

D103 – «Механика және металл өңдеу» білім беру бағдарламасы тобының
 8D07113 – «Аддитивті өндіріс» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған **Ибраим Әлібек Саматұлының** «Электр қозғалтқышының конструкциясын жақсарту үшін аддитивті технологияның қолдану мүмкіндіктерін зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми рецензент «Қарағанды индустриялық университеті» КЕАҚ «Технологиялық машиналар және көлік» кафедрасының доценті, техника ғылымдарының кандидаты **Ногаев Кайрош Абиловичтың**

ЖАЗБАША ШІКІРІ

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: 1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі); 2) Диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы) 3) Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету)	Диссертация мазмұны аддитивті өндіріс, CAD/CAE модельдеу, топологиялық оңтайландыру, ішкі салқындату арналары бар конструкциялар, энергия тиімділігін арттыру және электр қозғалтқыштарын цифрлық жобалау мәселелерін қамтиды. Сол себепті жұмыс мазмұндық тұрғыдан Қазақстан Республикасында ғылымды дамытудың 2024–2026 жылдарға арналған «Озық өндіріс, цифрлық және ғарыштық технологиялар» басым бағытына сәйкес келеді. Сонымен бірге нәтижелерді электр көлігі, ұшқышсыз ұшу аппараттары және энергия үнемдейтін электр жетектері үшін қолдану мүмкіндігі оның «Энергия, озық материалдар және көлік» бағытымен де байланысты екенін көрсетеді. Бұдан бөлек, тақырып Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2023 жылғы 28 наурыздағы №248 қаулысымен бекітілген Жоғары білім мен ғылымды дамытудың 2023–2029 жылдарға арналған тұжырымдамасының мазмұнымен де үйлеседі, өйткені бұл тұжырымдама аясында ғылым мен жоғары білім саласында цифрлық трансформация, білім беру бағдарламаларын жаңа технологиялық шындыққа бейімдеу және ғылымның нәтижелілігін арттыру бағыттары айқындалған.
2.	Ғылымға маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады, ал оның маңыздылығы ашылған.	Жұмыста әзірленген коллекторсыз электр қозғалтқыштарының энергия тиімділігін, жылу режимін және жүктеме жағдайындағы қуаттың төмендеуін сандық

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
			бағалауға арналған жаңа есептеу әдістемесі, сондай-ақ аддитивті өндіріс жағдайында салқындату жүйелері мен құрылымдық элементтерді оңтайландырудың нақтыланған теориялық негіздері ғылымға елеулі үлес қосады. Электр қозғалтқыштарының шығыс қуатын арттыруға, жұмыс температурасын төмендетуге және энергия тиімділігін жақсартуға мүмкіндік беретін нәтижелер жұмыстың маңыздылығын айқындайды.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары;	Жұмыста автордың дербес ғылыми ұстанымы, зерттеу логикасы және зерттеу нәтижелерін жүйелеу тәсілі айқын көрінеді. Диссертацияда компьютерлік модельдеу, есептік талдау, эксперименттік растау, материалдарды тандау және салқындату жүйелерін оңтайландыру бойынша автордың жеке ізденісі негізінде алынған нәтижелер мен қорытындылар берілген. Зерттеу нәтижелерінің жарияланымдарда көрініс табуы және патенттік нәтижелермен расталуы да жұмыстың автордың тікелей қатысуымен, өз бетінше орындалғанын көрсетеді.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) негізделген;	Жұмыста коллекторсыз электр қозғалтқыштарына электр көлігі, ұшқышсыз ұшу аппараттары, робототехника және жоғары тиімді энергетикалық жүйелер салаларында қойылатын талаптардың артуы көрсетілген. Сонымен қатар, дәстүрлі өндіріс технологияларының конструкциялық икемділігінің шектеулілігі, тиімді салқындату жүйелерін біріктіру мүмкіндігінің төмендігі және жүктеме жағдайындағы энергия тиімділігі мен қуаттың төмендеуін кешенді бағалаудың әмбебап әдістерінің жеткіліксіздігі нақты ғылыми-техникалық мәселе ретінде негізделген. Осы тұрғыдан алғанда, аддитивті технологияларды пайдалана отырып, электр қозғалтқыштарының жылу тұрақтылығын, энергия

