

6D071800- «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін орындалған диссертациясына

## АҢДАТПА

**Шакенов Калижан Бахытжанович**

### **КҮН ЭНЕРГИЯСЫН КЕШЕНДІ ПАЙДАЛАНАТЫН ЖАБЫҚ ТҮРДЕГІ ЖЕЛ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫСЫН ЖЕТІЛДІРУ**

#### **Жұмыс өзектілігі.**

Қазақстан Республикасында жаңармалы энергия көздерін пайдалану арқылы электр энергиясын өндіруді қолдау және мемлекеттің экологиялық халықаралық міндеттерін орындау үшін «Жаңармалы энергия көздерін қолдау туралы» заңы қабылданды. Осы заңның мақсаты экономиканың энергия көлемін азайту үшін және қоршаған ортаға электр энергиясын өндіру секторының әсерін азайту үшін қолайлы шарттарды жасау және осы энергия түрін өндіру кезінде жаңармалы энергия көздерінің үлесін ұлғайту болып табылады. Осы заң бойынша аз қуатты жаңармалы энергия энергия көздерін пайдалану және табиғи, климаттық, техникалық немесе басқа шарттар бойынша қолайлығы төмен аймақтарды электр энергиясымен қамтамасыз ету үшін жаңармалы энергия көздерін пайдаланатын нысандардың орнатылған қуаты бойынша нақты тарифтер орнатылады.

Біздің мемлекеттің жел энергетикасы мен күн энергетикасының даму болашағы жел мен күн энергияларының жоғары мүмкіндіктерімен, сонымен қатар, біздің мемлекеттің «Қазақстан-2050» жоспарымен байланысқан. Ол жерде Үшінші индустриялық революциясына және «жасыл экономикаға» өту қажеттілігі қарастырылған. Үшінші индустриялық революциясы мемлекетте жаңармалы энергия көздері негізгі энергия көзі болып табылатын мемлекеттің даму деңгейін көрсетеді. Бұл жоспардың жетілдірілуі әлем экономикасының экологиялық таза энергияға сұранысынң артуымен, халық санының артуымен, әдеттегі қазба қорларының шектелуімен, энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз етумен, жағу кезінде органикалық отын қалдықтарымен қоршаған ортаны ластаудан қорғамен, болашақ ұрпақ үшін энергетикалық қорларды сақтаумен байланысты.

Біздің мемлекет аумағы бойынша әлем бойынша тоғызыншы орында орналасқан және халқының орташа тығыздығы 6,7 ад./км<sup>2</sup>. Осыған байланысты алыс аймақтардағы тұрғандар үшін дәстүрлі энергия түрін жеткізу құнының жоғарылығына және құрылыстының қымбаттылығына, сонымен қатар әуе беріліс желілерін пайдалану қымбаттылығына байланысты электр энергиясымен қамтамасыз ету мәселесі бар. Осындай аймақтар үшін жел энергетикалық қондырғылары және күн электрлік түрлендіргіштер секілді автономды жаңармалы энергия көздерінің түрлендіргіштері қажет.

Жел энергиясын пайдалану бойынша ғылыми зерттеулердің нәтижелерін ендіру негізінен жел қондырғыларының жақсы жұмысын қамтамасыз ететін біздің мемлекет аймағында 9-12 м/с диапазоны бар жақсы жел аймақтарда іске асырылуда. Екіншіден, біздің мемлекеттің басым бөлігі желдің жылдық орташа жылдамдығы 6 м/с-тан төмен. Орталық Қазақстанда, қаңтарда желдің орташа жылдамдығы 4-6 м/с, ол оңтүстік Қазақстанда 2-4 м/с-қа дейін төмендейді. Осындай аймақтарда электр энергиясының негізгі тұтынушылары орналасқан. Осыған байланысты, аймақтың төмен орташа жылдық жылдамдықтарында жел энергиясын электр энергиясына тиімді түрлендіруді қамтамасыз ететін жаңа техникалық шешімдер қажет. Жоғарыда келтірілген шарттарды қамтамасыз ете алатын жел энергетикалық қондырғыны жетілдіру мен жасау өзекті мәселе болып табылады.

