

Казахский национальный университет имени аль-Фараби

УДК 620.9:662.92; 538.953-405

На правах рукописи

МАКСИМОВ ВАЛЕРИЙ ЮРЬЕВИЧ

**Исследование тепловых процессов и аэродинамических характеристик
угольных теплостанций**

6D072300-Техническая физика

Диссертация на соискание ученой степени
доктора философии (PhD)

Научные руководители

доктор физико-математических
наук,
профессор АскарOVA А.С.,

доктор технических наук,
профессор Ляйтнер Р.

Республика Казахстан
Алматы, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ТОПОЧНЫХ КАМЕРАХ, С ЦЕЛЮ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	14
1.1 Целесообразность использования твердого топлива в качестве основного энергоносителя.....	14
1.2 Обзор основных методов, применяемых к исследованию процессов сжигания энергетического топлива в камерах сгорания.....	18
2 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ СЖИГАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА В ТОПОЧНЫХ КАМЕРАХ УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОСТАНЦИЙ	24
2.1 Состав топлива.....	24
2.2 Теплота сгорания топлива.....	26
2.3 Влажность топлива.....	27
2.4 Минеральные примеси.....	28
2.5 Зольность пылеугольного топлива.....	29
2.6 Выход летучих веществ.....	30
2.7 Теплофизические характеристики пылеугольного топлива.....	30
2.8 Объемы необходимого воздуха и продуктов горения.....	31
3 ФИЗИЧЕСКАЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ КОТЛА БКЗ 75-39 ФБ ШАХТИНСКОЙ ТЭЦ	34
3.1 Паровой котел. Общее устройство и определения.....	34
3.2 Паровой котел БКЗ 75-39ФБ и его физико-технические характеристики.....	36
4 АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ КАРАГАНДИНСКОГО УГЛЯ МАРКИ КР-200 В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА БКЗ 75-39ФБ	41
4.1 Расчет коэффициентов избытка воздуха и объема продуктов горения при принятой технологической схеме сжигания угля марки КР-200 в топочной камере котла БКЗ 75-39ФБ Шахтинской ТЭЦ.....	41
4.2 Расчёт энтальпии воздуха и продуктов сгорания в топочной камере котла БКЗ 75-39ФБ Шахтинской ТЭЦ.....	42
4.3 Тепловой баланс топочной камеры парового котла БКЗ 75-39ФБ Шахтинской ТЭЦ.....	45
4.4 Определение температуры газов на выходе из топочной камеры парового котла БКЗ 75-39ФБ Шахтинской ТЭЦ.....	47

6D072300 – Техникалық физика мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін диссертациясының

ТҮЙІНІ

МАКСИМОВ ВАЛЕРИЙ ЮРЬЕВИЧ

**КӨМІР ЖЫЛУ СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЖЫЛУЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРІ МЕН
АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ**

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазақстанның жылу энергетикасында энергияға қол жеткізу үшін жылулық қабілеті төмен және күлділігі жоғары (40%-дан аса) төменгі сұрыпты отын (көмір) қолданылады. Өнеркәсіптік қазандықтардың жану камераларына қазіргі таңда қатаң экологиялық талаптар қойылады. Қаржылық және қолдануға кететін шығындарды үнемдеу қажеттілігімен қоса осы талаптарды сақтау аталмыш бағыттағы зерттеулерді қиындата түседі.

Шаңкөмірлі алауды тұтынатын жана энергетикалық блоктарды игеру барысында оларды жетілдіру мақсатында жану процестерін зерттеу айтарлықтай қиынға соғады. Сенімділікті арттыру және жобалаудың сапасын жақсарту үшін жану камерасының аэродинамикасын, шаңкөмірлі алаудың тұтануы, жылу алмасуы мен жану механизмдерін ескергенде жану құрылғыларын кешенді есептеу әдістерін жасаудың **өзектілігі** артып отыр.

Қазіргі таңда өнеркәсіптік нысандардың (ЖЭС, ЖЭО, т.б.) қазандықтарының жану камераларында шаңкөмірлі отынды жағу процестерін кешенді зерттеуді жүзеге асырудың жалғыз құралы үшөлшемді модельдеу әдістері мен есептеу техникасының заманауи компьютерлік құрылғылары мен бағдарламалар пакетін қолданғандағы сандық әдістер мен есептеу тәжірибесі болып отыр. Тек компьютерлік 3D-модельдеуді қолдану кезінде ғана нақты процестердің өтуіне әсер ететін анағұрлым көп құбылыстар мен факторлар ескеріледі. Мұнан өзге зерттеудің аталған әдістемесі есептеулер барысындағы осы факторлардың қасиеттерін болжаудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді.