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
			тиімділігін және пайдалану сенімділігін арттыруға бағытталған зерттеу тақырыбы өзекті болып табылады.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды 1) айқындайды;	Жұмыстың құрылымы, қарастырылған ғылыми мәселелер мен алынған зерттеу нәтижелері диссертация тақырыбын толық айқындайды.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) сәйкес келеді;	Жұмыстың мақсаты, міндеттері, зерттеу нысаны, пәні және ғылыми жаңалығы тақырыппен мазмұндық тұрғыдан толық үйлеседі.
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан: 1) толық байланысқан;	Диссертацияның бөлімдері мен жалпы құрылымы өзара логикалық байланыста құрылған. Жұмыста теориялық алғышарттардан тәжірибелік зерттеуге, одан есептеу әдістемесіне және алынған нәтижелерді талдауға дейінгі ғылыми бірізділік сақталған. Бөлімдер арасындағы мазмұндық сабақтастық зерттеудің мақсаты мен міндеттеріне толық сәйкес келеді.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: 1) сыни талдау бар;	Диссертацияда жаңа шешімдер ретінде жүктеме жағдайында пайдалы әсер коэффициентін есептеу әдістемесі, статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар қорпусты оңтайландыру ұсынылған, олардың тиімділігі нақты сандық нәтижелермен негізделген. Ұсынылған шешімдердің негізділігі сандық модельдеу мен эксперименттік зерттеулер нәтижелері арқылы расталған. Сонымен қатар, бұл жаңа шешімдер бұрыннан қолданылып келген дәстүрлі тәсілдермен, соның ішінде металл құю технологиясымен және нарықтағы сериялық BLDC электр

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	<p>5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма? 1) толығымен жаңа;</p> <p>5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма? 1) толығымен жаңа;</p> <p>5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? 1) жаңа (75-100% жаңа)</p>	<p>қозғалтқыштарымен салыстырылып, олардың артықшылықтары мен қолданбалы тиімділігі бағаланған.</p> <p>Диссертацияда алынған ғылыми нәтижелер мен ұсынылған қағидаттар толығымен жаңа болып табылады. Жұмыста жүктеме жағдайындағы пайдалы әсер коэффициентін және энергия шығынын бағалауға арналған жаңа есептеу әдістемесі ұсынылған, сондай-ақ статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар корпуссты жетілдіру бойынша жаңа нәтижелер алынған. Ғылыми жаңалық диссертацияның өзінде жеке көрсетіліп, қорғауға ұсынылған қағидаттарда нақты тұжырымдалған.</p> <p>Қорытындыда жүктеме жағдайындағы пайдалы әсер коэффициентін және энергия шығынын бағалау әдістемесі, статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар корпуссты жетілдіру бойынша алғаш алынған нәтижелер жинақталған. Қорытындылардың жаңалығы олардың диссертацияның ғылыми жаңалығымен және қорғауға ұсынылған қағидаттармен тікелей сабақтастығынан көрінеді.</p> <p>Диссертацияда ұсынылған техникалық және технологиялық шешімдер жаңа әрі негізделген. Оларға жүктеме жағдайындағы пайдалы әсер коэффициентін есептеу әдістемесі, статорды топологиялық оңтайландыру, металл-керамикалық материалдарды қолдану және ішкі салқындату арналары бар корпуссты жетілдіру жатады. Олардың негізділігі сандық модельдеу, есептік талдау және эксперименттік нәтижелермен расталған, ал тиімділігі</p>

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
			қуатты арттыру және температураны төмендету көрсеткіштері арқылы дәлелденген.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген	Диссертациядағы қорытындылар ғылыми тұрғыдан жеткілікті дәлелдемелерге негізделген. Олардың негізділігі теориялық қағидаларды, сандық модельдеуді, салыстырмалы талдауды және эксперименттік зерттеу нәтижелерін қолдану арқылы қамтамасыз етілген. Сонымен қатар, қорытындылардың нақты сандық нәтижелермен расталуы олардың сенімділігін көрсетеді.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидастар	<p>Әр қағидаст бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет:</p> <p>7.1 Қағидаст дәлелденді ме?</p> <p>1) дәлелденді;</p> <p>7.2 Тривиалды ма?</p> <p>2) жоқ</p> <p>7.3 Жаңа ма?</p> <p>1) иә</p> <p>7.4 Қолдану деңгейі:</p> <p>2) орташа;</p> <p>7.5 Мақалада дәлелденген бе?</p> <p>1) ия;</p>	<p>Қорғауға төрт ғылыми қағидаст шығарылған және олар диссертацияның негізгі ғылыми нәтижелерін толық қамтиды. Бұл қағидастар коллекторсыз электр қозғалтқыштарының энергетикалық тиімділігін және жүктеме кезіндегі қуаттың төмендеуін сандық бағалау әдістемесін, статорды топологиялық оңтайландыру мен ішкі салқындату арналары арқылы оның функционалдық мүмкіндіктерін арттыруды, Al_2O_3 негізіндегі металл-керамикалық материалдарды қолдану арқылы пассивті жылу таратуды жақсартуды, сондай-ақ ішкі салқындату арналары бар $AlSi10Mg$ қорытпасынан жасалған корпусқа арналған жылу және құрылымдық оңтайландыруды қамтиды. Әрбір қағидаст диссертацияда нақты тұжырымдалған, ғылыми жаңалық ретінде негізделген және теориялық талдау, сандық модельдеу мен эксперименттік тексеру нәтижелері арқылы дәлелденген. Қағидастар бұрыннан белгілі шешімдерді жай қайталау болып табылмайды, жаңа сипатқа ие. BLDC электр қозғалтқыштарын жобалау, жылу және құрылымдық оңтайландыру, аддитивті өндіру арқылы дайындау және олардың энергия тиімділігін арттыру міндеттерін практикада шешуде тікелей қолдану мүмкіндігі қорғауға</p>

