

АҢДАТПАСЫ

«6D072300 – Техникалық физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін Нұғыманова Айжан Олжабекқызының «**Күлділігі жоғары көмірді пайдаланатын қазақстандық ЖЭС-ның жану камераларындағы жану процестері**» тақырыбындағы диссертациясының

Диссертациялық жұмыс Шахтинск ЖЭО БКЗ-75 қазандығының жану камерасында төмен сұрыпты отынды жағу кезінде жылуассалмасу және зиянды заттардың түзілу үдерістерін зерттеуге арналған. Нақты жану процестерін дұрыс сипаттайтын физика-математикалық, химиялық және геометриялық модельдер жасалды. Күлділігі жоғары қарағанды көмірін екісатылы жағу технологиясы енгізілуінің әсер етуі және жану камерасының конструкциялық параметрлерін, жану құрылғылары бойынша түрлі біріктірілген шешімдерін және жылуассалмасу процестерінің негізгі сипаттамаларына аэроқоспа отынының беру тәсілін: ағымдардың аэродинамикасы, температурасы мен жану өнімдерінің концентрациясы таралуының зерттеу бойынша есептеуіш эксперименттер жүргізілді. Заманауи компьютерлік технологиялардың көмегімен алынған нәтижелердің жоғары ақпараттық 3D визуализациясы ұсынылған және оларды тікелей қазақстандық ЖЭС-те алынған эксперименттік деректермен салыстыру жүргізілген.

Тақырыптың өзектілігі. Жылу энергетикасы әлемдік энергетиканың жетекші саласы болып табылады және әлемнің көптеген елдерінде өнеркәсіптің дамуында маңызды рөл атқарады, бірақ ластаушы заттардың шығарындылары бойынша барлық басқа салалардан асып түседі ((күл бөлшектері, күкірт диоксиді, азот пен көміртегі оксидтері және т.б.). Қуатты қазандықтардың пештерінде әр түрлі отындардың жануы қолданылады, атап айтқанда қатты отындар: қоңыр көмір, көмір, кокс.

Әлемдегі экологиялық жағдай мен қалалардағы таза ауаға деген ұмтылыс көптеген дамыған елдерді көмір зауыттарын жабуға мәжбүр етті. Сонымен қатар, дәстүрлі арзан көмір энергиясы дамушы елдерде табысты жұмыс істеуде, жаңа экологиялық таза көмір технологиялары жасалып, енгізілуде.

Әлемдегі соңғы оқиғалар тұрақсыздықпен (тыныш және суық ауа райы) сипатталатын жел мен күн сияқты энергия көздері әлемді электр және жылумен қамтамасыз ету үшін жеткіліксіз болуы мүмкін екенін көрсетті. Қазіргі уақытта «жасыл» революцияны басқарып отырған Еуропа көмір тұтынуын арттырып, бүгінде жанармай құю станцияларын көмірге айналдыруға мәжбүр. Осылайша, болашақта әлемде көмірмен жұмыс істейтін қондырғылардың үлесі тұрақты түрде азайса да, көмір жылу энергетикасында отынның негізгі түрлерінің бірі болып қала береді.

Қазақстан көмірсутегі шикізатының үлкен қорына ие: 33,6 млн тонна көмір – әлемдік қордың 3,8%, мұнайдың 30 млрд баррелі – әлемдік қордың 1,8% және 1,5 трлн. текше метр табиғи газ – әлемдік қордың 0,8%, әлемдік энергетикалық нарықтың қалыптасуы мен жағдайына елеулі әсер етеді. Электр энергиясының 85%-ын өндіретін қазақстандық жылу электр

станцияларының негізгі отыны көмір (күл құрамы 40–50%-ға дейін) болып табылады, оны пайдалану жалынды тұрақтандыру, конвективті қыздыру беттерін қождау, ауаны ұшпа күлмен, көміртегі және азот оксидтерімен, көмірсутектермен және басқа да жану өнімдерімен лақтауда проблемаларға әкеп соғады.