### **Зерттеудің теориялық және тәжірибелік маңыздылығы.**

Зерттеудің маңыздылығы жел мен күн энергияларын кешенді пайдаланатын жергілікті энергиямен қамтамасыздандыруға арналған жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғыларын өндіру кезінде ғылыми нәтижелерді пайдалану мүмкінділігінде. Ұсынылған техникалық шешімдер Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ «Энергетика» кафедрасы зертханасында горизонталь осьті жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғысының зертханалық үлгісін дайындау кезінде қолданылды.

Жұмыстың іс жүзіндегі маңыздылығы Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ «Энергетика» кафедрасының оқу үрдісіне енгізу актісімен дәлелденеді. Жұмыстың нәтижелері келесі пәндерді жүргізуде қолданылады: «Энергияның жаңармалы көздері», «Альтернативті энергетика», «Энергияның жаңа және жаңармалы көздері», «Жаңармалы энергетика» 5B071800 және 6M071800 – «Электроэнергетика» мамандықтары үшін арналған.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің физикалық-техникалық факультетінің «Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика» кафедрасындағы оқу үрдісіне ендіру актісі алынды. Зерттеулер нәтижелері келесі пәндердің дәрістік курстарында және тәжірибе сабақтарында қолданыс тапқан: 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандықтарына оқытылатын «Альтернативті энергетика», «Электр энергиясының қалыпты емес және жаңармалы көздері», «Жел энергетикасы» пәндері.

**Жұмыстың мақсаты** – күн энергиясын пайдалану кешенінде энергиямен жергілікті түрде қамтамасыз ету үшін жел турбинасы горизонталь білгек бойынша айналатын жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғыны зерттеу және жетілдіру.

### **Зерттеу нысаны мен пәні.**

Жергілікті энергиямен қамтамасыз етуге арналған төмен қуатты жел турбинасының айналу білгегі горизонталь түрде айналатын жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғыны зерттеу нысаны ретінде таңдау келесі көрсеткіштермен шартталған:

- жел ағынының әр түрлі жылдамдықтары кезінде, әсіресе Қазақстан аумағының басым бөлігіне тиесілі желдің төмен жылдамдығы кезінде жел турбинасының горизонталь айналу білгегі бар жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғылардың болашақта қолданысқа ие болу мүмкіндіктері;

- ашық түрдегі жел энергетикалық қондырғылармен салыстырғанда жел энергиясын пайдалану коэффициентінің жеткілікті жоғарылығы;

- бірегей электр торабынан алыс орналасқан туристік демалыс орындары, жеке шаруашылық қожалықтары, сорғы станциялары және т.б. секілді тұтынушылар үшін қолжетімділігі;

- белгілі бір жер аумақтарын оқшаулауды қажет ететін және әр түрлі шу өндіретін жоғары қуатты жел энергетикалық қондырғылармен салыстырғанда экологиялық таза қондырғы болып табылады.

Зерттеудің пәні ретінде қондырғыны ары қарай жақсарту үшін электр энергиясына жел энергиясын түрлендіру кезінде жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғыдағы жүріп жатқан үрдістерді зерттеу болып табылады.

### **Жұмыстың мемлекеттік ғылыми бағдарламалардың жоспарымен байланысы.**

Диссертация тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулер, диссертация авторы докторантурада оқыған және ізденуші ретінде Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ мекемесінде тіркелген, «Энергетика» кафедрасының ҒЗЖ жоспарларына сәйкес іске асырылды. Зерттеулер 2014-2017 ж.ж. «Жергілікті энергиямен қамтамасыз етуге арналған унифицирленген жел энергетикалық қондырғы (ЖЭҚ)» тақырыбы аумағында іске асырылды, мемлекеттік тіркеу номері 0116РК00433.

### **Зерттеу тапсырмалары.**

Мақсатқа жету үшін келесі келесі тапсырмалар қойылды:

- желдің әр түрлі жылдамдықтары кезінде жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғының компьютерлік нұсқасын жетілдіру және зерттеу;

- электр энергиясына жел энергиясын түрлендіру үшін тиімді жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғыны жетілдіру;

- жел мен күн энергияларын түрлендіру үшін комбинирленген жүйеде күн панелінің күнді бақылау жүйесін жетілдіру;

- әр түрлі жүктемелер кезінде және жел ағынының әр түрлі жылдамдықтары кезінде жел энергетикалық қондырғының тәжірибелік нұсқасының жұмысын зерттеу;

- күнді бақылайтын жүйесі бар күн энергетикалық қондырғының тәжірибелік нұсқасының жұмысын зерттеу.

