

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

АНДАТПА

КОЛДАСОВА ГУЛЬЗИРА АЙНАДИНОВНА

«Сутегін қосу арқылы төмен калориялы газдарды энергетикалық пайдаланудың тиімділігін жоғарлату және зерттеу» тақырыбы бойынша

Диссертациялық зерттеудің өзектілігі. Жаһандық энергетиканың тұрақты және төмен көміртекті энергия көздеріне ауысуының қазіргі жағдайында қолданыстағы энергия ресурстарын пайдаланудың тиімділігін арттыру міндеттері маңыздырақ болып отыр. Сонымен қатар, қатаң экологиялық ережелер мен стандарттарды енгізу арқылы парниктік газдар шығарындыларын азайтатын және экологиялық қауіпсіздікті арттыратын жаңа технологияларды дайындау қажет етіледі.

Органикалық қалдықтардың ыдырауының нәтижесінде пайда болатын қоқыс газдарының құрамында метан (30–50%), көмірқышқыл газы және айтарлықтай парниктік әсері бар бірқатар қоспалар бар. Зиянды шығарындыларды азайту үшін төмен калориялы отынның тұрақты және толық жануына жағдай жасау керек.

Төмен калориялы газдың толық жануы үшін отынның жану сипаттамаларын жақсартуға қабілетті экологиялық таза энергия көзі қажет. Қондырғылардың энергетикалық тиімділігін арттыруға, сондай-ақ қоршаған ортаға парниктік газдар мен ластаушы заттардың шығарындыларын азайтуға мүмкіндік беретін сутегін пайдалану перспективті бағыт болып табылады.

Сонымен қатар, сутегін қосу арқылы төмен калориялы газдарды жағу NO_x , CO және көмірсутектер сияқты зиянды өнімдердің түзілуін азайтатын және жану толықтығын арттыратын перспективті шешім болып табылады. Метан мен көмірқышқыл газы парниктік газдар қатарына кіреді, және де метанның парниктік әсері көмірқышқыл газына қарағанда 25 есе артық.

Еуропалық Одақ, АҚШ, Қытай елдерінде төмен калориялы газдарды кәдеге жарату және сутектік технологияларды енгізу бойынша ауқымды бағдарламалар іске асырылуда. Қытайда қоқыс газын кәдеге жарату «*Hydrogen Energy Industry Development Plan (2021–2035)*» мемлекеттік бағдарлама аясында даму үстінде. Жаңартылатын көздерден биогаз бен сутегін біріктіріп пайдалану бойынша жобалар іске асырылуда.

Қазақстандағы полигондарда жыл сайын энергетикалық мақсатта пайдаланылмай жағылатын 250 млн m^3 астам газдар түзіледі. Мұндай жағдайда қоқыс газдарын кәдеге жарату мәселесі өзекті болып саналады. Төмен калориялы газдардың толық жануы үшін оларға сутегін қосу шығарындыларды азайту мен

экологиялық таза энергетиканы дамыту стратегияларына сәйкес келеді.

Төмен калориялы газдарды жағудың қолданыстағы технологиялары экологиялық нормативтерге сәйкестігін және жанудың қажетті толықтығын әрдайым қамтамасыз ете бермейді. Отын қоспасына сутегіні аз (2–10%) мөлшерде қосу жану процесін күшейтуге, жалынды тұрақтандыруға және улы қосылыстардың түзілуін азайтуға ықпал етеді. Алайда, сутегі қосылған төмен калориялы газдар қоспаларының жану процестері мен оларды жағуға арналған арнайы оттық құрылғыларын жасау жеткілікті зерттелмеген күйінде қалуда, бұл осы зерттеудің өзектілігін анықтайды.