Диссертация жұмысының мақсаты – шаңкөмірлі отынды жағу кезіндегі нақты энергетикалық нысанның (ҚР ЖЭО) жану камерасында өтетін физика-технологиялық процестерді зерттеу.

Зерттеу нысаны ретінде диссертация жұмысында Шахтинск ЖЭО-ның БКЗ 75-39ФБ қазандығының жану камерасындағы энергетикалық отынды (төменгі сұрыпты қазақстандық көмір) жағудың физика-технологиялық процестері алынды.

Зерттеу пәні – шаңкөмірлі отынды жағу кезінде түзілетін турбулентті жоғарытемпературалы әсерлесетін ағындар, Шахтинск ЖЭО-ның БКЗ 75-39ФБ қазандығының жану камерасының аэродинамикалық, жылулық және концентрациялық сипаттамалары.

Зерттеу нәтижелері мен олардың ғылыми жаңалығы

Диссертация жұмысында жүргізілген зерттеулердің **ғылыми жаңалығы** заманауи сандық әдістер мен 3D-модельдеу әдістерін қолдана отырып, ағымдағы энергетикалық нысандардың жану камераларында энергетикалық отынды жағу кезіндегі күрделі жылу масса алмасу және зиянды шаңгазды қалдықтардың түзілу процестерін толық бейнелеуге мүмкіндік беретін жаңа есептеу әдістемелерін жасаудан құралады.

Алғаш рет энергетикалық қазандықтың жану камерасында көмір тозаңының қатты бөлшектеріне ауырлық күшінің әсерін ескергенде және ескермеген кездегі біртекті шаңкөмірлі турбуленттік ағындардағы жылу масса тасымалының геометриялық, физика-математикалық және химиялық модельдері жасалынды. Жоғарыда аталған модельдері жасау барысында Шахтинск ЖЭО-ның БКЗ 75-39ФБ қазандығының жану камерасында

өтетін нақты физикалық және технологиялық процестерді сипаттайтын бастапқы және шекаралық шарттар қолданылды.

Есептеу тәжірибесін жүргізу үшін алғаш рет ауырлық күшін, турбуленттілік моделін, радиациялық және конвективті жылу алмасудың таралуының бейсызықты сипатын, ортаның көпфазалығын, сонымен қатар өтетін химиялық реакциялардың кинетикасы мен көпсатылығын ескергендегі шаңкөмірлі қоспаның жану процесін сипаттайтын теңдеулер жүйесін шешудің заманауи сандық әдістерді қолданылды.

Алғаш рет нәтижесінде Шахтинск ЖЭО-ның БКЗ 75-39ФБ қазандығының жану камерасының аэродинамикалық көрінісі алынған есептеу тәжірибелері жүргізілді, температура және концентрация өрістері, қысым, жылдамдық және турбуленттік сипаттамалардың жану кеңістігінің барша көлеміндегі өрістері тұрғызылды және тәжірибелік мәліметтермен және аналитикалық есептеу нәтижелерімен салыстырылды.

Жану камерасында жағу барысындағы көмір тозаңының қатты бөлшектеріне ауырлық күшінің әсерін ескергендегі турбулентті жылумасса тасымалы процестерін зерттеуге арналған заманауи теориялық, математикалық және 3D-компьютерлік модельдеу әдістерін жасау бойынша жаңа нәтижелерге қол жеткізілді.

Диссертация жұмысында жүргізілген зерттеулер жаңа және бірегей, ал алынған нәтижелер турбулентті жанудың теориясы мен практикасына, сонымен қатар күрделі технологиялық процестерді 3D-модельдеу бойынша есептеу тәжірибелерін жүзеге асыруға айтарлықтай үлес қосады.

Диссертацияның практикалық құндылығы.

Диссертациялық зерттеулердің нәтижелерінің орасан зор **практикалық құндылығы** бар:

1. Жүргізілген зерттеулер зиянды шаңгазды қалдықтардың түзілуіне айтарлықтай үлес қосады, бұл қатты отынды ЖЭС-да жағудың тиімділігі жоғары және экологиялық таза технологиясын жасауда маңызды құраушы болып табылады.