### **Зерттеу әдістері.**

Қойылған тапсырмаларды шешу үшін диссертацияда көп жылдар бойы орныққан аэродинамиканың теориялық негіздері, жел қозғалтқыштарын жасау және электр машиналарын жасау бойынша жағдайлар пайдаланылды. Осы сала бойынша іс жүзінде отандық және шет елдік ғалымдар

пайдаланатын, жел турбинасының горизонталь айналу білгегі бар жел энергетикалық қондырғының параметрлерін анықтаудың тексерілген әдістері қолданылды. COMSOL Multiphysics 5.0, SolidWorks 2016 CFD (Calculation Fluid Dynamics) компоненті бар инженерлік талдау бағдарламалық қамтамасыздандыруларда жел энергетикалық қондырғыны модельдеу орындалды. Autodesk Inventor Professional 2015 бағдарламалық қамтамасыздандыру жел энергетикалық қондырғының қондырғының бөлшектерін тұрғызу үшін қолданылды.

**Ғылыми жағдайлар, нәтижелер мен кеңестердің негізделуі мен дұрыстығы келесілермен дәлелденеді:** Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі (ҚР БҒМ) Білім және ғылым саласында қадағалау комитеті кеңес берген басылымдарда шыққан мақалалар; отандық және шет елдік халықаралық ғылыми конференциялар мен форумдарда, сонымен қатар «ЭКСПО-2017» Бүкіләлемдік қойылым негізінде өткізілген WSEC-2017 «Болшақ энергиясы: Инновациялық жағдайлар және оларды іске асыру әдістері» атты инженерлер мен ғалымдардың Бүкіләлемдік Конгресінде ат салысып, мақалалар жарық көрді; тәжірибелік нұсқаларда пайдалану кезінде техникалық шешімдердің жұмысқа жарамдылығын дәлелдейтін тәжірибелер жасау барысындағы алынған тәжірибелік мәліметтермен, математикалық негіздемелер.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы.** Компьютерлік моделді инженерлік талдау мен тәжірибелік зерттеулер жолы арқылы жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғының энергетикалық тиімді құрылымдық бөліктері жұмыста ұсынылуы және негізделуі жұмыстың ғылыми жаңалығы болып табылады.

#### **Қорғауға шығарылатын негізгі жағдайлар.**

Қорғауға келесі негізгі жағдайлар шығарылады:

- желдің энергиясын пайдалану тиімділігін жоғарылататын жетілдірілген және негізделген құрылымдық бөлшектер қалыптары және үй шатыры;
- тәжірибелік зерттеулер негізінде дәлелденген жақсартылған аэродинамикалық сипаттамалары бар көлденең айналу білгекті жел турбинасы бар жабық түрдегі тиімді жел энергетикалық қондырғысы;
- автономды энергия тұтынушыларын энергиямен сенімді қамтамасыз етуін көтеретін тиімді күнді бақылау жүйесі бар жел мен күн энергияларын кешенді түрлендіретін комбинирленген жүйесі.

#### **Жұмыс апробациясы.**

Жұмысты негізгі нәтижелері келесі орындарда жарық көрді: Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ «Энергетика» кафедрасының ғылыми семинарларында; Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ 80 жылдығына арналған «XXI ғасырда инженерлік білім мен ғылым: мәселелері мен болашағы» Халықаралық форумында, 22-24 қазан, 2014 ж., Алматы қ., Қазақстан Республикасы; «Қазақстанның жаңа экономикалық саясатын іске асырудағы жас ғалымдардың рөлі мен орны» Халықаралық Сәтбаев оқуларында, 12 сәуір, 2015 ж., Алматы қ., Қазақстан Республикасы; «Каспий шельфінің

экологиялық жүйесінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету және көміпсутек қорының кенорнын игерудің ең жаңа технологиялары» VI Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясында, 7 қыркүйек, 2015 ж., Астрахань қ., Ресей Федерациясы; «Техникалық ғылым мен білімнің бәсекелесу мүмкіндігі», Халықаралық Сәтбаев оқуларында, 12 сәуір, 2016 ж., Алматы қ., Қазақстан Республикасы; «Болшақ энергиясы: Инновациялық жағдайлар және оларды іске асыру әдістері» атты иженерлер мен ғалымдардың Бүкіләлемдік Конгресінде, 19-20 маусым, 2017 ж., Астана қ., Қазақстан.

