

6D071700–Жылу энергетика білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған диссертацияға

АҢДАТПА

ОЖИКЕНОВА ЖАНАТ ФАРХАТОВНА

БГҚ-лы ЖЭС-ның зиянды заттарын азайту үшін техникалық шешімдер әзірлеу

Диссертациялық зерттеу тақырыбының өзектілігі. Энергетиканың жоғары деңгейдегі даму үрдісі жаңа, тиімді, энергияны үнемдейтін қондырғылар әзірлеуге әкеледі. Сондай-ақ, жаңа энергетикалық қондырғылар жыл сайынғы қаталданатын экологиялық талаптарға сәйкес келуі тиіс. Қазақстанда электр энергиясының негізгі көзі дәстүрлі қазба отыны – көмірді пайдаланатын жылу электр станциялары екені бәрімізге белгілі.

Отын-энергетикалық кешенін дамытудың 2030 жылға дейінгі тұжырымдамасына сәйкес электр энергиясын өндіруде табиғи газды пайдаланатын маневрлік энергия қондырғыларын ұлғайту есебінен көзделген, атап айтқанда, газ-турбиналық қондырғылар. Және бұл жерде отын жағудың заманауи әдістерді қолданудың қажеттілігі атап өтілген.

Электр энергиясын өндірудің Қазақстан үшін, әсіресе магистральдық газ бар оңтүстік және батыс аймақтарда, ең перспективті жолы бугаз қондырғылы (БГҚ) ЖЭС болып табылады. Біріншіден, БГҚ-лы ЖЭС-ның бірлік электр шығындарды көмір жағатын ЖЭС-ның шығындарынан әлдеқайда төмен және оларды аз уақыт ішінде салуға болады. Екіншіден, БГҚ-лы ЖЭС-тың үнемділігі жеке алынған бутурбиналы қондырғы (БТҚ) мен газтурбиналы қондырғыға (ГТҚ) қарағанда жоғары. Барлығымызға БГҚ-дың электрлік ПӘК-і 60% - ға жуық екені белгілі, ал БТҚ ПӘК-і 33-44 %, ГТҚ — 25-35 % құрайды. Үшіншіден, БГҚ құрамындағы ГТҚ маневрлі болып табылады, яғни белгіленген қуатты тез жинайды (10-15 мин). БГҚ-лар Қазақстанның Ақтөбе, Орал сияқты қалаларында пайдаланылады, жаңа БГҚ құрылысы Қызылорда, Шымкент, Түркістан, Талдықорған, Нұр-Сұлтанда салу жоспарланған.

Жұмыстың мақсаты бугаз қондырғылы жылу электр станцияларының зиянды шығарындыларын азайтудың техникалық шешімдерін әзірлеу және зерттеу болып табылады.

Қойылған мақсатқа сәйкес, жұмыстың кең ауқымды бағыттарын ескере отырып мынадай **зерттеу міндеттері қойылды:**

- қолданыстағы ЖЭС қоршаған ортаға экологиялық ықпал етуіне және отын жағатын құрылғыларда зиянды газдар эмиссияларының пайда болу себептеріне, жану камераларының оттықтарының техникалық және экологиялық көрсеткіштерін жақсартудың негізгі бағыттарына әдеби талдау және зерттеулер жүргізу;

- бугаз қондырғылардың отын жағатын камераларының атмосфераға

бөлетін зиянды заттарын азайту үшін техникалық шешімдерді әзірлеу (а – газтурбиналы қондырғының жағу камерасы үшін - екі деңгейлі жанарғы жасақтау; б – қайта утильдеу қазанына арналған эшеллондалған бұрыштық стабилизаторларын жасақтау);

- ГТҚ жану камерасының екі деңгейлі оттығын және қайта утильдеу қазанына арналған эшеллондалған бұрыштық стабилизаторларын теориялық және эксперименттік зерттеу;

- ANSYS кешенді бағдарламасында микрофакельді құрылғылардағы (МФК) газ тәрізді отын пайдалана отырып, микрофакельді жанудың математикалық моделдерін әзірлеу;

- жаңа микрофакельді оттықтарды пайдалану бойынша ұсыныстарды тұжырымдау және азот оксидтерінің түзілуін есептеу әдістемесін әзірлеу;

- аз мөлшерлі оттегі аралас $14\% > \alpha > 20\%$ жану өнімдерін газбен жағу кезіндегі NO_x аналитикалық талдау әдістемесін әзірлеу.

