АҢДАТПА

«6D072300 – Техникалық физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған диссертация

СЕЙДУЛЛА ЖӘНІБЕК ҚАНАТБЕКҰЛЫ

Тік айналу осі бар жел энергетикалық қондырғысының орнынан қозғалту мәселесінің техника-технологиялық шешімі

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Диссертациялық жұмыс желдің төмен жылдамдығында жел энергетика қондырғыларының (ЖЭҚ) тиімділігін арттыруға бағытталған симметриялы емес пішінді қалақшалары бар Дарье роторының аэродинамикалық сипаттамаларын эксперименттік және сандық зерттеуге арналған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Жаңартылатын энергия көздерінің (ЖЭК) заманауи дамуы энергетикалық тәуелсіздікті арттыру, тұрақты даму және қоршаған ортаға әсерді барынша азайту қажеттілігіне байланысты. Бұл тұрғыда жел энергетикасы негізгі бағыттардың бірі болып табылады, әсіресе көптеген аймақтарға тән шектеулі және өзгермелі жел әлеуеті жағдайында. Шалғайдағы және ауылдық аудандарда автономдық энергиямен жабдықтауға арналған шағын ауқымды ЖЭК ерекше маңызға ие. Олардың ішінде желдің бағытына тәуелсіздік, құрылымның қарапайымдылығы, шудың төмен деңгейі және әлсіз желде тиімді жұмыс істеу қабілеті сияқты артықшылықтары бар тік типті жел турбиналары ерекше перспективалы болып саналады. Бұл жетілдірілген аэродинамикалық сипаттамалары бар айналмалы құрылымдарды, соның ішінде симметриялы емес қалақшалары бар Дарье типті роторларды әзірлеу мен жетілдірудің өзектілігін анықтайды.

Қазақстан 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптылығына қол жеткізу жөніндегі мемлекеттік стратегия шеңберінде ЖЭК секторын белсенді дамытуда. 2025 жылы республикада жалпы қуаты 800 МВт-тан асатын 25-тен астам өнеркәсіптік жел энергетикалық қондырғылары жұмыс істейді, бұл 2020 жылғы көрсеткіштен екі есе артық. Ұлттық мақсаттарға сәйкес, 2030 жылға қарай елдің энергия теңгеріміндегі ЖЭК үлесі 15% – ға, ал 2050 жылға қарай-50% - ға жетуі тиіс. Қолайлы табиғи-климаттық жағдайлар, әсіресе желдің жылдамдығы 5-7 м/с және одан жоғары оңтүстік және батыс аймақтарда жел энергетикасын одан әрі дамыту үшін алғышарттар жасайды.

Осылайша, 2025 жылы Қазақстан жел энергетикасы саласындағы жаңа шешімдерді белсенді енгізу кезеңіне кіреді, мұнда желдің төмен жылдамдықтарында ЖЭК тиімділігін арттыруға бағытталған ғылыми әзірлемелер сұранысқа ие және стратегиялық маңызды болып табылады.

Қазақстанда жаңартылатын энергетикалық ресурстардың (гидроэнергия, жел және күн энергиясы) әлеуеті өте маңызды. Олардың ішінде, әсіресе Қазақстанның жергілікті және шалғай өңірлерінде

экологиялық таза, жаңартылатын және қолжетімді энергияны қамтамасыз етуге қабілетті жел энергиясы ерекше орын алады. Жел энергиясы қоршаған ортаны ластамайды және елдің энергетикалық тәуелсіздігі үшін тұрақты негіз бола алады.

Қазақстан аумағының басым бөлігінде желдің орташа жылдық жылдамдығының төмен мәндері (5 м/с-тан кем) бар аймақтар басым, бұл жел турбинасының қолданыстағы конструкцияларының көпшілігінің тиімділігін айтарлықтай төмендетеді. Іске қосу мәселесі әсіресе өткір-роторды тыныштық күйден іске қосу сәті. Дарье роторының көптеген қолданыстағы конструкциялары желдің төмен жылдамдығында өздігінен іске қосу үшін жеткілікті айналу мезетін қамтамасыз етпейді, бұл қосалқы қосу механизмдерін немесе құрылымдық түзетулерді қолдануды талап етеді.

Тік- осьтік жел қондырғылары соңғы уақытта қарапайым құрылымымен, шағын болуымен және жел бағытына тәуелсіздігімен қызығушылық танытуда. Олардың ішінде дәстүрлі роторлармен (Савониус түрі) салыстырғанда жоғары пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) бар аэродинамикалық жетекті Дарье роторы ерекше көзге түседі. Алайда, басты проблема-бұл желдің төмен әлеуеті жағдайында олардың кеңінен қолданылуын тежейтін әске қосу сәті.