### **Жарияланымдар.**

Диссертация тақырыбы бойынша 16 басылым жұмыстары жарияланды, оның ішінде 3 мақала ҚР БҒМ Білім және ғылым саласында қадағалау комитеті кеңес берген басылымдарда шыққан, 2 мақала – Scopus мәліметтер базасына кіретін ғылыми басылымдарда, 8 жарияланымдар Халықаралық конференциялар мен форумдарда шыққан. Пайдалы модельге 3 патент шықты.

### **Диссертация құрылымы мен көлемі.**

Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен және қорытындыдан тұрады, сонымен қатар 118 бет машинамен жазылған мәтіннен, 87 суреттен, 7 кестеден, 16 қосымшадан және 122 атауға ие пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады.

### **Жұмыстың негізгі мазмұны**

**Кіріспеде** ғылыми жұмыстың өзектілігі мен жүргізілген зерттеудің маңыздылығы көрсетілген. Ғылыми зерттеулердің мақсаты мен тапсырмалары қойылған. Қорғауға шығарылатын ғылыми жаңалық пен жағдайлар келтірілген. Алынған нәтижелердің іс жүзіндегі маңыздылығы мен жүргізілетін зерттеулердің әдістері келтірілген. Жарияланымдар, апробациялар, сонымен қатар жұмыстың мемлекеттік ғылыми бағадарламамен байланысы келтірілген.

**Диссертацияның бірінші бөлімі** дүние жүзінде жаңармалы энергия көздерінің, соның ішінде жел мен күн энергетикасының, дамуының қазіргі жағдайын баяндауға негізделген. Жетілдірілген қондырғылардың талдауы және жаңармалы энергетиканың даму болашағын талдау жүргізілген.

Қазіргі жел энергетикалық қондырғылардың электр энергиясын өндіруі өте тұрақты емес болатын желдің күші мен бағытына тәуелді. Әлсіз жел (2 м/с дейін) жел турбинасынң айналуын қамтамасыз ете алмайды, қатты жел (20 м/с жоғары) ЖЭҚ бұзуы мүмкін. Жаңбыр мен қар, бұршақ мұздақтауға алып келеді, пайдалануды қиындатады және жалпы жұмыс істеу мүмкіндігін қысқартады. ЖЭҚ үлкен өлшеміне байланысты орналастыру мен қызмет көрсету қиындығы ірі қондырғыларды пайдалануды қиындатады. Осы барлық мәселер ЖЭҚ құрылымын күрделендіреді және өндірілетін электр энергиясының өзіндік құнының жоғарылауына алып келеді.

Жоғарыда айтылған мәселелерге байланысты жергілікті энергиямен қамтамасыз ету үшін жабық түрдегі ЖЭҚ кешенінде жел мен күн

энергияларын тиімді түрлендіру үшін қондырғыны зерттеу, жетілдіру және оңтайландыру жүргізіледі.

**Екінші бөлімде** көлденең айналу білгекті жел турбинасы бар жабық түрдегі ЖЭҚ моделін зерттеу және конфузор, диффузор және конус секілді жеке бөлшектерінің талдауы қарастырылған.

Жабық түрдегі ЖЭҚ құрылымын зерттеу аяқталған бөлшектер әдісі көмегімен есептеулерді жүргізетін COMSOL Multiphysics инженерлік талдау бағдарламалық қамтамасыздандыруда жүргізілді. Бұл әдіс диффузия, жылу өткізгіштік, гидродинамика, механика үрдістерін модельдеу кезінде кең қолданысқа ие және есептеу жүйелерінің мүмкіндігі ұлғайған сайын оның аймағы кеңейеді.

Бөлшектері бар аяқталған элементтер әдісі күрделі пішінді аймақтарда сұйық пен газ ағындарын модельдеу, еркін беткеймен сұйық пен газ ағындарын, шашырау пайда болу үрдістерін, сонымен қатар сұйықтық қаттылықпен байланысқан есептерді шешу үшін қолданылады.

Ағысты модельдеу үшін Навье-Стокс дифференциалдық теңдеулер жүйесі кең қолданысқа ие. Навье-Стокс теңдеулерін шешу кезіндегі негізгі мәселелер масса мен қозғалыс мөлшері сақталу заңдары үшін дифференциалдық теңдеулерімен байланысты.