2. Энергетикалық отынды жағу кезіндегі екіфазалы әсерлесетін ағындардың жылумасса тасымалы процестерін үшөлшемді модельдеудің жасалынған әдістемесі өнеркәсіптік қазандықтардың режимдік және конструктивті параметрлерінің ғана емес, сондай-ақ, отын мен тотықтырғышты беруді ұйымдастырудың оның тұтануы мен жану процестеріне әсерін анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

3. Диссертация жұмысында қолданылатын физика-математикалық және химиялық модельдердікөмір бөлшектерінің диаметр бойынша біртекті таралуында (көмір ұнтағының жұқалығы), әр түрлі тұтану және жанудың орнықтылық шарттарында, сонымен қатар ЖЭС жану құрылғыларының жану камераларының конструкциялық және жинақылық шешімдерін өңдеу барысында көмірдің алуан түрлерін жағуға қолдануға болады.

4. Энергетикалық отынның жануы мен зиянды шаңгазды қалдықтардың түзілу процестерінің әдістемесі жасалынды, оны үшөлшемді модельдеу әдістері ұсынылды және энергетикалық құрылғылардың тиімділігін арттыру және зиянды қалдықтардың атмосфераға бөлінуін кеміту мақсатында есептеу тәжірибесін жүргізудің сәйкес тұжырымдамасы жүзеге асырылды.

Диссертация жұмысының апробациясы. Диссертация жұмысының материалдары келесі халықаралық және республикалық конференцияларды баяндалған:

Диссертация жұмысының нәтижелері әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің жылуфизика және техникалық физика кафедрасының және Брауншвайг қаласының Жылутехника және жанғыш заттар Институтының (Германия) семинарларында талқыланды.

Мақалалары. Диссертация жұмысының негізгі мазмұны 38 ғылыми еңбектерде жарық көрген. Олардың 3-і – **Scopus** мәліметтер базасына енетін журналдар тізімінен; 8 мақала – **ҚР БҒМ білім және ғылым саласындағы бақылау Комитетімен** ұсынған тізімнен; 27-і – Халықаралық конференциялар материалдарында жарияланған.

«Көмір жылу станцияларының жылулық процестері мен аэродинамикалық сипаттамаларын зерттеу» диссертация жұмысының нәтижелері Шахтинск ЖЭО-на бейімделген (Шахтинск қаласы, Қазақстан), **Бейімдеу акті** №16-0913, 2013 жылдың 16 қыркүйегінде және Гусиноозерск МАЭС-не бейімделген (Гусиноозерск қаласы, Бурятия), **Бейімдеу акті** №11-0767, 2013 жылдың 11 шілдесінде.

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) специальности
6D072300 – Техническая физика

МАКСИМОВ ВАЛЕРИЙ ЮРЬЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОСТАНЦИЙ

Актуальность темы диссертации. В теплоэнергетике Казахстана для получения энергии используется низкосортное топливо (уголь) с пониженной теплотворной способностью и повышенной зольностью (более 40%). Вместе с тем к топочным камерам промышленных котлов в настоящее время предъявляются строгие экологические требования. Соблюдение этих требований наряду с необходимостью экономии капитальных и эксплуатационных затрат чрезвычайно осложняет исследования в этом направлении.

При освоении новых энергетических блоков, использующих пылеугольное топливо, исследования топочных процессов с целью их усовершенствования чрезвычайно затруднено. Для повышения надежности и улучшения качества проектирования большую **актуальность** приобретает разработка методов комплексного расчета топочных устройств с учетом аэродинамики топочной камеры, воспламенения, теплообмена и механизмов выгорания пылеугольного факела.

В настоящее время единственным средством в реализации комплексного исследования процессов сжигания пылеугольного топлива в топочных камерах котлов промышленных объектов (ТЭС, ТЭЦ, и др.) являются численные методы и вычислительный эксперимент с использованием методов трехмерного моделирования и привлечением современного компьютерного оборудования вычислительной техники и пакета программ. Только при использовании компьютерного 3D- моделирования учитывается наибольшее количество явлений и факторов, влияющих на протекание реальных процессов. Кроме того, данная методика исследования обеспечивает высокую точность предсказания поведения этих факторов при расчетах.

Цель диссертационной работы – исследование физико-технологических процессов, происходящих в камерах сгорания реального энергетического объекта (ТЭЦ РК) при сжигании в ней пылеугольного топлива.

Объектом исследования в диссертационной работе являлись физико-технологические процессы сжигания энергетического топлива (низкосортный казахстанский уголь) в топочной камере котла БКЗ 75-39ФБ Шахтинской ТЭЦ.

