

«8D07102 – Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы
(«D098 – Жылуэнергетика» білім беру бағдарламалары тобы) бойынша
философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған
диссертациялық жұмысына

АҢДАТПА

АМРЕНОВА АЙГУЛЬ ЖАНУЗАКОВНА

**«Төмен зиянды шығарындылары бар су жылыту қазандық
агрегатының жанарғы құрылғысын әзірлеу және зерттеу»
тақырыбы бойынша**

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Отын-энергетикалық кешен мемлекеттің өндірістік инфрақұрылымының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады және ол экономикалық әлеуеттің өсуі мен дамуына ғана емес, халықтың өмір сүру сапасына, сондай-ақ ұлттық қауіпсіздікке тікелей әсер етеді. Энергия өркениеттің дамуы үшін аса маңызды, себебі ол халықтың тұрмыс жайлылығын арттырады, технологиялық, өнеркәсіптік және әлеуметтік-экономикалық дамуды қамтамасыз етеді, әрі мемлекеттің саяси қуатын күшейтеді.

Алайда елдегі автономды және өнеркәсіптік жылумен жабдықтау секторында экологиялық тұрғыдан қолайсыз технологиялардың басымдылығы байқалады. Қолданыстағы қазандық агрегаттарының конструкциялары төмен тиімділікпен, коррозияға жоғары бейімділікпен және ең бастысы – улы заттардың едәуір мөлшерде шығарылуымен сипатталады. Негізгі мәселе дәстүрлі диффузиялық жандырғыштардағы қоспа түзілуі мен жану процестерінің жетілмегендігі болып табылады, бұл жоғары температуралы аймақтардың пайда болуына және термиялық азот оксидтерінің (NO_x) қарқынды түзілуіне, сондай-ақ отынның толық жанбауына және көміртек оксидінің (CO) бөлінуіне әкеледі.

Қондырғылардың экологиялық көрсеткіштері мен энергия тиімділігі қазіргі заманғы қазандық техникасының дамуын айқындайтын негізгі факторлар болып табылады. Осыған байланысты микрофакельді жағу (МФЖ) принциптерін пайдаланатын төмен эмиссиялы жандырғыш құрылғыларды әзірлеу және зерттеу Қазақстан Республикасының энергетика саласы үшін басым маңызға ие, өзекті ғылыми-техникалық міндет болып табылады. Аталған жұмыс газды микрофакельді жағу тәсілін ғылыми тұрғыда негіздеуге және экологиялық әрі энергетикалық сипаттамаларды тиімді басқаруға

мүмкіндік беретін түпнұсқа конструктивтік шешімдерді практикалық іске асыруға бағытталған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі сондай-ақ мемлекеттік қаржыландырумен орындалған гранттық жобаларға қатысумен расталады: №АР19680488 «Қазақстан жағдайында ЖЭК пайдалану ескеріле отырып, аралас жылумен жабдықтау жүйелерінің тиімділігін зерттеу және оңтайлы схемалық шешімдерін әзірлеу» және №АР26104599 «Қазақстанда экологиялық қауіпсіздік пен жұмыс тиімділігін арттыру мақсатында перспективалық қозғалтқыштардың (ГТҚ және Стирлинг қозғалтқышы) жану камераларының жаңа схемалары мен конструкцияларын әзірлеу және зерттеу», аталған жобалардың есептерінде докторанттың зерттеу нәтижелері пайдаланылған.

Осыған байланысты **диссертациялық жұмыстың мақсаты** төмендегідей тұжырымдалады:

Газ тәрізді отынның микрофакельді жануы кезіндегі жұмыс процестерінің ерекшеліктерін зерттеу және су жылыту қазандыққа арналған жаңа төмен эмиссиялы жанарғы құрылғыны әзірлеу.

Қойылған мақсатқа жету үшін диссертациялық жұмыста келесі **зерттеу міндеттері** шешілді:

- әдеби және патенттік дереккөздерді талдау, шағын су жылыту қазандықтар мен төмен эмиссиялы жанарғы құрылғылардың тиімділігіне талдау жүргізу, зиянды шығарындылары төмен жанарғыштарды әзірлеу жолдарын іздестіру;

- эксперименттік стендті құрастыру, отынның тұтануы мен жану процестерін, сондай-ақ зиянды жану өнімдерінің түзілуін зерттеу;

- шағын су жылыту қазандықтарда газ тәрізді отынды тиімді жағуға арналған төмен эмиссиялы жанарғы құрылғының конструкциясын әзірлеу және оны металлда жүзеге асыру;

- ANSYS Fluent бағдарламалық кешенін қолдана отырып, жану процесін математикалық модельдеу, жанарғы құрылғының геометриялық моделін және үш өлшемді есептік модельді құру;

- жаңа микрофакельді жанарғыштың тиімділігін бағалау мақсатында жанарғы құрылғысының сандық модельдеу нәтижелерін стендтік эксперимент нәтижелерімен салыстыру;