ЖЭҚ құрылымы моделі инженерлік талдау бағдарламалық қамтамасыздандыруы симуляциясында табиғи модельге өте жақын болуы қажет. Ол үшін модель торларда бірдей және сәйкес келетін нәтижелер беруі керек, гидродинамикалық есептеулерде қателіктер жібермеу үшін құрылымның маңызды облыстарында тор жеткілікті майда болуы қажет, ауа ағыныны сығылмау үшін ЖЭҚ моделінің үстіндегі есептеу облысы жеткілікті биік болуы қажет.

Жабық түрдегі ЖЭҚ құрылым моделі келесі элементтерден тұрады:

1. ЖЭҚ корпусымен бір білгекте орналасқан құрылым ортасында орналасқан бағыттаушы конус ЖЭҚ турбина қалақшалары орналасқан аймаққа ауа ағынын бағыттайды;

2. ЖЭҚ турбина қалақшалары орналасқан аймақта желдің жылдамдық алуына мүмкіндік беретін кесілген конус түрінде орындалған алдыңғы қуыстан және кеңейетін артқы қуытан орындалған құралған ЖЭҚ корпусы.

Қарастырылып отырған құрылым жел энергиясын пайдалану коэффициентін көтеруге және қондырғы жұмыс диапазонының төменгі табалдырығын түсіруге мүмкіндік беретін конфузор мен диффузор пайдалану арқылы жел жылдамдығын ұлғайтуға мүмкіндік береді.

Талдау нәтижелері бойынша ауа ағыны ең жоғары көтеру қол жеткізілетін ЖЭҚ құрылымы мен ғимарат шатыры тиімді нұсқасы анықталды, сонымен қатар әр түрлі элементтер бойынша қалпы мен ату бұрышы бойынша кеңестер берілді. Конфузор, диффузор, конус и ғимарат шатыры электр энергиясына жел энергиясын тиімді түрлендіру үшін келесі параметрлерге ие: конфузора ату бұрышы  $\alpha=7,97^{\circ}$ , диффузора ату бұрышы

$\alpha=32,62^{\circ}$ , корпуса қалыңлығы  $L=0,02$  m, конуса ату бұрышы  $\alpha=26,57^{\circ}$  және ғимарат шатыры ату бұрышы  $30^{\circ}$ .

**Үшінші бөлімде** жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғы және тұрақты магниттері бар секциялы синхронды генератор техникалық шешеімдері қарастырылған. Осы техникалық шешімдер бойынша патентке өтінімдер берілді.

Күн панелдерінің күн бақылау жүйесінің түрлері қарастырылды және қалыпты энергиямен қамтамасыз ету үшін жел мен күн энергияларын кешенді түрлендіру жүйесінде жұмыс істей алатын ең тиімді бақылау жүйесі анықталды.

**Төртінші бөлім** күн энергиясын пайдалану кешенінде жабық түрдегі ЖЭҚ-н тәжірибелік зерттеуге арналған. Бұл бөлімде жабық түрдегі ЖЭҚ тәжірибелік нұсқасы және күнді бақылайтын жүйесі бар күн панелі, сонымен қатар тәжірибе барысында сәйкес параметрлерді өлшеу үшін өлшеу құрылғылары келтірілген.

ЖЭҚ тәжірибелері желдің әр түрлі жылдамдықтарында ашық және жабық түрлерінде жасалды. Тәжірибе нәтижелерінен көрініп тұрғандай, жетілдірілген жабық түрдегі жел энергетикалық қондырғы ашық түдегі қондырғыдан әлдеқайда тиімдірек және электр энергиясын ертерек өндіре бастайды. Бұл тәжірибелік қондырғының аэродинамикалық сипаттамаларының жақсырақ және инерция моменті төмен екендігін көрсетеді. Осылайша, ЖТЖЭҚ тиімділігі ашық түрдегі ЖЭҚ-на қарағанда 17,5% жоғары.

Тәжірибелер нәтижелері бойынша тұрақты жүйеге қарағанда күнді бақылау жүйесі 41,17% тиімдірек болды.

**Қорытындыда** диссертациялық жұмыс бойынша негізгі нәтижелер мен қорытындылар көрсетілген.