Осыған байланысты желдің орташа жылдық төмен жылдамдықтарында тиімді жұмыс істейтін қалақшалардың симметриялы емес пішіні бар тік-осьтік жел турбиналарын құру және оңтайландыру маңызды ғылыми-техникалық міндет болып табылады. Мұндай қондырғыларды іске қосу мәселесін шешу олардың энергетикалық тиімділігіне, сенімділігіне және практикалық қолдану салаларының кеңеюіне тікелей әсер етеді. Осы саладағы зерттеу Қазақстан Республикасында ғылым мен энергетиканы дамытудың басым бағыттарына толық сәйкес келеді.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты тік айналу осі бар жел энергетика қондырғыларының тиімділігін арттыруға бағытталған симметриялы емес пішінді қалақшалары бар Дарье роторының аэродинамикалық сипаттамаларын зерттеу.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1. Тік-осьтік жел турбинасының жұмыс қалақшалары ретінде қолданылатын симметриялы емес пішінді қалақшаның аэродинамикалық сипаттамаларын зерттеу;
2. Қалақша мен ротордың айналасындағы қысым өрістері мен жылдамдық векторларының таралуын әр түрлі атқылау бұрыштарында және ағынның жылдамдығында зерттеу; ағынның үзілу аймақтарын анықтау және максималды аэродинамикалық әсер ету аймақтарын анықтау;
3. Дарье роторының әртүрлі құрылымдық элементтері бар нұсқаларының аэродинамикалық сипаттамаларын эксперименттік зерттеу нәтижелерін талдау және жалпылау.

Зерттеу мәні симметриялы емес қалақшаның жел ағынымен әрекеттесу кезіндегі аэродинамикалық сипаттамаларын анықтау.

Зерттеу әдістері. Эксперименттік зерттеулер турбина үлгісінің аэродинамикалық сипаттамаларын зерттеуге мүмкіндік беретін аэродинамикалық таразыларды қолдана отырып, Т-1-М аэродинамкалық құбырдың жұмыс бөлігінде жүргізілді.

ANSYS Fluent ортасында сандық әдістер (CFD – computational fluid dynamics) қолданылды, бұл стационарлық емес ағуды талдауға және симметриялы емес қалақшалары бар Дарье роторының аэродинамикалық сипаттамаларын зерттеуге мүмкіндік берді.

Тақырыптың ғылыми-зерттеу бағдарламаларының жоспарларымен байланысы

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі жүргізген 2024-2026 жылдарға арналған «Жас Ғалым» жобасы бойынша жас ғалымдардың зерттеулерін гранттық қаржыландыруға арналған конкурс шеңберінде орындалды, осы үшін автор алғыс білдіреді. AP22685893 «Турбинаның тиімділігін арттыру үшін жел энергетика қондырғысында қолданылатын симметриялы емес пішінді қалақшалардың аэродинамикалық сипаттамаларын зерттеу» жобасының ЖТН.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы

1. Дарье роторына арналған симметриялы емес қалақшаның жаңа геометриясы алғаш рет ұсынылды және жүзеге асырылды, ол бұрын желдің төмен жылдамдығында іске қосу мәселесін шешу мақсатында белгілі ЖЭҚ конструкцияларында қолданылмаған.

2. Алдымен құрылымдық элементтердің (көлденең пластиналардың) өздігінен іске қосу параметрлеріне, айналу мезетіне және ЖЭҚ қуат коэффициентіне әсері анықталды, бұл әлсіз және ауыспалы жел ағындарында ротор жұмысының тиімділігін арттыру шарттарын анықтауға мүмкіндік берді.

3. Алғаш рет CFD үлгілеу нәтижелеріне негізделген симметриялы емес қалақшалардың ағу аймағындағы қысым мен жылдамдық векторларының таралуын зерттеу жүргізілді.

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар

1. Симметриялы емес қалақшаның түпнұсқа геометриясы (пішіні) көтеру күшін арттыруға және орнынан қозғалту моментін азайтуға ықпал етді, ротордың 3 м/с жел жылдамдығында өздігінен іске қосылуын қамтамасыз етеді.

2. Ротор конструкциясында көлденең бағыттаушы пластиналардың болуы оның іске қосылу және энергетикалық сипаттамаларын жақсартуға көмектеседі. Мысалы, 3 м/с жел жылдамдығында айналу жиілігі 25 айн/мин-нен (пластинасыз) 40 айн/мин-ге дейін, ал 12 м/с кезінде 158-ден 200 айн/мин-ге дейін артады. Сонымен қатар, пластиналармен жабдықталған конструкция жоғары қуат коэффициентін қамтамасыз етеді: 9 м/с жылдамдықта Ср мәні 0,34-ке жетеді, бұл пластинасыз ротор көрсеткішінен (0,276) 23%-ға жоғары.

3. Тік осьті жел турбинасы роторының қалақшасының ұсынылған симметриялы емес пішіні сыни азимуттық аймақтарда (0 – 120° және 300 – 360°) жақсартылған іске қосу сипаттамаларын қамтамасыз етеді, іске қосу

уақытын қысқартады және желдің төмен жылдамдығында тұрақты өздігінен іске қосылуды қамтамасыз етеді. 180 – 210° аралығындағы іске қосылу уақытының жергілікті ұлғаюына қарамастан, алынған нәтижелер геометриялық модификацияның тиімділігін және оның тік осьті жел энергетикалық қондырғысының жұмысын нақты пайдалану жағдайларында оңтайландыруға жарамдылығын растайды.