Предмет исследования – турбулентные высокотемпературные реагирующие потоки, образующиеся при сжигании пылеугольного топлива, аэродинамические, тепловые и концентрационные характеристики топочной камеры котла БКЗ 75-39ФБ Шахтинской ТЭЦ.

Результаты исследования и их научная новизна

Научная новизна проведенных в диссертационной работе исследований заключается в разработке новых методик расчетов, позволяющих получать полное описание сложных процессов тепломассообмена и формирования вредных пылегазовых выбросов при сжигании энергетических топлив в камерах сгорания действующих энергетических объектов, с применением современных численных методов и методов 3D-моделирования.

Впервые разработаны геометрическая, физико-математическая и химическая модели тепломассопереноса в неоднородных пылеугольных турбулентных потоках с учетом и без учета действия силы тяжести на твердые частицы угольной пыли в процессе

их сжигания в топочной камере энергетического котла. При разработке вышеуказанных моделей были использованы начальные и граничные условия, отражающие реальные физические и технологические процессы, происходящие в камере сгорания котла БКЗ 75-39ФБ Шахтинской ТЭЦ.

Для проведения вычислительного эксперимента впервые использованы современные численные методы решения системы уравнений, описывающих процесс горения пылеугольной смеси с учетом силы тяжести, модели турбулентности, нелинейного характера распределения радиационного и конвективного теплообмена, многофазности среды, а также кинетики и многостадийности протекающих химических реакций.

Впервые проведены вычислительные эксперименты, в результате которых получена аэродинамическая картина исследуемой топочной камеры котла БКЗ 75-39ФБ Шахтинской ТЭЦ, построены температурные и концентрационные поля, поля давления, скорости и турбулентных характеристик во всем объеме топочного пространства и проведено сравнение с экспериментальными данными и результатами аналитического расчета.

Получены новые результаты по разработке современных методов теоретического, математического и 3D-компьютерного моделирования для исследования процессов турбулентного тепломассопереноса с учетом действия силы тяжести на твердые частицы угольной пыли в процессе их сжигания в камере сгорания.

Проведенные в диссертационной работе исследования являются новыми и оригинальными, а полученные результаты вносят вклад в теорию и практику турбулентного горения, а также в проведение вычислительных экспериментов по 3D-моделированию сложных технологических процессов.

Практическая ценность диссертации.

Результаты диссертационных исследований имеют огромную **практическую значимость:**

1. Проведенные исследования вносят существенный вклад в изучение формирования вредных пылегазовых выбросов, что является важной составляющей при разработке высокоэффективной и экологически чистой технологии сжигания твердого топлива на ТЭС.

2. Разработанная методика трехмерного моделирования процессов тепломассопереноса двухфазных реагирующих потоков при сжигании энергетического топлива может быть использована для определения влияния как режимных и конструктивных параметров топочных камер промышленных котлов, так и организации подачи топлива и окислителя на процессы его воспламенения и горения.

3. Используемые в диссертационной работе физико-математические и химические модели, могут применяться к исследованию сжигания различных видов углей, с неоднородным распределением угольных частиц по диаметру (тонина помола), при различных условиях воспламенения и стабилизации горения, а также при отработке различных конструкционных и компоновочных решений топочных камер котельных установок ТЭС.

4. Создана методика исследования процессов горения энергетического топлива и формирования вредных пылегазовых выбросов, предложены методы его трехмерного моделирования и разработана соответствующая концепция проведения вычислительного эксперимента с целью повышения эффективности энергетических установок и уменьшения выброса вредных веществ в атмосферу.

Апробация диссертационной работы: Материалы диссертационной работы доложены на следующих международных и республиканских конференциях:

Республиканский конкурс на лучшую научную работу студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам «Фонд первого Президента» (Алматы 2009) – **Диплом первой степени и медаль;**

II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (Самара, 2010);

Международная конференция «Энергетика в глобальном мире» (Красноярск, 2010);

7 Международная конференция «Современные достижения физики и фундаментальное физическое образование» (Алматы, 2011);

Международная научно-практическая конференция «Техника и технологии: пути инновационного развития» (Курск, 2011);

I-ая Международная научно-практическая конференция «Достижения и перспективы естественных и технических наук» (Ставрополь, 2012);

V международная научно-практическая конференция «Теория и практика современной науки» (Москва, 2012);

VII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (Кемерово 2012),

8 Школа-семинар молодых ученых Академика РАН В.Е. Алемасова «Проблемы теплообмена и гидродинамики»;

18 Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых ВНКСФ-18 (Екатеринбург, 2012);

14 Минский Международный форум по тепло - и массообмену (Минск, 2012);

