

Наурыз Бауыржан Құсайынұлы
8D07140 – «Жылу энергетикасы» білім беру бағдарламасы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған
диссертациясына

АНДАТПА

Зерттеу тақырыбы: Қарсы бұралатын ағысы бар микрофакельді құрылғыны әзірлеу және зерттеу

Диссертациялық жұмыстың мақсаты: техникалық, экономикалық және экологиялық көрсеткіштері жақсарған отынның жануын қамтамасыз ететін қарсы бұралмалы ағындары бар газ турбиналық жану камераларына арналған микро алау алдыңғы құрылғыларын әзірлеу және зерттеу болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың негізгі міндеттері:

1. Газтурбиналық жану камераларының экологиялық қауіпсіздігі бойынша технологиялық және конструкторлық шешімдерді талдау. Қарама-қарсы бұралған ағындарды қалыптастыратын микроалауды жағу (МАЗ) принципін қолданатын оттық құрылғысын ұсыну;

2. ҚБА бар оттығы бар жану камерасының алдыңғы жағына алдын ала зерттеулер жүргізу және өнертабысқа өтінім(тапсырыс) беру;

3. ҚБА бар жану камерасының алдыңғы құрылғысында гидравлика және жану үдерістерін математикалық модельдеуді жүзеге асыру;

4. Жану құрылғысының техникалық-экономикалық және экологиялық сипаттамаларын айқындай отырып, эксперименттік стенд әзірлеу және әртүрлі жану режимдерінде ҚБА бар жану құрылғысына эксперименттік зерттеулер жүргізу;

5. ҚБА бар ГТҚ-ның жану камераларында азот оксидтерінің түзілуін бағалау үшін нақтыланған тәуелділікті ұсыну;

6. МАЗ бар ГТҚ ЖК-ның жаңа тиімді фронттық және жанарғы құрылғыларының схемаларын әзірлеу және ҚР патенттерін ресімдеу.

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі: Қазіргі уақытта газ турбиналық қондырғылардан зиянды шығарындылардың қалдықтарына қойылатын талаптар артып келеді, газ турбиналық жану камералары үшін аз отын-ауа қоспасын жағуға арналған жану жүйелері, соның ішінде микро алау жүйелері көбірек қолданылады [1, 2, 3]. Шетелдерде де Қазақстандағы сияқты кеңінен зерттелген микро алау жану төмендегілерді қамтамасыз етеді:

- азот оксидтерінің (NO_x) түзілуінің төмендеуі;
- көлемнің жылу қарқындылығының артуы;
- отынның жануының толықтығын арттыру;
- жану аймағындағы және жану камерасынан шығудағы

температуралық өрістің біркелкілігі.

Қазіргі уақытта микроалауда отынды жағуды дамытудың және зерттеудің бірнеше негізгі бағыттары бар, микро алау отын жағу бағыттарының бірі дамыған жалын фронтын алуға мүмкіндік беретін оттық

құрылғылары мен қарсы бұралатын ағыс бар жану камералары (ҚБА) болып табылады. жану аймағының көлем бірлігіне шаққандағы беті, әрекеттесуші ағындардың турбулизация деңгейінің жоғарылауына байланысты бұл көлемді ұтымды пайдалану, жұмыс үдерісінің жеке кезеңдерін және жұмыс сұйықтығының құрамдас бөліктерінің функцияларын біріктіру.

Мұндай дамыған микрофакельді жағу жану камерасының габариттері мен металл сыйымдылығын қысқартып қана қоймай, жанудың жоғары толықтығын қамтамасыз етуге, сондай-ақ зиянды заттардың шығарындыларын айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді.

Отынды жағудың микрофакельді жүйелері бойынша жұмыстарға жасалған шолу және ГТҚ(ГТД) мен ГТҚ жану құрылғылары мен камералары саласындағы әзірлемелердің қазіргі жай-күйін талдау жеткілікті пысықталмаған және зерттелмеген бірқатар проблемаларды анықтады. Сондықтан жаңа жанарғы құрылғыларын, МФҚ бар ГТҚ-ның жану камераларын, оның ішінде ҚБА-ны әзірлеу және зерттеу өте өзекті болып табылады.

