{E}_n * T_3, \quad (3.13)$$

мұндағы T_3 – электр энергиясының тарифі, теңге. Біздің аймақта электр энергиясының орташа бағасы =4 теңге /кВт * сағ.

$$\mathcal{E}_{\text{ден}} = 1786050 * 4 = 7\,144\,200 \text{ теңге.}$$

Өтемділік мерзімі жалпы капитал салымының ақшалай баламада бір жыл ішіндегі үнемдеуге қатынасы ретінде есептеледі:

$$PP = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{ден}}} = \frac{13800672}{7144200} = 1,9 \text{ жыл.}$$

Өтелу мерзімін бүтін сандарға дейін дөңгелектеу ұсынылады, яғни бұл жағдайда өтелу мерзімі-2 жыл. ЖЭҚ кепілдік қызмет мерзімі 20 жыл.

3.1-кесте - Техникалық-экономикалық есептеу нәтижелерінің еркін кестесі

Капитал салымдары, теңге	Жылына үнемдеу, теңге	Эксплуатационды шығындар, теңге	Өтемділік мерзімі
13 800 672	7 144 200	1 915 008	1,9 жыл

Математикалық модельдеу деректері негізінде жел энергетикасы қондырғысының ұсынылған нұсқасы ағаш шеберх цехын электрмен жабдықтауды қамтамасыз ете алады деген қорытынды жасауға болады. Экономикалық есептеу көрсеткендей, ағаш ұстасын балама электрмен жабдықтау үшін жел электр станциясын орнатқан кезде күрделі шығындар 13 800 672 теңгені құрайды.

ЖЭҚ-ның құндық мәнде енгізуден энергия үнемдеудің жылдық әлеуеті 7 144 200 теңгені құрайды. Осы іс-шараның өзін-өзі ақтау мерзімі екі жылға жуық деңгейде.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген талдау негізінде ағаш шеберханасын баламалы электрмен жабдықтау үшін горизонталды-осьтік жел қондырғының нұсқасымен салыстырғанда жоғары ПӘК-і бар желгенераторлы тік-өстік типті ЖЭҚ таңдалды.

Таңдалған нысанды электрмен жабдықтау үшін тұрақты магниттерден қозатын редукторы және синхронды электр генераторы бар жел генераторын қолданған жөн.

Ағаш шеберханасының электр энергиясына деген қажеттілігін қамтамасыз ету үшін WH6.4-5000W моделінің екі жел генераторы қолайлы болып табылды.

WH6.4-5000W типті жел генераторының параметрлерін есепке алатын және SimPowerSystem кітапханасының элементі болып табылатын виртуалды синхронды генератордан, сондай-ақ жел әсерін және жел генераторының механикалық бөлігінің қозғалысын имитациялайтын Matlab бағдарламалар пакетінің Simulink қосымшасынан тұратын жел энергетикалық қондырғының математикалық моделі әзірленді, ол жел генераторының жұмыс қабілеттілігін тексеру және жел генераторын басқару жүйесін жобалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Кәсіпорынға ЖЭҚ енгізудің экономикалық әсері бағаланды, ол электр энергиясының жылдық үнемдеуі шамамен болатынын, ал өзін-өзі өтеу мерзімі екі жылдан аспайтынын көрсетті.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Безруких П. П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М.: Институт устойчивого развития, 2014. 74 с.
- 2 Токарева Е. А. Выбор ветроэнергетической установки //
- 3 «Студенческие Дни науки в ТГУ» : сборник студенческих работ. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. 621с. С.151-152.
- 4 Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями : учеб. пособие. Томск : изд-во Томского политех. университета, 2015. 120 с.
- 5 Черноталова Е. А. Определение ветроэнергетической установки // «Молодежь. Наука. Общество»: Всероссийская научно - практическая междисциплинарная конференция (Тольятти, 5 декабря 2018 года) : электронный сборник студенческих работ / отв. за вып. С. Х. Петерайтис. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. 621с. С.722–725
- 6 Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. Саратов : Профобразование, 2017. 144 с. 75
- 7 Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Ветроэнергетика. Харьков : ХАИ, 2014. 158 с.
- 8 Безруких П. П. Ветроэнергетика : справочное и методическое пособие. М.:ИД «Энергия», 2015. 320 с.
- 9 Безруких, П. П. Ветроэнергетика. М.: Интехэнерго-Издат, Теплоэнергетик, 2014. 304 с.
- 10 Безруких, П. П. Ветроэнергетика. М. : Энергия, 2014. 665 с.
- 11 Бурмистров А. А., Виссарионнов В. И., Дерюгина Г. В. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии: учеб. пособие. М. : МЭИ, 2009. 144 с

Укенов Мәди Ерболұлы

(аты-жөні)