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
			шығарылған ғылыми қағидаттардың қолдану деңгейінің жоғары екенін көрсетеді. Қағидаттардың ғылыми негізділігі жарияланған мақалаларда апробациядан өтуімен және ішінара практикалық енгізілуімен қосымша расталған.
8.	Дәйектілік принципі Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	<p>8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған 1) ия;</p> <p>8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған: 1) ия;</p> <p>8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар</p>	<p>Диссертацияда зерттеу әдіснамасы нақты берілген және зерттеу мақсатына сай негізделген. Жұмыста электр машиналары теориясының аналитикалық әдістері, сандық модельдеу, топологиялық оңтайландыру, CAD модельдеу және салыстырмалы талдау қолданылған, бұл таңдалған әдістеменің жеткілікті түрде айқын әрі дәйекті сипатталғанын көрсетеді.</p> <p>Диссертация нәтижелері компьютерлік технологияларды және ғылыми зерттеудің қазіргі заманғы әдістерін қолдану арқылы алынған. Жұмыста AutoDesk Fusion 360, MSC Nastran, сондай-ақ өндірістік дайындық пен интеграция кезеңінде EOSPRINT for Autodesk Fusion бағдарламалары пайдаланылған.. Зерттеу барысында компьютерлік жобалау (CAD), сандық талдау, топологиялық оңтайландыру, сондай-ақ шекті элементтер (FEM) мен есептеу гидродинамикасы (CFD) әдістерімен модельдеу қолданылған. Бұл диссертацияда деректерді өңдеу мен интерпретациялаудың қазіргі заманғы тәсілдері пайдаланылғанын айғақтайды.</p> <p>Теориялық қорытындылар мен әзірленген модельдердің негізділігі электр қозғалтқышының 3D басып шығарылған прототиптерін эксперименттік сынау нәтижелерімен расталған. Зерттеу барысында бірнеше тәжірибелік үлгі дайындалып, олардың жұмысқа қабілеттілігі, жүктеме жағдайындағы мінез-құлқы және конструкциялық</p>

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
		<p>бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):</p> <p>1) ия;</p>	<p>орнықтылығы тәжірибелік түрде тексерілген. Сынақ нәтижелері есептік және модельдік деректермен салыстырылып бағаланған, ал сынақтан кейінгі тексеру конструкция элементтерінің күйін қосымша растаған. Сонымен қатар, металл-керамикалық материалдарды қолданудың жылу таратуға әсері де эксперименттік түрде дәлелденген.</p>
		<p>8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған</p>	<p>Диссертациядағы маңызды мәлімдемелер, әсіресе қорғауға шығарылған ғылыми қағидаттар, мәтін ішіндегі сілтемелермен және пайдаланылған әдебиеттермен өзара сабақтастықта берілген. BLDC электр қозғалтқыштарының тиімділігі, жүктеме режимдері, топологиялық оңтайландыру, ішкі салқындату арналары және аддитивті өндіріс арқылы конструкцияны жетілдіруге қатысты тұжырымдар тиісті ғылыми еңбектерге сүйене отырып негізделген. Сонымен қатар, металл-керамикалық материалдар мен корпус элементтерінің жылу сипаттамаларына қатысты қағидаттар да профильдік әдебиеттермен сүйемелденген. Бұл диссертациядағы негізгі ғылыми мәлімдемелердің нақты және жеткілікті сенімді әдеби негізге сүйеніп тұжырымдалғанын көрсетеді.</p>
		<p>8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті</p>	<p>Әдеби шолу зерттеу тақырыбына сай жүйелі құрылған және онда BLDC электр қозғалтқыштарының теориясы, аддитивті өндіріс технологиялары, 3D басып шығару арқылы электр қозғалтқыштарын әзірлеу, материалдар мен конструкциялық шешімдер мәселелері қамтылған. Диссертацияда келтірілген 76 дереккөздің 55-і әдеби шолу бөлімінде пайдаланылған. Олардың қатарында ғылыми мақалалар, шолу еңбектері, монографиялар, конференция материалдары және қолданбалы салалық жарияланымдар бар. Пайдаланылған дереккөздер құрамында іргелі</p>