Алынған нәтижелерді басқа авторлардың осындай жұмыстарымен салыстыру.

Зерттеу әдістері. Әдіснамалық база мыналарға негізделген: термодинамиканың, жылу масса алмасу мен сұйықтық пен газ механикасының негізгі заңдары мен заңдылықтарына, сондай-ақ оттықтардың тұрақтылығын зерттеу саласындағы эксперименттік және теориялық деректерге. Ақпараттық дереккөздер ретінде ғылыми мақалалардың, халықаралық конференциялардың, монографиялардың материалдары, анықтамалық деректер, сондай-ақ докторантпен жасалған математикалық модельдеу (ANSYS Fluent) және эксперименттер деректері пайдаланылды.

Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы. Диссертациялық жұмыстың аясында келесі нәтижелер алынды:

1) Әдебиеттік және патенттік талдау нәтижесінде ГТҚ-ның жану камерасындағы және утильдеуші қазанның жылыту камерасындағы азот оксидтерінің шығарындылары мөлшерін азайту мүмкіндігі көрсетілген;

2) Жоғарыда айтылғандардың негізінде екі деңгейлі жаңа микрофакельді оттық конструкциясы әзірленіп, зерттелді. Және олар патенттелді;

3) Утильдеуші қазанның жылыту камерасына арнап бұрыштық тұрақтандырғыштар әзірленіп, олардың эшелонды орналасуы зерттелді;

4) Дербес теориялық және эксперименттік зерттеулермен азот оксидтерінің мөлшерін азайту тәсілі расталған және тиімділігі ұсынылған, яғни алдын-ала дайындалған "кедей" отын-ауа қоспасын екі деңгейлі оттықта жағу қарастырылған;

5) Зерттелетін оттықтар CFD (computation fluid dynamics) кодын қолдана отырып, Ansys Fluent платформасы негізінде модельденді. Ағынның турбуленттілік дәрежесін жоғарылату арқылы отын-ауа қоспасының қарқынды қалыптасуына ықпал ететін бірқатар геометриялық сипаттамалар оптимизацияланды. Модельдеу жану процестерін ескере отырып және оларсыз жүзеге асырылды.

б) Аз мөлшерлі оттегі аралас $14\% > \alpha > 20\%$ жану өнімдеріндегі артық

ауа коэффициентін есептеу әдістемесі ұсынылды. Бұл әдіс азот оксидтерінің шығарындыларын микрофакельді оттықтың аэродинамикалық және геометриялық параметрлеріне байланысты алдын-ала бағалауға мүмкіндік береді.

7) ГТҚ-ның жану камерасының екі деңгейлі тиімді микрофакельді оттығын эксперименттік және теориялық зерттеулер мүмкіндігі көрсетілген. Ұсынылып отырған оттық артық ауа шығыны коэффициентінің кең диапазоны бойынша $\alpha = 1,5 \div 12$ жану өнімдерінің зиянды шығарындыларына қойылатын ең қатал талаптарды қанағаттандыра отырып, басқа да сипаттамаларының жоғары деңгейде қалуын қамтамасыз ететіні көрсетілген;

8) Микрофакельді жағу құрылғыларын теориялық және эксперименттік зерттеулер негізінде оларды жетілдіру жолдары ұсынылды және бірқатар патенттер әзірленді, орындалған жұмыстар авторлық куәліктермен қорғалған.

