

**НИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
КАЗАХСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА им. АЛЬ-ФАРАБИ**

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ СЕМИНАР
“ОРГАНИЗАЦИИ И ЭВОЛЮЦИИ ПРИРОДНЫХ СТРУКТУР”**

**ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**ЖУРНАЛ
ПРОБЛЕМ ЭВОЛЮЦИИ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ
(Журнал ПЭОС)**

Выпуск восемнадцатый

**Том 1
(Январь-Июнь)**

Алматы
2016

УДК 550.36+577.31

А.С.Асқарова, С.Ә.Бөлегенова, А.Бекмухамет, А.А.Туяқбаев, Б.Ж.Усербаева
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Қазақстан, Алматы

БКЗ 420 ЖАНУ ҚАЗАНДЫҒЫНДА ШАҢКӨМІРЛІ ОТЫНДЫ ЖАҒУ ПРОЦЕССТЕРІН PARAVIEW САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аннотация. Бұл жұмыс БКЗ 420 жану қазандығында тозанды отынды жағу барысында орын алатын процесстерді сипаттауға арналған. Сонымен қатар қазыргі уақыттағы энергия тиімділігін арттыру, экологиялық мәселелерді шешу, жаңа қазандықтар дайындау секілді мәселелерге бағытталған. Мұндай шаралар қоршаған ортаға шығатын зиянды қалдықтың төмендеуін және ЖЭС орталықтарының негізгі көрсеткіштерін көтеруін қамтамасыз етеді. Жұмыстың негізгі мақсаты болып - жану камерасындағы шаң көмірлі алаудың жану процесін сандық зерттеу болып табылады. Жану камерасының жылулық сипаттамалары, аэродинамикасындағы ауаның ену шарттары, жандырғы құрылғыларының құрылымы мен типі, зерттелетін пештің құрылымын бағалау сынды мәселелерге сандық әдіс арқылы зерттеу жүргізу көзделген. Зерттеу барысында қазандықтың ішінде өтетін процесстердің Навье-Стокс теңдеулері негізінде алынған 3D модельдер алынды. Алынған модельдерді БКЗ-420 жану камерасының сандық мәліметтерін Paraview көмегімен 2D диаграммалар алынды. FLOREAN есептеуші программа арқылы есептелінген БКЗ-420 жану қазандығының сандық мәліметтер базасын диаграммалық түрде өңдеу жасалынды.

Түйін сөздер:көмір, жану, энергетика, төменгі сұрыпты көмір, физика-химиялық процесстер, энергетикалық құрылғы, тозанды жандырғы, қазандық, жану камерасы.

Кіріспе

Төменгі сұрыпты көмірді жағудың кемшіліктері оның тұтануына, механикалық толық жанбауымен, зиянды шаңгазды қалдықтардың (күйе, көміртегі тотықтары, ванадий тотығы, азот және күкірт тотықтары, көмірсутектер) артуымен байланысты. Бұдан өзге осындай көмірлерді жаққанда мазут немесе табиғи газдың көлемі артады. Оларды көмірмен бірге жағу өз кезегінде төменгі сұрыпты көмірдің экономикалық және экологиялық тиімсіздігіне зиян келтіреді.

Шаңкөмірлі жануды жетілдіру мен отынның балама түрлерін қолданудың басты бағыты – жану құрылғыларының өңделген газдарымен қоса зиянды заттардың меншікті қалдықтарына қойылатын қатаң экологиялық талаптарды сақтау. Осы сатыда зиянды шаңгазды қалдықтардың түзілуі процесстерін сипаттайтын технологияларды жасау, олардың мөлшерін азайту бойынша ұсыныстар жасау және көмірді тиімді жағу әдістерін іздеу - зерттеушілердің өзекті мәселесі болып табылады.

Жану құбылыстарын математикалық жолмен сипаттау - Навье-Стокс теңдеулерінің негізінде құрылады және