- су жылыту қазан агрегаттарына арналған төмен эмиссиялы жанарғы құрылғыларды жасауға бағытталған жаңа техникалық шешімдерді сипаттау.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы төмендегідей:

1. Газ тәрізді отынды жағуға арналған микрофакельді жанарғыштың жаңа конструкциясы зерттеліп, сынақтан өткізіліп, ұсынылды;

2. ANSYS Fluent және ANSYS CFD бағдарламалық пакеттерін қолдана отырып, газ тәрізді отынның микрофакельді жану процесі мен термиялық NO_x түзілуінің есептік зерттеу нәтижелері алынды;

3. Төрт түрлі жанарғы саптамалардың конструктивтік және режимдік параметрлерінің (артық отын коэффициентінің) экологиялық (NO_x , CO) және жылулық сипаттамаларға әсері бойынша жаңа эксперименттік деректер алынды;

4. Жанарғы конструкциясының (аэродинамикалық және температуралық факел құрылымының) NO_x түзілу механизмдеріне әсер ету заңдылықтары анықталды;

5. Ғылыми жаңалыққа ие техникалық шешімдер Қазақстан Республикасының өнертабыстарға берілген патенттерімен (№37157 және №37126) қорғалған.

Қорғауға ұсынылатын негізгі ғылыми нәтижелер мен тұжырымдар:

1. Дәстүрлі құйынды аналогтармен салыстырғанда экологиялық артықшылықтарын дәлелдейтін микрофакельді жанарғының жаңа конструкциясын әзірлеу және эксперименттік сынақ нәтижелері;

2. Эксперименттік деректермен расталған микрофакельді жанарғыштағы жұмыс процестерінің сандық (CFD) модельдеу нәтижелері;

3. Жанарғы саптаманың типі мен геометриясы, сондай-ақ режимдік факторлар мен жану процесінің экологиялық және жылу техникалық сипаттамалары арасындағы эксперименттік түрде анықталған тәуелділіктер;

4. Шағын қуатты су жылыту қазан агрегаттарында зиянды шығарындыларды азайтуға және тұрақты жану аймағын кеңейтуге бағытталған жаңа техникалық шешімдер.

Практикалық маңыздылығы. Зерттеу нәтижелері әзірленген конструктивтік шешімдерді қолданыстағы және жаңа су жылыту қазан агрегаттарына енгізуге мүмкіндік береді. Бұл зиянды шығарындыларды (NO_x , CO) едәуір азайтып, Қазақстандағы жылу электр станциялары мен қазандықтардың экологиялық қауіпсіздігін арттыруға ықпал етеді. Алынған нәтижелердің практикалық қолданылуы «Казкотлосервис» ЖШС қазандық зауыты берген енгізу актісімен расталған.

Диссертация материалдары экологиялық және техникалық пәндер бойынша оқу үдерісінде, дипломдық жобалар мен магистрлік диссертацияларды орындау кезінде пайдалануға ұсынылады.

Алынған нәтижелердің сенімділігі төмендегілермен дәлелденеді:

- заманауи жоғары дәлдікті және сертификатталған өлшеу құралдарын қолдану және өлшеу қателіктерін бағалау жүргізу арқылы;

- эксперименттік деректердің қайталанғыштығымен және оларды шетелдік авторлардың ұқсас зерттеулерінің нәтижелерімен салыстыру арқылы;

- сандық модельдеу нәтижелерін автордың өз натуралық эксперименттері барысында алынған деректермен салыстыру негізінде жүргізілген;

- зерттеліп отырған мәселенің мемлекеттік бюджеттен қаржыландырылатын жобалар бойынша есептерде көрініс табуымен: «Қазақстан жағдайында ЖЭК пайдалану ескеріле отырып, аралас жылумен жабдықтау жүйелерінің тиімділігін зерттеу және оңтайлы схемалық шешімдерін әзірлеу» (№АР19680488) және «Қазақстанда экологиялық қауіпсіздік пен жұмыс тиімділігін арттыру мақсатында перспективалық қозғалтқыштардың (ГТҚ және Стирлинг қозғалтқышы) жану камераларының жаңа схемалары мен конструкцияларын әзірлеу және зерттеу» (№АР26104599);

- ғылыми жаңалықтың Қазақстан Республикасының өнертабыстарға берілген патенттерімен (№37157 және №37126) расталуымен.

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелерінің апробациясы 12-ші Халықаралық ғылыми конференцияда «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент» (Павлодар қ., 2022 ж.). International Scientific and Practical Journal журналында (2024 ж.); «П.Ф.К. Бойко мерейтойлық оқулары» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының екі тезисінде (Павлодар қ., 2025 ж.); сондай-ақ университеттің 50 жылдығына арналған «Энергетика, инфокоммуникациялық технологиялар және жоғары білім» XIII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының екі тезисінде (Алматы қ., 2025 ж.) баяндалып, талқыланды.