Есептік-эксперименттік зерттеуден алынған нәтижелер оқу үрдісінде және ЖШС "Техносервис" жұмыстарында пайдаланылуы мүмкін. Бұл туралы деректер енгізу акттерімен расталған.

Кешенді зерттеулер газ тәріздес отынды микрофакельді жағудың экологиялық қауіпсіздік үшін ($C(NO_x) \leq 20$ ppm) тиімділігін көрсетті.

Ғылыми тұжырымдардың негізділігі мен дұрыстығы. Нәтижелердің дұрыстығы сандық әдістер мен эксперименттік зерттеулерді салыстыру нәтижелерімен расталады. Нәтижелердің орташа ауытқуы 13% - дан аспайды. Сондай-ақ нәтижелердің дұрыстығы тәжірибе жүргізу кезінде дәлдігі жоғары сенімді жабдықты қолданумен байланысты. Өлшемдердің орташа квадраттық ауытқуы өлшеу жабдығының рұқсат етілген қателігінің шегінен аспайды.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы. Құрылғының конструкциясы алдын-ала ауа мен отын араластыруын ұйымдастыруды және жану процесін тұрақтандыруды қамтамасыз етеді.

Осы зерттеудің практикалық маңыздылығы оқу процесінде нәтижелерді пайдалануда (оқу процесіне енгізу актісі) және өндіріске енгізуде (өндіріске енгізу актісі) көрінеді. Алынған сандық мәндер, формулалар мен коэффициенттер 2021/22 оқу жылынан бастап Қаныш Сәтбаев ат. Қазақ ұлттық техникалық университеті мен Ғұмарбек Дәукеев ат. АЭЖБУ-ң оқу процесіне енгізілген.

Қорғауға шығарылатын тұжырымдамалар:

- отын жану процестерінің, екі деңгейлі оттықты және бұрыштық тұрақтандырғышты пайдалану кезіндегі улы заттардың пайда болуының сандық модельдеу және эксперименттік зерттеулер нәтижелері;

- жоғары экологиялық және техникалық көрсеткіштерге ие, микрофакельді жану принципімен жұмыс жасайтын, жаңа оттықтардың конструкциясы;

- микрофакельді оттықтардың тұрақты жануы мен жалынның "кедей" үзілуіне байланысты формулалар, сондай-ақ ГТҚ-ның жану камерасының және утильдеу қазанының жылыту камерасының эксперименттік оттықтарын пайдалану кезіндегі азот оксидтерінің эмиссиясы;

- әр түрлі режимдердегі жану процесстерінің қысқа метражды фото-

видео роликтері;

Автордың жеке қосқан үлесі. Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша шолу және патенттік іздеу, Ansys Fluent платформасында математикалық модельдеуді жүзеге асыру, эксперименттік зерттеулер стратегиясын әзірлеу, эксперименттерді дайындау және жүргізу, тәжірибелер нәтижелерін әңдеу, ғылыми журналдарда жарияланымдар дайындау, патенттерді дайындау, жұмыс нәтижелерін апробациялау және диссертациялық жұмыс жазу. Зерттеудің ғылыми бағыты мен идеясы ғылыми жетекші мен шетелдік кеңесшінің қатысуымен анықталған.

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

- «Global science and innovations 2019: Central Asia» V Халықаралық ғылыми-практикалық конференция, Астана 2019;

- VIII Халықаралық ғылыми-практикалық конференция: Көлік пен энергетиканың өзекті мәселелері: оларды инновациялық шешу жолдары. - Нұр-Сұлтан: Л. Н. Гумилев ат. ЕҰУ, 20 наурыз 2020 ж.;

- Ғылыми-практикалық конференция: Қазақстандағы көмір жылу энергетикасы: мәселелері, шешімдері және даму перспективалары. - Нұр-Сұлтан: Назарбаев Университеті, 27-28 ақпан 2020 ж.