Қазақстан Республикасы аймақтарының көпшілігінде экологиялық жағдай қолайсыз ғана емес, сонымен бірге апатты да болып табылады. Халықаралық энергетика агенттігінің соңғы мәліметтеріне сәйкес, Қазақстан Орталық Азияның атмосфералық ауасына лақтаушы заттар шығарындыларының 43,7%-ын жүзеге асырады, ал CO₂ шығарындылары жан басына шаққанда жылына 12,8 тоннаға жетті.

Қазақстанның елеулі экономикалық дамуы және осыған байланысты электр энергиясына сұраныстың өсуі үшін қазіргі энергетикалық объектілерді қағидатты жаңғырту және жаңаларын салу қажет. Әрине, мүмкіндігінше негізгі отынның түрін өзгертіп, көмірден газға көшу керек, бұл атмосфераға лақтаушы заттардың шығарындыларын айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді.

Көмірді жағатын ЖЭО-ын газға ауыстыру теориялық тұрғыдан мүмкін, бірақ бұл процесті баяулататын бірқатар проблемалар бар. Қазақстандық көмірдің (Екібастұз, Қарағанды, Торғай көмір бассейндері) бірқатар артықшылықтары бар – күкірттің аздығы және ұшқыштардың құрғақ, күлсіз массаға жоғары шығуы. Арзан көмір отынының қоры жеткілікті және ол жүздеген жылдарға жетеді, ал мұнай мен газ қоры шектеулі. Көмірден газға көшу кезінде жаңа ЖЭО салу немесе қолданыстағы энергетикалық қазандықтарды жаңғыртуға және қайта жабдықтауға үлкен күрделі шығындар қажет болады.

Болашақта көмір өндіретін зауыттардың үлесі азайса да, көмір Қазақстанның жылу энергетикасы үшін негізгі отын түрі болып қала береді. Энергия балансының көмірді жағуға тәуелділігін азайту үшін электр энергетикасын дамытудың Ұлттық жобасы әзірленеді, оған сәйкес Қазақстан 2060 жылға қарай көмірді пайдаланудан толығымен бас тартады. Экологиялық талаптарды күшейту жағдайында отандық жылу-энергетика саласының **кезек күттірмейтін міндеті** – қазақстандық көмірмен жұмыс істейтін ЖЭО-ға заманауи энергиялық тиімді және экологиялық «таза» технологияларды енгізу, оның көмегімен зиянды заттардың түзілуін бақылауға және олардың атмосфераға шығарындыларын азайту әдістерін ұсынуға болады.

Еліміздің республикалық отын-энергетика кешенін одан әрі дамытудың кілті көмірдің инновациялық әзірлемелерімен қатар қазіргі уақытта дамыған елдердің жылу энергетикасында қолданылып жүрген ақпараттық технологиялар болып саналады. Заманауи энергетикалық технологияларды енгізу отын бөлшектерінің қозғалысы мен қыздыру процестерін теориялық және эксперименттік зерттеулермен ЖЭО жану камераларында отынның жануы кезінде болатын физика-химиялық процестерді есептеу әдістерінің даму деңгейін анықтайды және пеш кеңістігінде олардың кейінгі түрлену, сонымен қатар, зиянды шаң және газ шығарындыларын қалыптастыру

деңгейімен анықталады.

Соңғы кездері энергетикалық қазандықтардың пештерінде отын жағу кезінде жылу және масса алмасу процестерін модельдеуге негізделген компьютерлік технологиялар кеңінен қолданылуда. Компьютерлік технологиялар есептеу эксперименттерін жүргізуге және жұмыс істеп тұрған энергетикалық объектіде тікелей алынған эксперименттік деректермен жақсы сипаттайтын нәтижелерді алуға мүмкіндік береді.

Жұмыстың мақсаты: Күлділігі жоғары қазақстандық көмірді екі сатылы жағу әдісімен, 3D компьютерлік модельдеу әдістерін пайдалана отырып, оттықтардың тиімді конструктивтік және сұлбалық шешімдерімен таныстыру, жылу және масса алмасу және зиянды заттардың түзілу процестерін зерттеу, жұмыс істеп тұрған Шахтинск ЖЭО БКЗ-75 қазандығының жану камерасын және атмосфераға көміртегі оксиді мен азоттың шығарындыларын барынша азайтудың оңтайлы нұсқаларын ұсыну.