Зерттеудің өзектілігі мемлекеттік қаржыландырылатын ҚР ҒЖБМ-нің гранттық жобасына қатысумен де расталады, жобаның тақырыбы: ИРН АР14872041 *«Қазақстанда газтурбиналық қондырғылардың экологиялық қауіпсіздігі мен жұмыс тиімділігін арттыру мақсатында ГТҚ жаңа жану камераларының фронтальды құрылғыларын әзірлеу және зерттеу»*, ал зерттеу нәтижелері ғылыми есептерінде қолданылды.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты төмен калориялы газдарды сутегі қосып жағуға арналған оттық құрылғысын жасау арқылы энергетикалық пайдаланудың тиімділігін арттыру болып табылады.

Осы қойылған мақсатқа жету үшін келесідей **зерттеу міндеттері** анықталды:

1. Төмен калориялы газдарды кәдеге жаратудың қолданыстағы технологияларына талдау жүргізу.

2. Төмен калориялы газдардың сутегімен жану және тұтану процестерін модельдеу.

3. NO_x шығарындысын бағалау арқылы жаңа оттықта газ қоспаларының жану процесін модельдеу негізінде сутегі қосылған төмен калориялы газдарды кәдеге жарату бойынша техникалық шешімдерін дайындау.

4. Ұсынылып отырған оттық құрылғысының әртүрлі жұмыс режимдерінде газ қоспасының жану процестерін зерттеуге арналған эксперименттік стенд құру.

5. Төмен калориялы газдарды жағу тиімділігін бағалау арқылы жаңа газдық оттықтарды жасау бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Диссертациялық жұмыстың зерттеу объектісі сутегі қосылған төмен калориялы газдар қоспасын микрофакелді жағуды қамтамасыз ететін оттық құрылғысы болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың зерттеу пәні – газ қоспаларының қалыптасу заңдылықтары және оларды жағу процесіндегі зиянды шығарындылардың түзілуі.

Жұмыстың негізгі идеясы мен ішкі тұтастығы. Газ тәрізді отындардың жану теориясын, жылуэнергетикалық қондырғылардың экологиялық қағидаларын және жүйелік талдау әдісін пайдалана отырып, азот оксидтерінің түзілуін азайту үшін ҚҚ мен ГТҚ-ң жану камерасындағы оттық конструкцияларының техникалық шешімдерін дайындау. Атап айтқанда, төмен калориялы газдарды жағу үшін сутегісі бар газ қоспасын дайындауға арналған оттықтың техникалық шешімі қолданылды, бұл газдың тұрақты жануына және зиянды шығарындылардың азаюына мүмкіндік берді.

Әдістемелік база жылу маңыздалмасудың, термодинамиканың, сұйықтық пен газ механикасының заңдылықтары мен негізгі заңдарына, сондай-ақ бугаздық қондырғыда азот газдарының түзілуін зерттеу саласындағы теориялық және эксперименттік мәліметтеріне негізделді. Ақпарат көзі ретінде ғылыми мақалалар, конференция материалдары, анықтамалық деректер және өз эксперименттеріміз бен сандық модельдеу мәліметтері пайдаланылды.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы төмен калориялы газдардың сутегімен қоспасын тұрақты микрофакелді жағуды қамтамасыз ететін жаңа типті оттық құрылғысын дайындау мен зерттеуден тұрады:

- NO_x шығарындыларын азайтуды және жану тиімділігін арттыруды қамтамасыз ететін оттық құрылғысының оңтайлы конструкциялық және аэродинамикалық параметрлері белгіленді;

- зиянды шығарындылар концентрацияларының оттық құрылғысының конструкциялық және режимдік параметрлеріне тәуелділігі белгіленді.

Жұмыстың сенімділігі. Эксперимент барысында алынған нәтижелер келесі себептерге байланысты қажетті сенімділік дәрежесіне ие:

1) төмен калориялы газдардың сутегімен қоспасын микрофакелді жағумен қамтамасыз ететін жаңа оттық құрылғысын зерттеу кезінде тексерілген аспаптар мен дәлелденген әдістемелер қолданылды;

2) эксперименттер мен сандық модельдеу нәтижелері шетелдік авторлардың нәтижелерімен сәйкес келді;

3) нәтижелер сенімділіктің қажетті дәрежесіне ие, өйткені олар есептік және эксперименттік мәліметтердің үйлесімділігімен расталды.