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша: Scopus базасына кіретін «Thermal Science» және «Bulgarian Chemical Communications» журналдарында мақалалар, БҒСБК ұсынған журналдарда үш мақала, сондай-ақ Қазақстан Республикасының өнертабысына жеті патент және Халықаралық, Евразиялық бір патент, халықаралық отандық және шетелдік конференциялар жинақтарында төрт баяндама жарияланды.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады.

Кіріспеде ғылыми жұмыстың өзектілігі ашылып, зерттелетін мәселе баяндалған. Негізгі идея, ғылыми жаңалық, жұмыстың негізгі тұржырымдамалары, автордың жеке қосқан үлесі, сонымен қатар нәтижелер мен жарияланымдардың апробациясы келтірілген.

Диссертациялық жұмыстың бірінші бөлімінде қолданыстағы ЖЭС қоршаған ортаға экологиялық ықпал етуі және ГТҚ-ның, БТҚ-ның, БГҚ-ларының салыстырмалы экологиялық шығарындылары жәйлі мәліметтер келтірілген. Зиянды шығарындылардың түзілу себептері және олармен күресу әдістері, отын-ауа қоспасын араластыру тиімділігінің NOx эмиссиясына әсері, аналогиялық микрофакельді қондырғылардың эксперименталды зерттеулері, сонымен қоса азот оксидтерінің төмендету тәсілдерінің технологиялық және конструкциялық тәсілдері сияқты зерттеу объектісімен байланысты әр түрлі тақырыптағы өзекті жетістіктерге шолу келтірілген. Және зерттеу жұмысының міндеттері тұжырымдалған.

Екінші бөлімде зерттелетін микрофакельді оттық құрылғылары қарастырылып, эксперименттік стенд сипатталған, яғни, ГТҚ жану камерасы

үшін екі деңгейлі оттық және қайта утильдеу қазаны жылыту камерасының эшелонды орналасқан бұрыштық тұрақтандырғыштары сипатталған. Эксперимент табиғи газ және пропанмен өткізілді. Бугаз қондырғыларының зиянды шығарындыларын азайту бойынша жаңа техникалық шешімдер ұсынылған. Эксперименттерді жүргізу әдістемесі және зерттеу нәтижелерін өңдеу, бағалау, сонымен қоса есепке алу және өлшеу нәтижелерінің кателіктері қарастырылды.

Үшінші бөлімде ГТҚ-ның жану камераларында азот оксидтерінің түзілуінің теориялық модельдеріне талдау жасалды. Жаңа МФҚ-ға математикалық модель үлгісі әзірленді. ANSYS fluent кешенді бағдарламасын пайдалана отырып есептеулер нәтижелері келтірілген. Есептеулер табиғи газ және пропанға жүргізілді. Жану өнімдерінің температуралық өрісі, ағынның өріс жылдамдығы және МФҚ-лы оттықтардан кейін кері ток ағымдары ұсынылған. Аналитикалық түрде ГТҚ-ның жану камерасында микрофакельді жағуды пайдалана отырып, «кедей» отын-ауа қоспаларының талдауы есептелген. NO_x кезінде. Қайта утильдеу қазанының жылыту камерасына арнап азот оксидтерінің концентрациясын есептеу әдістемесі келтірілген.

Төртінші бөлімде БГҚ-ның экологиялық қауіпсіздік жұмысына және азот оксидтерінің шығарынды көлемін азайту мақсатында МФҚ-ның зерттеу нәтижелері көрсетілген. ГТҚ жану камерасының екі деңгейлі оттығының және қайта утильдеу қазанының жылыту камерасында қолданылатын бұрыштық тұрақтандырғыштардың сынау және эксперименттік зерттеулер нәтижелері, талдаулар келтірілген. Азот оксидінің концентрациясының камерада кететін газдар температурасынан, ауаның артық коэффициентінен және т.б. параметрлерден байланысы көрсетілді. Азот оксиді концентрациясын төмендету бойынша жаңа техникалық шешімдер талданылды.

Қорытындыда диссертациялық жұмыс бойынша негізгі нәтижелер мен қорытындылар көрсетілген.