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
			еңбектермен қатар қазіргі даму үрдістерін қамтитын соңғы жылдардағы жарияланымдар да берілген, бұл әдеби шолуға қойылған негізгі міндеттерді орындауға жеткілікті дереккөздік база қалыптастырылғанын көрсетеді. Сонымен бірге, электромоторды және оның компоненттерін басу кезіндегі технологияларға шолуды дереккөздерге сілтемелермен толықтыра түсу ғылыми баяндаудың дәйектілігін одан әрі күшейтер еді.
9	Практикалық құндылық принципі	<p>9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар: 1) ия;</p> <p>9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: 1) ия;</p>	<p>Жұмыста коллекторсыз электр қозғалтқыштарының энергетикалық тиімділігін жүктеме жағдайында сандық бағалауға арналған әдістеме әзірленген, салқындату жүйелерінің геометриясы мен құрылымдық элементтердің топологиялық оңтайландырылуының жылу режимдеріне және рұқсат етілетін қуат тығыздығына әсерін сипаттайтын теориялық тәуелділіктер алынған, сондай-ақ аддитивті өндірілген элементтердегі жылу беру заңдылықтары айқындалған. Алынған нәтижелер аддитивті өндіріс жағдайында электр қозғалтқыштарын жобалау мен талдаудың ғылыми негізін кеңейтеді және зерттеудің теориялық құндылығын айқындайды.</p> <p>Зерттеу нәтижелері нақты инженерлік жобаларда, соның ішінде Formula Student жарыс автомобильдерінде, Shell Eco-marathon энергия тиімді прототиптерінде, сондай-ақ ұшқышсыз және робототехникалық жүйелердің жетектерін әзірлеуде қолдануға арналған. Жұмыста әзірленген әдістеме BLDC электр қозғалтқыштарын цифрлық жобалау және жаңарту кезінде энергия тиімділігін бағалау үшін қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар, топологиялық оңтайландырылған статорлар, жетілдірілген корпус конструкциялары және металл-керамикалық материалдарды қолдану нәтижелері пассивті</p>

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады? 1) толығымен жаңа;	салқындатылатын әрі тиімді электр қозғалтқыштарын әзірлеуде пайдалануға жарамды. Зерттеу нәтижелерінің практикалық құндылығы жарияланымдармен және патенттермен қосымша дәлелденеді. Зерттеу барысында алынған ғылыми нәтижелер мен автор ұсынған техникалық шешімдер негізінде әзірленген практикалық ұсыныстар жаңа сипатқа ие. Практикалық ұсыныстардың жаңалығы олардың дәстүрлі шешімдерді қайталаумен шектелмей, электр қозғалтқышының жылу режимін, энергия тиімділігін және пайдалану сипаттамаларын жақсартуға бағытталған жаңа конструкциялық және технологиялық шешімдер түрінде ұсынылуынан көрінеді. Оларды практикада қолдану мүмкіндігі тәжірибелік үлгілерді әзірлеу және инженерлік жобаларда пайдалану арқылы расталған.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) жоғары;	Диссертация академиялық стильде рәсімделген, құрылымы ғылыми жұмыс талаптарына сай берілген және зерттеудің мақсаты, міндеттері, ғылыми жаңалығы, әдістемесі, қорғауға ұсынылған қағидаттар мен қорытындылары бірізді баяндалған. Сонымен қатар, арнайы терминология жүйелі қолданылған. Жекелеген редакциялық және тілдік дәлдеуді қажет ететін тұстар кездескенімен, тұтастай алғанда диссертацияның академиялық жазу сапасы талаптарға сәйкес деп бағаланады.

Диссертация бойынша редакциялық және терминологиялық сипатқа ие келесі ескертулер бар:

1. Жұмыстың жекелеген тұстарындағы арнайы техникалық терминдер нақтылауды қажет етеді. Атап айтқанда, «термодрольлық» сөзі диссертацияда мазмұнға сай қолданылмаған, себебі бұл жерде термодрольлық үдерістер емес, аддитивті өндірістегі лазерлік ұнтақ қабатын балқытуға қатысты технологиялық жүйелер мен бағдарламалық орта сипатталған.