Зерттеу жұмысының практикалық маңызы жылу, электр энергиясын өндіру немесе аралас энергия өндірісі үшін жаңартылған энергия көзі ретінде төмен калориялы газдарды тиімді пайдалану мүмкіндігімен түсіндіріледі.

Жаңалығы ҚР патенттерімен расталған ұсынылып отырған оттық құрылғыларын төмен калориялы газдарды кәдеге жарату үшін пайдалануға болады. Оны қолдану парниктік газдардың шығарындыларын, энергетикалық тәуелділігін және қоршаған ортаның ластануын азайтуға көмектеседі, сонымен қатар қалдықтарды кәдеге жарату бойынша инновациялық технологиялардың дамуына ықпал етеді.

Оқу құралдары ЖОО-дағы оқу процестерінде жылуэнергетика саласындағы мамандарды дайындау үшін пайдалануға болады.

Қорғауға ұсынылатын ережелер:

- H_2 қосылған газдар қоспасының, төмен калориялы газдардың жану процестерін эксперименттік зерттеу мен модельдеу нәтижелері;

- сутегі қосу арқылы төмен калориялы газдарды кәдеге жаратудың жаңа технологиясы;

- жоғары техника-экологиялық көрсеткіштермен сипатталатын сутегі қосылған төмен калориялы газдарды жағуға арналған газды оттық құрылғыларының құрылымдық шешімдері әзірленді.

Диссертанттың жеке үлесі:

- мәселенің қазіргі жағдайы бойынша әдеби талдау мен патенттік ізденісте және ғылыми кеңесшімен бірлесіп зерттеу міндеттерін қоюда;

- H₂ қосу арқылы төмен калориялы газдардың жану процесінің моделін жасауда;
- ҚР жоспарланған патенттеріне өтінімдерді рәсімдеуде және дайындауда;
- оттық құрылғысының физикалық моделін жасауда және сызбаларды дайындауда;
- эксперименттік зерттеулерді жүргізуде және өңдеуде.

Диссертациялық жұмыстың нәтижелерін апробациялау. Жұмыстың негізгі нәтижелері халықаралық ғылыми-техникалық және ғылыми-практикалық конференцияларда ұсынылып, талқыланды:

- XI Халықаралық ғылыми-техникалық конференция «Энергетика, инфокоммуникациялық технологиялар және жоғары білім» 16-18 қазан 2020 ж. (Алматы, 2020);
- Халықаралық ғылыми-техникалық конференция «Энергетика, инфокоммуникациялық технологиялар және жоғары білім» 20-21 қазан 2022 ж. (Алматы, Казань);
- International Conference on Electronics, Engineering Physics and Earth Science (EEPES 2024) Kavala, Greece, June 19-21, 2024 (SCOPUS);
- Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «Scientific community: Interdisciplinary research». - Hamburg, Germany, № 96, 26-28.01.2022. - P. 831-841.

Жарияланымдар. Диссертацияның тақырыбы бойынша 16 жарияланымдар жарық көрді: соның ішінде ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 3 мақала; халықаралық ғылыми-техникалық және ғылыми-практикалық конференция материалдарында 4 баяндама; ҚР 3 өнертабысқа патент және 1 пайдалы модельге патент; Scopus және WoS базаларына кіретін «Energies» (Q1-75%) журналында 2 мақала және «Engineering Proceedings» (Q3-26%) журналында 1 мақала; «Отын және жану процестері. Төмен сортты отынды жағудың ерекшеліктері» және «Жылу энергетикалық жүйелер мен энергияны қолдану» атты 2 оқу құралы басылып шықты.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы: Диссертациялық жұмыс қысқартылған сөздер, нормативті сілтемелер, кіріспе, 4 тараудан, 13 тараушадан, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі және қосымшалардан тұрады. Диссертацияның көлемі 80 суретті, 30 кестені және 153 атаудағы әдебиеттер тізімін қоса алғанда, компьютерлік жиынтықтың 157 бетін құрайды.