5B071700 - Жылу энергетика мамандығы бойынша

(мамандығы)

Тік өсті жел қондырғысын талдау

(дипломдық жобаның тақырыбы)

тақырыбындағы дипломдық жобасына

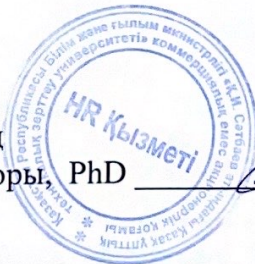
ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Бұл дипломдық жұмыста әлемдегі және атап айтқанда Қазақстандағы жел энергетикасының дамуының жалпы жағдайы қарастырылған. Жұмыстың мақсаты тік осьті жел турбиналарын қолдану. Бұл жұмыстың негізгі бөлімінде тексерулік есептеулер жүргізілді. ЖЭҚ математикалық моделі жасалды және MATLAB ортасында модельдеу моделі зерттеледі.

Экономикалық бөлімде, экономикалық тиімділік жоспары қарастырылған. Осы бөлімде кәсіпорынға ЖЭҚ енгізудің экономикалық әсері бағаланды, ол электр энергиясының жылдық үнемдеуі шамамен болатынын, ал өзін-өзі өтеу мерзімі екі жылдан аспайтынын көрсетті.

Ұсынылған дипломдық жұмыспен танысу және талқылану негізінде Satbayev University – нің «Жылуэнергетикасы» мамандығы бойынша түлегі Укенов Мәди аталғыш мамандық бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін беруге лайық, ал дипломдық жұмысты жоғары бағалауға болады деп санаймын.

Ғылыми жетекші
«Энергетика» кафедрасының
қауымдастырылған профессоры, PhD



[Signature]

КОЛЫ

Қ.Б.Шакенов

«18» *мамыр* 2022 жыл

Укенов Маді Ерболұлы
(аты-жөні)

5B071700 - Жылу энергетика мамандығы бойынша
(мамандығы)

Тік өсті жел қондырғысын талдау
(дипломдық жобаның тақырыбы)
тақырыбындағы дипломдық жобасына

СЫН – ПІКІР

Бұл дипломдық жұмыста әлемдегі және атап айтқанда Қазақстандағы жел энергетикасының дамуының жалпы жағдайы қарастырылған. Жұмыстың мақсаты тік осьті жел турбиналарын қолдану. Бұл жұмыстың негізгі бөлімінде тексерулік есептеулер жүргізілді. ЖЭҚ математикалық моделі жасалды және MATLAB ортасында модельдеу моделі зерттеледі.

Экономикалық бөлімде, экономикалық тиімділік жоспары қарастырылған. Осы бөлімде кәсіпорынға ЖЭҚ енгізудің экономикалық әсері бағаланды, ол электр энергиясының жылдық үнемдеуі шамамен болатынын, ал өзін-өзі өтеу мерзімі екі жылдан аспайтынын көрсетті.

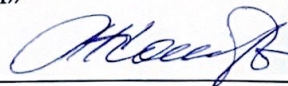
Жоба бойынша ескерту:

Пайдалаған әдебиеттер тізімі бойынша толықтыру қажет. Мәлеметтер жеткілікті.

Жұмысты бағалау

Ұсынылған дипломдық жұмыспен танысу және талқылану негізінде Satbayev University – нің «Жылуэнергетикасы» мамандығы бойынша түлегі Укенов Маді аталғыш мамандық бойынша «бакалавр» академиялық дәрежесін беруге лайық, ал дипломдық жұмысты жоғары бағалауға болады деп санаймын.

Пікір беруші
«Логистика және көлік академиясы»
«Энергетика» кафедрасының
Ассистент-профессоры, PhD



ҚОЛЫ

«18»



Ж. К. Калиев

18.05.2022 жыл

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

18.05.2022

Ф КазННТУ 706-17. Рецензия

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Укенов Мади Ерболұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Тік өсті жел кондырғысын талдау

Научный руководитель: Калижан Шакенов

Коэффициент Подобия 1: 11.2

Коэффициент Подобия 2: 6.7

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2022-05-18

Дата



Заведующий кафедрой Сарсенбаев ЕА.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Укенов Мадир Ерболұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Тік өсті жел қондырғысын талдау

Научный руководитель: Калижан Шаменов

Коэффициент Подобия 1: 11.2

Коэффициент Подобия 2: 6.7

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

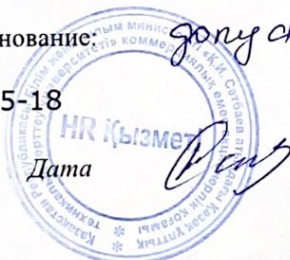
☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование: *допускаю*

2022-05-18



Нуржан Балгаев

проверяющий эксперт