ҚБА-мен жануды ұйымдастыру тұжырымдамасы [4] әртүрлі жанарғы құрылғыларының конструкцияларында дамыды. Эксперименттердің нәтижелері ҚБА жанарғыларында реакторға жақын параметрлер кезінде жану байқалатынын көрсетті, бұл үдерістің тиімділігін арттырады және эмиссиялық сипаттамаларды жақсартады ҚБА ЖК-да жану үдерісін ұйымдастырудың маңызды артықшылығы қабырғаларды салқын шеткі ауа ағынымен салқындатудың тиімді жүйесін құру мүмкіндігі болып табылады. Қабырғаларды салқындатудың мұндай жүйесі жылу ағындарын төмендету арқылы ЖК ресурсын ұлғайтуға, өндірісте және пайдалануда конструкцияны жеңілдетуге мүмкіндік береді.

Жану құрылғылары мен камераларын әзірлеу кезінде математикалық модельдеу мен сандық әдістерді қолдану тәжірибелік зерттеу қажеттілігін жоққа шығармайтынын, бірақ техникалық шешімдер мен жобалау сапасын арттыратынын атап өту қажет.

ГТҚ-ның жану камералары үшін жану және майдан құрылымдарын құру кезінде мынадай бірқатар мәселелерді шешу қажет:

- жанудың жоғары толықтығын қамтамасыз ету;
- жалынның үзілу ықтималдығын төмендету және жанудың тұрақты шоғырлану диапазонын кеңейту;
- конструкция элементтерін жылумен қорғауды ұйымдастыру;
- отын жағу қондырғысының габариттерін азайту;
- жану аймағының ең аз мөлшері кезінде қоршаған ортаны ластайтын зиянды шығарындыларды азайту.

Жағудың микрофакельді қағидатын пайдалану кезінде осы проблемаларды шешу мүмкін, өйткені ЖК ҚБА-пен зиянды шығарындылар санын азайтуға, ЖК габариттерін қысқартуға және орнықты жанудың кең диапазонында отынның жоғары толық жануын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы: Сандық модельдеу және эксперименттік зерттеулер негізінде ҚБА-мен микрофакельдік жану қағидатына негізделген ГТҚ-ның жану камераларының тиімді отын жағу құрылғыларын құру тәсілдері әзірленді.

Теориялық және эксперименттік зерттеулер негізінде МАҚ бар ҚБА әзірленді. Бұл ретте:

1. Жобалау сатысында ҚБА бар жанарғы құрылғысының өлшемдері мен сипаттамаларын бағалауға мүмкіндік беретін жаңа теориялық және эксперименттік деректер алынды;

2. МАҚ бар ҚБА пайдалану кезінде жану камераларынан азот оксидтерінің шығарындыларын анықтау үшін эмпирикалық тендеу ұсынылған;

3. ГТҚ-ның жану камераларының микрофакельді жанарғы және фронттық құрылғыларының жаңа құрылымдық схемалары әзірленді.

Жаңа конструктивтік схемалар NO_x және CO эмиссиясының деңгейін төмендету үшін газ және сұйық отынды жағу, жүктеменің кең диапазонында отынның тұрақты жануын және жану камерасынан шығуда температуралық өрістің біркелкілігінің төмен деңгейін қамтамасыз ету кезінде газ турбиналы қозғалтқыштардың жеке және сақиналы жану камераларында пайдаланылуы мүмкін.

Жұмыстың ғылыми жаңалығын ҚР патенттерімен де расталады.

Диссертациялық жұмыстың практикалық құндылығы: ГТҚ(ГТУ)-ның басқа аз уытты жану құрылғылары мен жану камераларын жасау және жобалау кезінде пайдаланылуы мүмкін эксперименттік нәтижелер мен эмпирикалық тәуелділікті алу болып табылады. ВСТ-мен жасалған жанармай құрылғысын ГТҚ(ГТД) ЖК-да газ тәрізді отынды жағу үшін пайдалануға болады, бұл оның сипаттамаларын жақсартады және КС ұзындығын қысқартады. ГТҚ(ГТД) ЖК-да газ тәріздес отынды жағу үшін әзірленген ҚБА жанарғы құрылғысын пайдалануға болады, бұл оның сипаттамасын жақсартады және ЖК ұзындығын қысқартады. Уытты заттардың, атап айтқанда азот тотықтарының шығымы едәуір азаяды, газ тәрізді отынды жағу кезінде техникалық, сондай-ақ экологиялық көрсеткіштердің жоғары деңгейін қамтамасыз ете отырып, қолданыстағы ГТҚ және ГТҚ паркін жаңғыртуға болады. Ұсынылған жанарғы құрылғысында газдан басқа сұйық отын да жағылуы мүмкін.