Лагранж, Лаплас, масса-жылу алмасу, турбуленттік теңдеулермен сипатталады. Аталған теңдеулерді шекаралық шарттарға сүйене отырып есептеудің шешілуін жеңілдете аламыз. Бірақ, бұл теңдеулерді аналитикалық жолмен шешу мүмкін емес, әрі біз көздеген мақсатымызға жете алмаймыз. Бұл теңдеулерді шешудегі мақсат пен мәселелер, ол экономикалық және экологиялық тиімділіктер негізіндегі қажеттіліктен туындайды. Ал бізге халықаралық стандартты CFD кодтарды қолдану арқылы жоғары деңгейдегі дәлдігі жоғары нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді [1]. Мәселен, жылу электр станциясының қазандығынан атмосфераға шығатын СО және СО₂, NO_x типтегі зиянды газдардың шығу мөлшерін есептеуге мүмкіндік береді. Бұл ғылыми зерттеу жұмыста сандық әдістерді қолдану арқылы күрделі жану процесстерін толыққанды мүмкіндікке ие халықаралық стандарттар негізінде құрылған FLOEARN программа арқылы БКЗ-420 жану қазандығында өтетін жылдамдық, температура, қысым, т.б. сандық мәліметтерді алу қарастырылады..

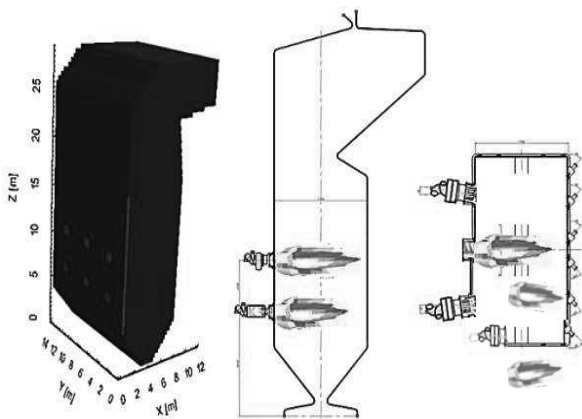
БКЗ-420 жану камерасының ішіндегі термохимиялық процессті жан-жақты және

жоғары дәлдікпен сипаттау үшін зерттеліп отырған объектіге құрылған бейсызық дифференциал теңдеулерге қолданатын сандық әдістің қасиетіне және айнымалылар өзгеру қадамының үлкен - кішілігіне тікелей байланысты. Бірақ 3D бейнелеулер кезінде компьютердің есептеу уақытының ұзынқысқалылығы сол қадамдар өлшеміне тәуелді[2].

Қазіргі уақытқа дейін жылулық сәуле тасымалдау мен турбуленттік жану, турбуленттік ағыстарды есептеуге арналған әртүрлі математикалық модельдер жасалынып шығарылған. Тіпті, көрсетілген математикалық модельдері жүзеге асырылған, өте қуатты есептегіш программалық кешендер ойлап табылған (FLOREAN, Ansys Fluent және т.б.).

Есептеулерді параллельдеу мүмкіндігі және жоғарғы өнімді есептеуіш жүйелердің дамуы үлкен мөлшерлі сеткаларда детальдік есептеулерді тиімді өндіруге мүмкіндік береді.

Зерттеу объектісі ретінде 420 т/сағ бу өндіру қуатына ие БКЗ-420 қазандығының жану камерасы таңдап алынды. Бұл тәжірибеде БКЗ-420-140-7С жану қазандығының көмір шаңының жануының қарапайым нұсқада жұмыс істеуі қарастырылды. Жылдамдық құраушыларының, температураның, жану барысында атмосфераға бөлініп шығатын зиянды заттардың концентрациясының камера бойымен таралуының 2Д графиктері алынды.



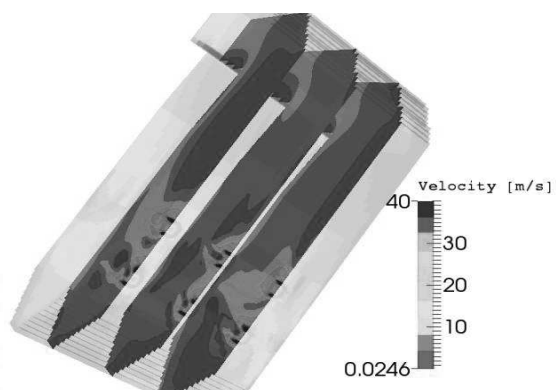
1- сурет. БКЗ-420 жану қазандығының сұлбасы

1-суретте көрсетілгендей БКЗ-420 жану қазандығының 6 оттығы бар болып, олар екі

деңгейде орналасқан. Жоғарғы деңгей Z өсі бойында 10,75м де 3 оттық орналасқан, ал төменгі деңгей Z өсі бойында 6,85м де 3 оттық орналасқан. БКЗ-420-140-7 қазандығы будың жоғары параметрлі жылутурбиналары арқылы жылу электр орталықтарында қыздырылған бу өндіру үшін Екібастұз көмірін жағу нәтижесінде жұмыс атқаруға бағытталған.[3-5].