Жұмыстың практикалық құндылығы симметриялы емес қалақшалар мен бағыттаушы пластиналарды қолдану шағын масштабты ЖЭҚ тиімділігін арттыру болып табылады. Алынған нәтижелерді желдің жылдамдығы төмен аймақтарға арналған турбиналарды жобалау кезінде қолдануға болады, бұл өзін-өзі іске қосуды және турбинаның қуатын арттыруды қамтамасыз етеді.

Деректердің дұрыстығы мен негізделгені тікелей физикалық эксперимент пен сандық модельдеу жүргізу арқылы, стандартты деректерді өңдеу әдістері мен компьютерлік бағдарламаларды қолдану арқылы дәлелденеді. Сонымен қатар, нәтижелердің шынайылығы жоғары импакт-факторлы алыс шетелдік ғылыми журналдарда, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті (ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК) ұсынған басылымдарда және жақын және алыс шетелдегі халықаралық ғылыми конференциялар материалдарында жарияланған мақалалармен расталады.

Жарияланымдар

Диссертациялық жұмыс материалы бойынша 5 баспа жұмысы жарық көрді, оның ішінде 2 мақала Scopus және Web of Science деректер базасына кіретін журналдарда, 2 мақала ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда және халықаралық ғылыми конференция материалдарында 1 тезис жарық көрді.

Диссертациялық жұмысты апробациялау

Thomson Reuters дерекқорында немесе Scopus халықаралық ғылыми дерекқорына кіретін басылымдарда жоғары импакт-факторы бар мақалалар:

– Isataev, M.; Manatbayev, R.; Seydulla, Z.; Bektibai, B.; Kalassov, N. Study of Aerodynamic Characteristics of Asymmetrical Blades and a Wind-Driven Power Plant with a Vertical Axis of Rotation. *Appl. Sci.* 2024, 14, 11654. https://doi.org/10.3390/app142411654. (Q1, Процентиль 79%).

– Isataev, M.; Manatbayev, R.; Seydulla, Z.; Kalassov, N.; Yershina, A.; Baizhuma, Z. Experimental and Computational Study of the Aerodynamic Characteristics of a Darrieus Rotor with Asymmetrical Blades to Increase Turbine Efficiency Under LowWind Velocity Conditions. *Appl. Syst. Innov.* 2025, 8, 49. https://doi.org/10.3390/asi8020049. (Q2, Процентиль 82%).

ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда жарияланған мақалалар:

– Исатаев М.С., Ершина А.К., Манатбаев Р.К., Сейдулла Ж.К. Экспериментальное исследование характеристик вэу с лопастями несиммитричной формы в аэродинамической трубе // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. -№ 1 (68). -2025. - С.80-90.

– Сейдулла Ж.Қ., Исатаев М.С., Манатбаев Р.Қ., Ершина А.Қ., Додаев С. Тік осьті жел қондырғысына арналған симметриялы емес пішінді қалақшалардың аэродинамикасын зерттеу // Торайғыров университетінің хабаршысы. Энергетикалық сериясы. - № 1. -2025. - Б. 330-343.

Халықаралық шетелдік және отандық ғылыми конференциялар материалдарындағы жарияланымдар

Симметриялы емес пішінді қалақшалары бар Дарье роторының төмен ағыс жылдамдығындағы аэродинамикалық мінез-құлқын CFD-талдау // Студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясы «Фараби Әлемі» – Алматы, Қазақстан, – 2025 ж. – Б. 255.

Авторлық куәлік

– Сейдулла Ж.Қ. Исатаев М.С., Манатбаев Р.К. Ветротурбина Дарье с лопастями несимметричной формы. Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің «Ұлттық зияткерлік меншік институты», 2025, Авторлық куәлік №53576.

Автордың жеке үлесі зерттеудің мақсаты мен міндеттерін тұжырымдау, ротордың геометриясын және эксперименттік үлгілердің құрылымын жасау, аэродинамикалық құбырда эксперименттік зерттеулер жүргізу, ANSYS Fluent бағдарламалық ортасында сандық үлгілеуді орындау, алынған деректерді өңдеу және талдау, сондай-ақ қорытындыларды тұжырымдау және жұмыс нәтижелерін жалпылау болып табылады. Автор зерттеудің барлық кезеңдеріне, соның ішінде жарияланымдарды дайындауға және ғылыми конференцияларда нәтижелерді ұсынуға тікелей қатысты.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған дереккөздер тізімінен, сондай-ақ қосымшалардан тұрады.
Диссертацияның жалпы көлемі 91 бет негізгі мәтінді құрайды, 46 сурет, 24 формула, 2 кесте және әдебиет тізіміндегі 100 атаудан тұрады.