Жұмыста ұсынылған NO_x есептеу әдістемесі жобалау кезеңінде жану камераларын жаңғырту кезінде оңтайлы конструктивтік шешімдер мен режимдік параметрлер қабылдауға мүмкіндік береді.

Зерттеу объектісі. Зерттеу объектісі техникалық-экономикалық және экологиялық параметрлері жақсартылған ГТҚ және ГТҚ(ГТД) үшін ҚБА бар, өнімділіктің өзгеруі мен сұйық және газ тәріздес отынның құрамындағы елеулі өзгерістердің кең диапазонында тұрақты жұмыс істейтін ЖК микрофакельді құрылғысы болып табылады.

Зерттеу әдістері. Қойылған міндеттерді шешу үшін ҚБА-мен жану құрылғыларында жану үдерістерін зерттеудің эксперименттік әдістері және компьютерлік бағдарламаларды пайдалана отырып, математикалық статистика негізінде алынған эксперименттік деректерді өңдеу пайдаланылды. МАҚ-мен жану камерасының алдыңғы бөлігіндегі үдерістерді зерттеу кезінде COMSOL Multiphysics және Ansys Fluent бағдарламалық өнімдерін пайдалану арқылы орындалған математикалық модельдеу пайдаланылды.

Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа тұжырымдар):

1. ҚБА ескере отырып, жану құрылғыларында жану процестерін сандық модельдеу және эксперименттік зерттеулер нәтижелері алынды;
2. Жану аймағында қарама-қарсы айналған ағынды ескере отырып, зиянды заттардың түзілуін есептеу әдістемесі әзірленді;
3. Жоғары экологиялық және техникалық көрсеткіштері ҚБА бар микрофакель құрылғысының конструкциясы әзірленді.

Ғылыми ережелердің негізділігі және дұрыстығы, тұжырымдар мен ұсынымдар дәлдігі жоғары аспаптарды және зерттеудің қазіргі заманғы әдістерін пайдаланумен, сондай-ақ сандық модельдеу нәтижелерімен және есептік деректерді заттай тәжірибелердің нәтижелерімен және басқа авторлар алған деректермен келісумен қамтамасыз етіледі.

Автордың жеке үлесі:

- жұмыстың өзектілігін негіздеуде;
- әдеби деректерді талдауда және қорытуда;
- сандық модельдеу жүргізуде;
- эксперименттік қондырғыны және жану құрылғысының моделін әзірлеуде және дайындауда;
- эксперименттік зерттеулерді жоспарлау, жүргізу және нәтижелерін өңдеуде;
- МАҚ бар ҚБА үшін NO_x шығымын есептеу әдістемесін әзірлеуде;
- жаңа техникалық шешімдерді әзірлеуде және патенттер алу.

Диссертациялық жұмыс автордың еңбегінің нәтижесі болып табылады, диссертацияда пайдаланылған материалдар автордың өзінің және жұмыстың ғылыми жетекшілерімен бірге алынған. Зерттеудің ғылыми бағыты мен идеясы ғылыми жетекшінің және шетелдік кеңесшінің қатысуымен айқындалған.

Диссертация нәтижелерін апробациялау. Негізгі нәтижелер Халықаралық ғылыми-практикалық және ғылыми-техникалық конференцияларға ұсынылды және талқыланды:

1. Алматы энергетика және байланыс университетінің Х халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (Қазақстан, Алматы, 2018 ж.);
2. ТЕМ 2019 халықаралық қатысуымен ғылыми конференция (Кавала, Грекия 2019 ж.);

3. Бойконың Ф.К. 100 жылдығына арналған «Ф.К.Бойконың I мерейтойлық оқулары» халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (Қазақстан, Павлодар, 2020 ж.);

4. Алматы энергетика және байланыс университетінің XI халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (Қазақстан, Алматы, 2020 ж.);