Алдында аталып өтілген екі деңгейден тұратын жандырғыштардың әр деңгейіндегі шеткі жандырғыштары ортадағы жандырғышқы 8 градус бұрышпен қарап тұр. Әр жандырғыш сағатына 12 тонна Екібастұз көмірін жаға алады.

Қазандық негізінен вертикальді су құбырлы бар бір барабанды, табиғи циркуляциялы, бір корпусы және жоғары бу параметрлеріне негізделген. Сонымен қатар қазандық жоғары тығыздықты газды күйінде П - типті жабық түрде жасақталып бірқалыпты тарту қуатына ие. Жану камерасында қатты түрдегі қалдықты жою қарастырылған. Әрі қалдықты үздіксіз шекті тасымалдаушы мен үгіткіштердің көмегімен жою автоматтандырылған. Сондай-ақ жану камерасы — призмалы, ашық типті, құбырларының осьтері бойынша өлшемдері $14,46 \times 12,052 \times 29,102 (m^3)$ тең. Жану камерасы тұтастай дәнекерленген жоғарғы тығыздықтағы газды буландыратын құбырлы қабырғаларымен жабдықталғын.

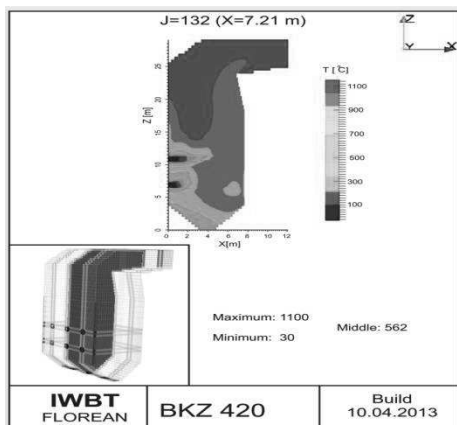


2 – сурет. БКЗ-420 жану қазандығының $Y_1=2.85$ m, $Y_2=7.2$ m, $Y_3=11.69$ m кесіндісіндегі жылдамдық таралуы

Қазандық бойымен бөлшек ағын жылдамдық таралуы Y өсі бойынша оттықтар $Y_1=2.85$ m, $Y_2=7.2$ m, $Y_3=11.69$ m кесіндісінде бейнеленген (2-суретте).

Жылдамдықтың ең жоғарғы мәні 40 м/с болып, ол жандырғы кірсінде болады. Екі деңгейлі жандырғылардың жоғарғы бөлігіндегі жылдамдық төменгі бөліктегі жылдамдыққа қарағанда жоғары болатындығын аңғаруға болады

3 суреттен байқап отырғандай жанарғылардың тұсында температура өте төмен. Бұл маңайда отынымыз қанша майда болса да, жылдамдықтың жоғары болуы салдарынан, жанып үлгермейді. Осыған орай температураның мәні отынның толықтай жанып болып, жылу көп бөлген аймағында (қазандықтың жоғарғы бөлігінде) максимум мәнге ие. Нақтылай өтетін болсақ, температураның максимум мәні - 1100⁰С, орташа мәні - 562⁰С, минимум мәні - 30⁰С.



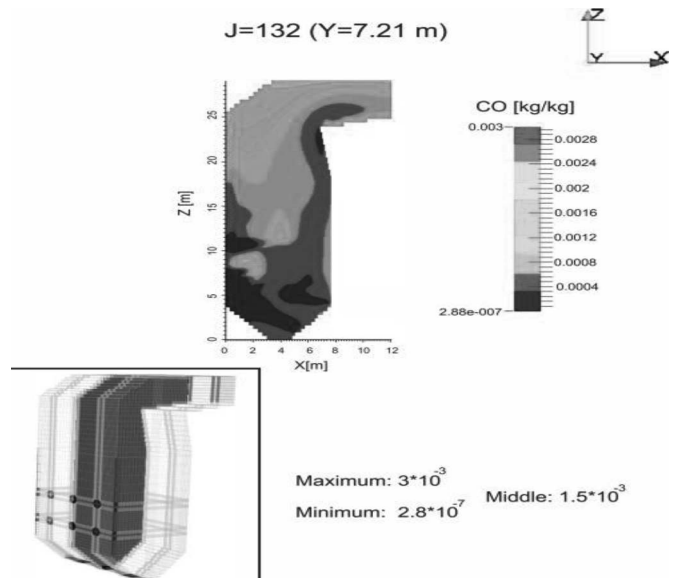
3 - сурет. Температураның қазандықтың бойлығы бойынша ортаңғы бөлігінің тік қимасы

Көмірқышқыл газы – өртке қауіпті газ, ол тітіркендірмейді, түссіз, иіссіз және дәмсіз, әдетте коррозиялы емес. Сондай ақ өте улы зат және адам ағзасындағы оттегіні тасымалдағыш ролін атқаратын қандағы гемоглобинмен біріге отырып, химиялық тұншықтырғыш сияқты әсер етеді.