Зерттеу міндеттері. Осы мақсатқа сәйкес зерттеудің негізгі міндеттері:

- Шахтинск ЖЭО БКЗ-75 қазандығының жану камерасында төмен сұрыпты көмірді жағудың нақты технологиялық процестерін дұрыс сипаттайтын есептеу тәжірибелерін жүргізу, физикалық-математикалық, химиялық және геометриялық модельдерді **әзірлеу**;

- жанармай айдаудың әртүрлі әдістерінің (көмір ұнтақ ағынының бұралу бұрышы бар тура ағынды және құйынды) қыздырғыш құрылғылар арқылы жану процестеріне әсерін зерттеу және жану камерасына ауа қоспасын берудің оңтайлы нұсқасын анықтау үшін есептеу тәжірибелерін **жүргізу**;

- жану процесін оңтайландыру, жеке қыздырғыш құрылғылар арқылы көмір шаңын енгізуді мәжбүрлі жартылай тоқтату кезінде БКЗ-75 қазандығының жану камерасындағы аэродинамикалық, жылулық және концентрациялық өрістерді зерттеу бойынша есептеу тәжірибелерін **жүргізу**;

- күлділігі жоғары Қарағанды көмірін екі сатылы жағу технологиясының жану процестерінің сипаттамаларына әсерін зерттеу және зиянды заттардың шығарындыларының деңгейін тиімді төмендету үшін қосымша ауа берудің оңтайлы нұсқасын анықтау бойынша есептеу эксперименттерін **жүргізу**;

- заманауи компьютерлік технологиялардың көмегімен алынған нәтижелердің жоғары ақпараттық 3D визуализациясын **алу** және оларды тікелей ЖЭС-те алынған қолда бар эксперименттік деректермен салыстыру арқылы тексеруді жүзеге асыру.

Зерттеу нысаны: жұмыс істеп тұрған Шахтинск ЖЭО БКЗ-75 қазандығының жану камерасы (Шахтинск қ., Қазақстан).

Зерттеу пәні – қазақстандық ЖЭО қазандығының жану камерасында күлділігі жоғары Қарағанды көмірін (күлділігі 35,1%) жағу кезіндегі жылу-масса алмасу және зиянды заттардың түзілу процестері.

Зерттеу әдістері.

Көмірдің экологиялық таза технологияларын жасау мақсатында жану камераларындағы жылу және масса алмасу процестерін зерттеу үшін сандық әдістер қолданылып, есептеу тәжірибелері жүргізілді. Оларды пайдалану

зерттелетін объектілердің геометриялық және физикалық ұқсастығына, барлық негізгі параметрлер мен жұмыс жағдайларына сәйкестігіне, нақты энергетикалық объектіде отынды жағудың технологиялық схемасына барабар болуына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Диссертациялық зерттеудің жаңалығы:

- ұнтақталған көмір ағынының айналуының жылу және масса алмасу процестерінің сипаттамаларына әсері (толық жылдамдық векторы, температураның таралуы, жану өнімдерінің концентрациясы) зерттелді;
- қазандықтың төмендетілген жүктемесі кезіндегі жану процестерінің негізгі сипаттамаларын зерттеді;
- ОФА-инжекторлар арқылы жану камерасына қосымша ауа берудің әртүрлі режимдері зерттелді: жалпы ауа көлемінің 0% (негізгі нұсқа), 5%, 10%, 15%, 18%, 20%, 25% және 30%.

Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер:

1 Айналымды ауа қоспасы бар құйынды оттықтарды пайдаланған кезде және оларды БКЗ-75 қазандығының симметрия центріне 30 градусқа еңкейткен кезде зиянды заттардың орташа концентрациясы: көміртегі оксиді СО және азот диоксиді NO₂ жану камерасынан шығар жерде сәйкесінше 15 және 20%-ға төмендейді.

2 Қазандыққа түсірілетін жүктеменің төмендеу кезінде құйынды жанарғы құрылғыларын қолдану зиян заттар концентрацияларының (СО көміртек тотығы және NO₂ азот диоксиді) мәнінің оттың аумақтан шығуының 34 және 8% төмендеуіне әкеледі.