Жарияланымдар. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері 13 ғылыми жарияланымда көрініс тапқан, оның ішінде: ҒЖБССҚК ұсынған отандық ғылыми басылымдарда жарияланған 3 мақала; Scopus дерекқорында индекстелетін журналдарда процентильтері 74 % және 75 % болатын 2 мақала; халықаралық ғылыми-техникалық конференция материалдарында жарияланған 6 баяндама. Сонымен қатар, Қазақстан Республикасының өнертабыстарына 2 патент алынған (№37157, №37126), тағы 2 өтінім (№371482, №370815) сараптама кезеңінде тұр.

Диссертантың жеке үлесі:

- зерттеу міндеттерін қою;
- диссертация тақырыбы бойынша әдеби және патенттік дереккөздерді шолу және талдау;

- жану процестері мен зиянды шығарындылардың түзілуін сандық зерттеу барысында математикалық модельдеу жүргізу;

- су жылыту қазандыққа арналған жаңа жанарғының сызбаларын орындау және оның физикалық моделін дайындау;

- эксперименттік стендті жинақтау және эксперименттерді тікелей жүргізу;

- төмен эмиссиялы жанарғы құрылғылар бойынша жаңа техникалық шешімдерді әзірлеу және патенттік өтінімдерді рәсімдеу;

- алынған нәтижелерді талдау және жинақтау.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыс автор тарапынан қолданыстағы құрылым мен мазмұн талаптарына толық сәйкес орындалған. Жұмыс 4 негізгі бөлімнен, шартты белгілер тізімінен, кіріспеден, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады.

Кіріспеде зерттеу тақырыбының өзектілігі негізделіп, жұмыстың мақсаты мен міндеттері тұжырымдалған, зерттеу нысаны мен пәні айқындалған, ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы көрсетілген, сондай-ақ қорғауға шығарылатын негізгі ғылыми қағидалар баяндалған.

Бірінші бөлімде әдеби және патенттік дереккөздерге жан-жақты талдау жасалған. Шағын су жылыту қазандықтардың қолданыстағы конструкциялары мен пайдалану мәселелері қарастырылған. Жылу-массалық алмасуды интенсификациялаудың заманауи пассивті және активті әдістері талданған. Қолданыстағы төмен эмиссиялы жанарғы құрылғыларға сыни шолу жасалып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері анықталған. Жүргізілген талдау негізінде диссертациялық зерттеудің мақсаты мен міндеттері қалыптастырылған.

Екінші бөлімде эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Бірінші бөлігінде жылуалмасуды интенсификациялау бойынша эксперименттер жүргізіліп, қыздыру беттерінің қабырғалау геометриясының оңтайлы параметрлері анықталған. Екінші бөлігінде автор әзірлеген және патенттелген (ҚР патенті №37157) жанарғының жаңа конструкциясы ұсынылған. Үшінші бөлігінде төрт түрлі жанарғы саптаманың салыстырмалы оттық сынақтарының нәтижелері келтіріліп, «D типті» тұжырымдаманың экологиялық артықшылықтары (NO_x және CO шығарындыларының төмендеуі) дәлелденген.

Үшінші бөлімде 2-бөлімде алынған нәтижелердің теориялық (CFD) негіздемесі ұсынылған. Ansys Fluent бағдарламасында модельдеу әдістемесі, геометрия мен есептік торды құру сипатталған және сандық модельдің эксперименттік деректер бойынша валидациясы жүргізілген. Есептік

температура, жылдамдық және NO_x концентрациялары өрістеріне егжей-тегжейлі талдау жүргізіліп, әзірленген жанарғыдағы зиянды шығарындылардың төмендеуінің физикалық механизмдері түсіндірілген.

Төртінші бөлімде диссертацияның ғылыми жаңалығын құрайтын жаңа техникалық шешімдер ұсынылған. Атап айтқанда, «Ауаны сатылы беруі бар жанарғы құрылғы» (ҚР патенті №37126) сипатталған, сондай-ақ сараптама сатысындағы екі өтінім (№371482, №370815), оның ішінде өнеркәсіптік газ қалдықтарын утилизациялауға арналған жанарғы көрсетілген.

Қорытындыда диссертациялық жұмыс бойынша негізгі ғылыми және практикалық тұжырымдар жасалып, қойылған мақсатқа қол жеткізілгені және барлық зерттеу міндеттерінің шешілгені дәлелденген.

Қосымшаларда Қазақстан Республикасының өнертабыстарға берілген патенттерінің көшірмелері, «Қазқотлосервис» ЖШС кәсіпорнынан алынған диссертациялық жұмыс нәтижелерін енгізу актісі, диссертация тақырыбы бойынша жарияланған ғылыми еңбектер тізімі және сынақ алаңынан түсірілген фотоматериалдар келтірілген.

Аталған зерттеу су жылыту қазандық агрегаттарының экологиялық қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруға бағытталған маңызды ғылыми-техникалық міндетті шешуге арналған және Қазақстан жағдайында практикалық тұрғыдан қолдану әлеуеті жоғары.