

## 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);

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

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

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

6<sup>th</sup> 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);

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

15<sup>th</sup> International Heat Transfer Conference (Япония, 2013); 4<sup>th</sup> 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.