Международная научно-практическая конференция «Современная наука: тенденции развития» (Новосибирск, 2012);

Международная научно-практическая конференция «Физико-математические науки и информационные технологии: актуальные проблемы» (Новосибирск, 2012);

V Международная научная конференция «Инновации в технологиях и образовании» (Белово, 2012);

18 Международная научная конференция «Современная техника и технологии» (СТТ-2012, Томск);

20th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA – 2012 (Praha, Czech Republic, 2012);

Международный симпозиум «Экология и безопасность» (Болгария, 2012);

2nd International Conference on Mechanical, Production and automobile Engineering (ICMPAE-2012, Singapore);

6th International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting ACE-X-2012 (Istanbul, Turkey, 2012);

International Conference on Applied Mathematics and Computational Methods in Engineering (Греция, 2013);

11th International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment HTE '13 (Греция, 2013);

15th International Heat Transfer Conference (Япония, 2013); 4th International Academic Research Conference on Business, Education, Nature and Technology (США, 2013);

IV International Conference “Science and Education” (Германия, 2013).

Результаты диссертационной работы обсуждались на научных семинарах кафедры теплофизики и технической физики КазНУ им. аль-Фараби и Института теплотехники и горючих веществ Технического университета г. Брауншвайг (Германия).

Публикации. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 38 научных трудах. Из них 3 – из списка журналов, входящих в базу данных **Scopus**; 8 статей – из списка, **рекомендованного Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК**, 27 – в материалах **Международных конференций**.

Результаты диссертационной работы «Исследование тепловых процессов и аэродинамических характеристик угольных теплостанций» внедрены на Шахтинской ТЭЦ (г. Шахтинск, Казахстан), **Акт внедрения № 16-0913** от 16 сентября 2013 года и на Гусиноозерской ГРЭС (г. Гусиноозерск, Бурятия), **Акт внедрения № 11-0767** от 11 июля 2013 года.

ABSTRACT

dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) specialty
6D072300 - Technical Physics

MAXIMOV VALERIY JUREVICH

THE RESEARCH OF THERMAL PROCESSES AND AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF COAL HEATING PLANT

Relevance of the topic of the dissertation. In the power system of Kazakhstan for energy use low-grade fuel (coal) with low calorific value and high ash content (over 40%). However, to combustors in industrial boilers currently meet strict environmental requirements. Compliance with these requirements, along with the need to save capital and operating costs complicates research in this direction.

With the development of new energy units using pulverized coal, combustion research processes in order to improve them is extremely difficult. To improve the reliability and quality of the design becomes increasingly **important** to develop methods for the calculation of complex combustion equipment with the aerodynamics of the combustion chamber, ignition and heat transfer mechanisms burn pulverized coal flame.

Currently, the only way to implement a comprehensive study of the combustion of pulverized coal in boiler fireplace industrial plants (TPP, TPS, etc.) are the numerical methods and computational experiment using three-dimensional modeling techniques and the involvement of modern computer equipment computer equipment and software package. Only when using a computer 3D- modeling takes into account the largest number of events and factors affecting the flow of real processes. In addition, this research technique provides high accuracy in predicting the behavior of these factors in the calculations.

The aim of the dissertation - a study of physical and technological processes in the combustion chambers of the real power facility (CHP RK) by burning pulverized coal in it.

The object of study in the thesis were the physical processes of burning energy consumption (low-grade coal from Kazakhstan) in the combustion chamber of BKZ 75-39FB Shakhtinskaya TPP.

The subject of the study - high-temperature turbulent reacting flows resulting from the combustion of pulverized coal, aerodynamic, thermal and concentration characteristics of the combustion chamber of the boiler BKZ 75-39FB Shakhtinskaya CHP.

The results of their research and scientific innovation

Scientific novelty conducted in the thesis research is to develop new methods of calculation is to obtain a full description of the complex processes of heat and mass transfer and the formation of harmful gaseous and particulate emissions from combustion of energy fuels in the combustion chambers of existing power facilities, using modern numerical methods and techniques 3D-modeling.

First time developed a geometric, physical, chemical and mathematical model of heat and mass transfer in heterogeneous coal-fired turbulent flows with and without the effect of gravity on the solid particles of coal dust in the process of combustion in the combustion chamber of the power boiler. In developing the above models were used initial and boundary conditions that reflect the actual physical and technological processes in the combustion chamber of the boiler BKZ 75-39FB Shakhtinskaya TPP.