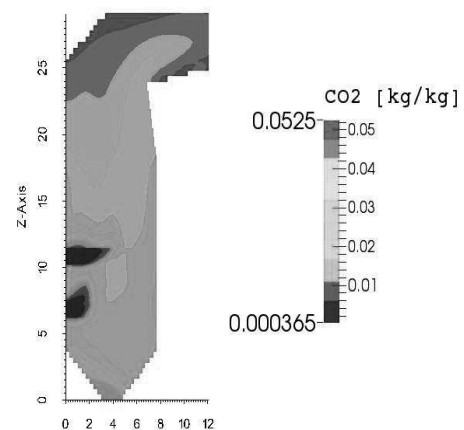
СО газы көміртекті отындардың толық жанбауы салдарынан түзіледі. Сондай ақ ол көміртегі оксиді ұшпа жануы мен кокстік қалдықтардың жануының өнімі ретінде белгілі. Кокстік қалдықтардың түзілуі жанатын бөлшектерінің температурасы мен өлшемдеріне байланысты. Көміртегі оксиді

бұл екі түрлі жану кезінде гомогенді газды фазаның жану реакциясы ретінде болады[6].

СО₂ көміртегі қос тотығы жану процесі толық жүген кезде бөлінетін газ. Біздің жағдайда бұл газ қазандықтың жоғарғы бөлігінде айтарлықтай көп бөлінеді екен. Мұны біз бұл бөлікте температураның жоғарғы көрсеткішімен түсіндіреміз.



4 - сурет. СО көміртегі тотығының қазандықтың тік бойлық ортаңғы жанарғыларының тұсында таралу қимасы.



5 - сурет. СО₂ көміртегі қос тотығының қазандықтың тік бойлық қимасы бойынша ортаңғы жанарғылар тұсынан кесілген қимасы.

Көміртегі тотығының концентрациясын жану қазандығында ауа шығынының коэффициентін арттырып

немесе ондағы температураның жоғары мәндерімен төмендетуге болады. Дегенмен, жану қазандығында температураны ұлғайту міндетті түрде азот тотықтарының NO_x (NO және NO_2) концентрациясының артуына әкеледі, ал олар өз алдына қоршаған ортаны ластаушы ең токсикалды зат ретінде мойындалған.

Азот оксидінің жалпы мөлшерінің 90%-ын азот тотығы NO құрайды, сонан соң ол азот қостотығына NO_2 дейін тотығады. Азот оксиді NO_x атмосфералық жауынның қышқылдануына алып келеді, сонымен қатар ауаның фотохимиялық ластануына және озон қабатының жұқаруына себеп болады. Көмір жануынан туындайтын азот тотығы NO_x концентрациясын азайту энергетикалық құрылғылардың жасалуы мен қолданылуы кезінде ең негізгі мәселелердің бірі болып табылады.

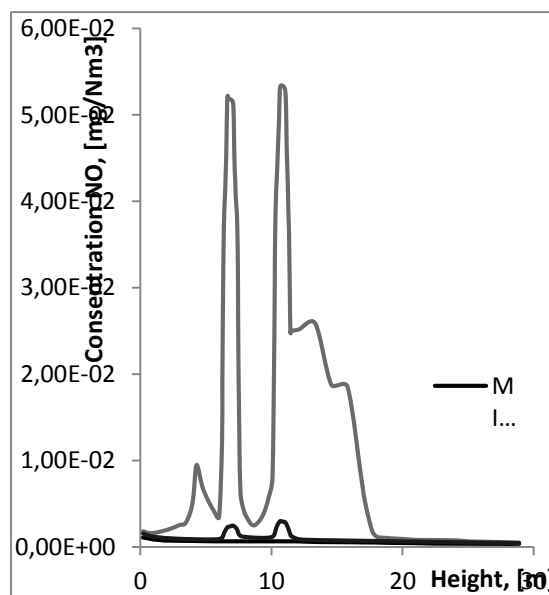
Азот оксиді түзілуінің негізгі екі көзі бар: олар ауа азотының тотығуы (ауадағы азот оксиді) және көмір азотының тотығуы (отындық азот оксидтері). $T < 1500^\circ\text{C}$ шамасында тозаңды көмірлі алауда азот оксидінің ең негізін отынның азоты құрайды, ал одан да жоғары температураларда $T > 1500^\circ\text{C}$ ауалық азот оксидтерінің ролі зор.