3 БКЗ-75 қазандығында екі сатылы отынды жағу технологиясын қолдануда оттың шығынындағы СО көміртегі тотығын 36%-ға және NO₂-ні 25%-ға төмендетудің тиімді жолы ауаның жалпы көлемінен 18% беру арқылы ОФА-инжекторларын пайдалану болып табылады.

Нәтижелердің теориялық және практикалық маңыздылығы

Зерттеудің теориялық маңыздылығы отын түрлерінің жануы және оны ұтымды пайдаланудың заманауи теориясын құру үшін қолдануға болатын іргелі білім алудан тұрады. Есептеу эксперименттерін жүргізу үшін әзірленген модельдеу әдістері және зерттеу нәтижелерінің жоғары ақпараттылығы жоғары 3D визуализациясы есептеу сұйықтығының динамикасын, математикалық, сандық және компьютерлік модельдеуді дамытуға ықпал етеді.

Көмірмен жұмыс істейтін ЖЭО-да экологиялық «таза» энергетикалық технологияларды енгізу мақсатында жану процестерін зерттеу нәтижелерінің практикалық маңызы бар, өйткені олар жылу энергетикасы мен экологияның өзекті мәселелерін шешуге ықпал етеді. Алынған нәтижелер нақты электр станцияларында отынның жануын оның әртүрлі параметрлеріне қажетті әсер етуімен тиімді бақылауға мүмкіндік береді және энергетикалық отынның жануын оңтайландыру және зиянды шаң мен газ шығарындыларын азайту бойынша ұсыныстар береді. Қазақстанның және дәстүрлі көмір энергетикасы бар елдердің (Ресей, Қытай, Үндістан және т.б.) жұмыс істеп тұрған көмір ЖЭС қызығушылық танытуы мүмкін.

Автордың жеке үлесі. Автор ғылыми-зерттеу жұмысының барлық негізгі кезеңдеріне қатысты: зерттеу мәселесін тұжырымдау, зерттеу объектісін таңдау, күлі жоғары отынды жағу үлгілерін жасау және нәтижелерді талдау. Өз бетінше есептеу эксперименттерін жүргізді және нәтижелерді графикалық түсіндіру үшін 3D визуализация әдісін қолданды.

Жарияланымдар

Диссертациялық жұмыстың мәліметтері бойынша 13 ғылыми жұмыс (11 мақала, 2 тезис), оның ішінде Scopus және Web of Science индекстері бар журналдарда 8 мақала, ҚР БҒМ БҒСБК тізбесіндегі журналдарда 3 мақала жарияланды.

Диссертациялық жұмыс апробациясы. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесі конференцияларда баяндалып, талқыланды: The International Congress of Chemical and Process Engineering (Prague); «Фараби әлемі»; First International Alternative Energy Sources, Materials & Technologies (Bulgaria); International Academic Conferences: Engineering (Prague); X Всероссийская конференция с международным участием «Горение топлива: теория, эксперимент, приложения» (Новосибирск); First Annual Meeting of Kazakh Physical Society Nazarbayev University (Нұр-Сұлтан).

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі іргелі физикалық заңдылықтарды қолданумен, енгізілген эмпирикалық үлгілерді мұқият талдаумен, заманауи сандық әдістерді қолданумен, нәтижелерді курста алынған қолда бар есептелген және эксперименттік мәліметтермен салыстырумен қамтамасыз етіледі.

Тақырыптың ғылыми жұмыс жоспарымен байланысы. Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің ғылыми және ғылыми-техникалық жобаларды гранттық қаржыландыру бағдарламасы бойынша жүзеге асырылды: «Жоғары температуралы физика-химиялық әсер ететін орталарда жылу және масса алмасу процестерін 3D модельдеу үшін жаңа компьютерлік технологияларды құру» және «Күлі жоғары көмірді пайдаланатын қазақстандық ЖЭС-те зиянды шаң-газ шығарындыларын барынша азайту мақсатында OFA-Technology енгізу».

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертация кіріспе, алты тарау, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертация көлемі 123 бет, 67 сурет, 14 кесте.