To carry out numerical experiments for the first time used in modern numerical methods for solving the system of equations describing the process of burning pulverized coal mixture, taking into account gravity, turbulence model, the nonlinear nature of the distribution of radiative and convective heat transfer, multiphase environment, as well as the kinetics and multistage chemical reactions.

First carried out the computational experiments, the result will be the aerodynamic pattern investigated the combustion chamber of the boiler BKZ 75 -39FB Shakhtinskaya TPP built temperature and concentration fields, the fields of pressure, velocity and turbulence characteristics in the whole volume of the combustion chamber , and a comparison with experimental data and results of the analytical calculation .

New results on the development of modern methods of theoretical, mathematical and 3D-computer modeling to study the turbulent heat and mass transfer processes taking into account the effect of gravity on the solid particles of coal dust in the process of combustion in the combustion chamber.

Conducted in the thesis research are new and original, and the results contribute to the theory and practice of turbulent combustion, and the addition of computational experiments in 3D-modeling of complex processes.

The practical importance of the dissertation

The results of the dissertation research are of great **practical importance**:

1. The studies make an important contribution to the study of the formation of harmful dust and gas emissions, which is an important component in the development of highly efficient and environmentally friendly technology for solid fuel burning power plants.

2. The developed method of three-dimensional modeling of heat and mass transfer of two-phase reacting flows by burning fuel energy can be used to determine the effects of both operating and design parameters of combustion chambers of industrial boilers, and the organization of the fuel and oxidizer to the processes of its ignition and combustion.

3. Used in the thesis of physico- chemical and mathematical models can be applied to the study of the combustion of various types of coal, with an inhomogeneous distribution of the coal particles in diameter (fineness), under different conditions of ignition and combustion stability, as well as working out various design and layout decisions flue cameras TPP Boilers .

4. A technique investigations of combustion of energy fuels and the formation of harmful gaseous and particulate emissions, proposed methods of three-dimensional modeling and developed a corresponding concept of computer simulation to improve the efficiency of power plants and reduce the emission of harmful substances into the atmosphere.

Testing of the dissertation: Proceedings of the thesis presented at the following international and national conferences:

The Republican contest for the best scientific work of students in the natural sciences, engineering and the humanities' Fund of the First President "(Almaty, 2009) - **first degree and medal**;

II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (Самара, 2010);

Международная конференция «Энергетика в глобальном мире» (Красноярск, 2010);

7 Международная конференция «Современные достижения физики и фундаментальное физическое образование» (Алматы, 2011);

Международная научно-практическая конференция «Техника и технологии: пути инновационного развития» (Курск, 2011);

I-ая Международная научно-практическая конференция «Достижения и перспективы естественных и технических наук» (Ставрополь, 2012);

V международная научно-практическая конференция «Теория и практика современной науки» (Москва, 2012);

VII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (Кемерово 2012),

8 Школа-семинар молодых ученых Академика РАН В.Е. Алемасова «Проблемы теплообмена и гидродинамики»;

18 Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых ВНКСФ-18 (Екатеринбург, 2012);

14 Минский Международный форум по тепло - и массообмену (Минск, 2012);

Международная научно-практическая конференция «Современная наука: тенденции развития» (Новосибирск, 2012);

Международная научно-практическая конференция «Физико-математические науки и информационные технологии: актуальные проблемы» (Новосибирск, 2012);

V Международная научная конференция «Инновации в технологиях и образовании» (Белово, 2012);

18 Международная научная конференция «Современная техника и технологии» (СТТ-2012, Томск);

20th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA – 2012 (Praha, Czech Republic, 2012);

Международный симпозиум «Экология и безопасность» (Болгария, 2012);

2nd International Conference on Mechanical, Production and automobile Engineering (ICMPAE-2012, Singapore);

6th International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting ACE-X-2012 (Istanbul, Turkey, 2012);

International Conference on Applied Mathematics and Computational Methods in Engineering (Греция, 2013);

11th International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment HTE '13 (Греция, 2013);

15th International Heat Transfer Conference (Япония, 2013); 4th International Academic Research Conference on Business, Education, Nature and Technology (США, 2013);

IV International Conference “Science and Education” (Германия, 2013).

The results of the thesis “The research of thermal processes and aerodynamic characteristics of coal heating plant” introduced at Shakhtinskaya TPP (Shaktinsk, Kazakhstan), the **Act of the introduction** № 16-0913 of 16 September 2013 and at Gusinozerskaya TPP (Gusinozersk, Buryatia), the **Act of the introduction** № 11-0767 of 11 July 2013.