Азот оксидтерінің түзілуі механизмінде реакция аймағындағы оттегі мөлшері де зор маңызға ие, яғни NO_x концентрациясы тікелей асқын ауа шығыны коэффициентіне тәуелді [7].

Қимада азот тотығының жану камерасының шығысында мөлшері жану камерасының басқа аймақтарымен салыстырғанда көбірек. Егер, алдыңғы температураның таралу қималарына қарасақ, бұл аймақта температураның да мәні жоғары. Азот оксидінің жану камерасының шығысында таралуының максимум мәні $5.5 \cdot 10^{-4}$, минимум мәні $3.6 \cdot 10^{-4}$, орташа мәні $4.1 \cdot 10^{-4}$.

Сандық 3D модельдеу әдістері арқылы тозаңды отынның жануы кезіндегі жылдамдық, температура және концентрация өрістерінің пайда болу заңдылықтарын зерттелінді. Бұл мәселенің маңыздылығы және оған назарымның түсуі энергияны қолданудың эффективтілігімен, экологиялық мәселелердің шешілуімен,

қолданыстағы энергетикалық құрылғылардың жұмысымен, жаңа жану камераларын жасаумен және атмосфераға өтетін ластаушы заттар санының көбеюімен байланысты болып отыр.



Сурет 6. Азот оксидінің концентрациясының БКЗ-420 қазандығының жану камерасының орташа мәндерінің таралуы

Бұл зерттеуді жүргізу нәтижесінде зерттелуі маңызды зиянды газдар бөлінуінің және таралуының көрнекті модельдері алынды. Алынған модельдер мен нәтижелер негізінде жоғарыда аталынған мәселелерді оңтайлы шешу мүмкіндіктері туындап отыр.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Алияров, Б.К. Освоение сжигания Экибастузского угля на тепловых электростанциях. Алматы. "Тылым" 1996. -С.272.
- 2 Askarova A.S., Lavrichsheva Ye, Bolegenova S.A. Investigation of heat and mass transfer process in polydisperse and monodisperse coal dust torch// Works of 4th International Symposium «Combustion & Plasmochemistry». - Almaty, 2007. - P. 87-89.
- 3 Nasserzadeh V., Swihenbank J., Lawrence D., Garrod N., Jones. B.: Nmeasuring gas-residence times in large municipal incinerators, by means of pseudo-random binary signal tracer

technique. // Journal of the Institute of Energy. - 1995. - P.106-120..

4 Карпенко Е.И., Мессерле В.Е. Введение в плазменно-энергетические технологии использования твердых топлив. Новосибирск: Наука, Сиб.отд. РАН, 1997 – 118 с.

5 Askarova A.S., Bolegenova S., V.Maximov, Bekmukhamet A., Osanova Sh. Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station // Procedia Engineering.- ELSEVIER, Praha, Czech Republic, 2012.- p. 1365-1374.

6 Курмангалиев М.Р., Ахметов Е.С. «Исследование на огневых моделях топки и

влияния режимных факторов на уровень выбросов окислов азота». / Модельные исследования топочных устройств. М., 1979 ж, 16-25 беттер.

7 Сулеев Н.Г., Кибарин А.А., «Расчет рассеивания вредных выбросов в атмосферу для тепловых электростанций и котельных на ПЭВМ: Методические указания к выполнению дипломного проекта», Алматы, АЭИ, 1995 ж.