Кіріспеде ғылыми жұмыстың өзектелігі ашылған, зерттелетін мәселе баяндалып, мақсат туындап, міндеттер қойылған негізгі идеясы, ғылыми жаңалығы, жұмыстың негізгі ережелері, автордың жеке үлесі, сонымен қатар ғылыми зерттеу нәтижелерін сынақтан өткізу және жарияланымдар келтірілген.

Бірінші тарауда мәселенің қазіргі жағдайына терең талдау жүргізіліп, шығу тегі әртүрлі төмен калориялы газдарға – қоқыс газына, биогазға және ТҚҚ газдандыру газдарына толық сипаттама берілді. Олардың энергетикалық және экологиялық сипаттамалары, сондай-ақ жылу шығару қабілеттілігінің төмендігі мен жану процесінің тұрақсыздығына байланысты газ турбиналары мен қазандықтарда тікелей пайдалану қиындықтары атап өтілді. Төмен калориялы

газдардың энергетикалық сипаттамалары мен жалын тұрақтылығын жақсарту мақсатында оларды сутегімен және метанмен байытудың дәлелді негіздемесі келтірілді.

Екінші тарауда ANSYS Fluent бағдарламалық пакетінде заманауи сандық модельдеу әдістерін қолдану арқылы жүргізілген төмен калориялы газдарға сутегі қосылған қоспаларының жану процестерінің теориялық зерттеулері берілген. Жану жылдамдығының заңдылықтары, температурасы, жану өнімінің құрамы және әртүрлі сутегі пропорциялары мен артық ауа коэффициентерінде улы концентрациялары мұқият зерттелген. Алынған нәтижелер минималды азот оксидтерінің шығарындыларында жанудың максималды толықтығын қамтамасыз ету үшін оңтайлы параметрлерінің диапазондарын анықтауға мүмкіндік беретіні айтылған.

Үшінші тарау техникалық шешімдерін дайындауға және эксперименттік стендті құруға арналған. Сутегін қосу арқылы төмен калориялы газдардың қоспаларын жағуға бейімделген жаңа оттықтың конструктивті шешімін ерекше атап өтуге болады. Газ қоспасының құрамы мен температурасының өзгеруі кезінде тұрақты жануды қамтамасыз ететін құрылғының физикалық моделі жасалды. Стендті жобалауға, құрастыруға және сынауға, сондай-ақ өлшеу әдістерін әзірлеуге және қателіктерді бағалауға елеулі жұмыс жасалған.

Төртінші тарауда тәжірибелік деректерді теориялық модельдеу нәтижелерімен салыстырылады, ұсынылған оттықтың тиімділігі талданады және оны одан әрі ендіру бойынша ұсыныстар әзірленеді. 20%-ға дейін сутегі қосылған биогаз қоспасын пайдалану тұрақты жануды, факелдің температурасын жоғарылатуды және толық жанбайтын өнімдердің концентрациясын төмендетуді қамтамасыз ететіні анықталды. Бұл зерттеудің нәтижелері практикалық бағыттылыққа ие және шығарылатын немесе баламалы газдармен жұмыс істейтін су қыздырғыш қазандықтарды және газ турбиналық қондырғыларды пайдалану мен жобалау кезінде қолданылуы мүмкін.

Қорытындыда диссертациялық жұмыстың барлық зерттеу міндеттері орындалып, қойылған мақсатқа қол жеткізілгені, теориялық зерттеу мен эксперименттік зерттеудің негізгі нәтижелері және ұсыныстар келтірілген.