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша 12 жұмыс жарияланды, оның ішінде 2 жұмыс ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда, 1 ғылыми жұмыс Thomson Reuters деректер базасына кіретін «Thermal Science» журналында, 1 жұмыс шетелдік журналдарда, 4 жұмыс халықаралық конференцияларда, 3 өнертабысқа патент және 1 оқу құралы.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы: Диссертациялық жұмыс кіріспе, төрт бөлім, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі және қосымшалардан тұрады. Диссертация 51 суретті, 10 кестені және 161 атаудағы әдебиеттер тізімін қоса алғанда, компьютерлік жиынтықтың 117 бетінде баяндалған.

Кіріспеде ғылыми жұмыстың өзектілігі ашылған, зерттелетін проблема баяндалған. Негізгі идея, ғылыми жаңашылдық, жұмыстың негізгі ережелері, автордың жеке үлесі, сондай-ақ нәтижелерді сынақтан өткізу мен жарияланымдар келтірілген.

Бірінші бөлімде диссертация мәселенің жай-күйіне талдау және ГТҚ ЖК жақсартудың негізгі бағыттарына шолу ұсынылған. Микрофакельді жану қағидатын пайдаланатын жану камераларына арналған фронттық және жанарғы құрылғыларының талдауы келтірілген және оның артықшылықтары мен кемшіліктері белгіленген. Микрофакель құрылғылары бір мезгілде отын беруші және отын жағу қондырғыларының жану камераларының тұрақтандырушы элементтері болып табылатыны көрсетілді, МФҚ дамытудың негізгі бағыттары, оның ішінде қарама-қарсы бұралған ағыстар базасында белгіленді. Зерттеудің мақсаты мен міндеттері ұсынылған.

Екінші бөлімде отын-ауа қоспасын дайындау үдерістерін сандық модельдеу, ағынның айналуын және уытты заттардың, әсіресе азот тотықтарының пайда болуын ескере отырып, ҚБА-мен МАҚ-да отынның жану нәтижелері келтірілген. Азот оксидтерінің түзілу деңгейін едәуір төмендетуге мүмкіндік беретін алдын ала дайындалған отын-ауа қоспасы бар ҚБА бар микрофакель құрылғысының артықшылықтарын зерттеу үшін ізденуші патент алған жанарғының жекелеген негізгі бөліктері пайдаланылды. Жүргізілген талдауды негізге ала отырып, модельдеу үдерісінде МАҚ шығысында қарама-қарсы бұралған күрекше бұрандаларының бұрау әсері зерттелді. Нәтижелер азот оксидтерінің эмиссиясын төмендету тұрғысынан алғанда 60° -та бұрыш оңтайлы болып табылатынын көрсетті.

Азот оксидтерінің шоғырлануын анықтау үшін микрофакель құрылғысының конструкциясымен анықталатын жану камерасының бастапқы аймағында араластыру сапасының әсерін ескеретін және

осесимметриялық каналдарда бұрауыштың типіне және күректерді бір-біріне орнату бұрышына, сондай-ақ тіркелімдер арасындағы ауаны жеткізуге арналған саңылаулардың биіктігіне байланысты коэффициент енгізілген тәуелділік ұсынылды.

Үшінші бөлімде NO_x бар микрофакель құрылғысын зерттеуге арналған эксперименттік стенд пен физикалық модельдің сипаттамасы келтірілген. Эксперименттер жүргізу әдістемесі, өлшеу аспаптарының сипаттамасы мен сипаттамасы, негізгі параметрлерді анықтау үшін негізгі теңдеулер, сондай-ақ өлшеу қателіктерін бағалау ұсынылған.

Төртінші бөлімде ҚБА бар МАҚ-да жану процесін эксперименттік зерттеу нәтижелері және газ тәріздес отынды жағу тиімділігі ұсынылған. Сандық модельдеу нәтижелері заттай эксперименттер нәтижелерімен салыстырғанда берілген. Әзірленген техникалық шешімдер келтірілген, оларға ізденуші авторлық куәліктер алған, сондай-ақ ізденуші алған техникалық шешімдерді олардың прототиптерімен салыстыру.

Қорытындыда диссертациялық жұмыс бойынша негізгі нәтижелер мен қорытындылар көрсетілген.