Принято 05.04.2016

А.С.Асқарова, С.Ә.Бөлегенова, А.Бекмухамет, А.А.Туяқбаев, Б.Ж.Усербаева
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Қазақстан, Алматы

БКЗ 420 ЖАНУ ҚАЗАНДЫҒЫНДА ШАҢКӨМІРЛІ ОТЫНДЫ ЖАҒУ ПРОЦЕССТЕРІН PARAVIEW САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аннотация. Бұл жұмыс БКЗ 420 жану қазандығында тозаңды отынды жағу барысында орын алатын процесстерді сипаттауға арналған. Сонымен қатар қазыргі уақыттағы энергия тиімділігін арттыру, экологиялық мәселелерді шешу, жаңа қазандықтар дайындау секілді мәселелерге бағытталған. Мұндай шаралар қоршаған ортаға шығатын зиянды қалдықтың төмендеуін және ЖЭС орталықтарының негізгі көрсеткіштерін көтеруін қамтамасыз етеді. Жұмыстың негізгі мақсаты болып - жану камерасындағы шаң көмірлі алаудың жану процесін сандық зерттеу болып табылады. Жану камерасының жылулық сипаттамалары, аэродинамикасындағы ауаның ену шарттары, жандырғы құрылғыларының құрылымы мен типі, зерттелетін пештің құрылымын бағалау сынды мәселелерге сандық әдіс арқылы зерттеу жүргізу көзделген. Зерттеу барысында қазандықтың ішінде өтетін процесстердің Навье-Стокс теңдеулері негізінде алынған 3D модельдер алынды. Алынған модельдерді БКЗ-420 жану камерасының сандық мәліметтерін Paraview көмегімен 2D диаграммалар алынды. FLOREAN есептеуші программа арқылы есептелінген БКЗ-420 жану қазандығының сандық мәліметтер базасын диаграммалық түрде өңдеу жасалынды.

Түйін сөздер: көмір, жану, энергетика, төменгі сұрыпты көмір, физика-химиялық процесстер, энергетикалық құрылғы, тозаңды жандырғы, қазандық, жану камерасы.

А.С.Асқарова, С.А. Бөлегенова, А.Бекмухамет, А.А.Туяқбаев, Б.Ж.Усербаев
Казахский национальный университет имени аль-Фараби

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ PARAVIEW ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ БКЗ 420

Аннотация. Данная работа посвящена описанию процессов, происходящих при сжигании пылеугольного топлива в топке котла горения БКЗ-420. Исследования направлены на увеличения эффективности выработки энергии, решения экологических проблем, подготовки новых котлов. Подобные меры обеспечат снижение отходов, выбрасывающихся в окружающую среду, и повышение основных показателей ТЭС. Основной целью работы является численное исследование процесса горения пылеугольного топлива в камере

сгорания. На основе численного решения системы уравнений конвективного теплопереноса необходимо выявить тепловые характеристики, аэродинамические характеристики камеры сгорания, исследовать строение, типы и горелочные устройства котла.

В ходе исследования использованы трехмерные процессы, происходящие внутри котла, в основе которых использованы уравнение Навье-Стокса. Используя геометрические данные модели камеры сгорания БКЗ-420, получены 2D-диаграммы с помощью программы Paraview. Посредством вычислительной программы FLOREAN обработана и получены виде диаграммы база числовых данных камеры сгорания котла БКЗ-420

Ключевые слова: топливо, горение, энергетика, низкосортный уголь, физико-химические процессы, горелочная установка, пылеугольное топливо, котёл, камера сгорания.

A.A. Askarova, S.A. Bolegenova, A.A. Tuyakbayev, B.Zh. Userbaev
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

NUMERICAL SIMULATION PARAVIEW PULVERIZED COAL COMBUSTION PROCESS IN THE COMBUSTION CHAMBER BKZ 420

Abstract. This work is devoted to the description of the processes happening at combustion of coal-dust fuel in a fire chamber of a copper of burning of BKZ-420. Researches are directed to increases in efficiency of development of energy, the solution of environmental problems, preparation of new boilers. Similar measures will provide decrease in the deviations which are thrown out environment, and increase of the main indicators of thermal power plant. A main objective of work is numerical research of process of burning of coal-dust fuel in the combustion chamber. On the basis of the numerical decision of system of the equations of a convective heatmass transfer it is necessary to reveal thermal characteristics, aerodynamic characteristics of the combustion chamber, to investigate a structure, types and furnace plant of a boiler.

During research the three-dimensional processes happening in a boiler at the heart of which are used Navier-Stokes's equation are used. Using geometrical these models of the BKZ-420 combustion chamber, are received 2D - diagrams by means of the Paraview program. By means of the computing FLOREAN program it is processed and are received a type of the chart base of numerical data of the combustion chamber of a boiler BKZ-420

Keywords: fuel, burning, power, low-grade coal, physical and chemical processes, furnace plant, coal-dust fuel, boiler, combustion chamber.