



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке ФГАОУ ВО
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина»

В.В. Кружаев

11 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертацию **Хаустова Сергея Александровича** на тему «Совершенствование конструктивных схем жаротрубных котлов на основе численного моделирования процессов горения и теплообмена» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика»

Актуальность исследований

В настоящее время в Российской Федерации уделяется большое внимание вопросу развития систем децентрализованного теплоснабжения с применением высокоэффективных котлов малой мощности, что отражено в «Энергетической стратегии России на период до 2030 г.» (ЭС), утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. №1715-р. В пункте 2 разделе VII ЭС отмечено, что важнейшим фактором роста спроса на российское оборудование для топливно-энергетического комплекса станет повышение его конкурентоспособности, за счет совершенствования конструкций энергетического оборудования и снижения его стоимости. Особое внимание в ЭС уделяется повышению энергоэффективности как главному направлению повышения эффективности экономики страны. В числе основных задач в производстве тепловой энергии также значатся повышение коэффициента полезного действия котлоагрегатов на основе современных технологий сжигания топлива.

Кроме того требуется решение проблемы импортозамещения, так как малая энергетика РФ всё ещё зависит от иностранных технологий и

оборудования. Научная проработка процессов сжигания в камерах сгорания жаротрубных котлов применительно к задачам конструирования в настоящее время недостаточна и не позволяет проектировать котлы, конкурентоспособные на мировом рынке энергетического оборудования.

В связи с этим актуальность исследований, проведенных в диссертационной работе и направленных на совершенствование конструкций жаротрубных котлов, повсеместно применяемых в системах децентрализованного теплоснабжения, не вызывает сомнений.

Научная проработка вопроса конструирования жаротрубных котлов находится в сфере приоритетных направлений науки, технологий и техники РФ («Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика») и критических технологий РФ («Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе»).

Объект и предмет исследований

Объект исследований – жаротрубные котлы. Предмет исследований – характеристики процессов вихревого сжигания газообразного топлива в камерах сгорания жаротрубных котлов.

Цель и задачи исследований

Целью диссертационной работы является совершенствование конструктивных схем жаротрубных котлов на основе многофакторной компьютерной оптимизации газодинамики, направленное на повышение их энергоэффективности.

Исходя из поставленной цели работы, определены следующие задачи исследований: определить основные закономерности формирования газодинамической структуры топочной среды в камерах сгорания жаротрубных котлов и интегральные характеристики производительности; создать алгоритм для конструирования камер сгорания жаротрубных котлов, реализующий предложенный метод; разработать конструктивные схемы, направленные на повышение эффективности использования экранирующих камер сгорания поверхностей нагрева.

Поставленные задачи исследований полностью соответствуют существующим тенденциям в энергетике России по ориентации на импортозамещение и энергоэффективность.

По теме диссертации опубликованы 23 научные работы, в том числе 6 статей в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ для опубликования основных результатов диссертаций, 6 статей в изданиях, индексируемых Scopus, а также получены 1 патент РФ и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автором изучен большой объем литературы (190 ссылок с глубиной проработки до 1936 года) и проведен анализ данных по вопросам теории топочных процессов, аэродинамике факела и закрученных струй. Представлены и проанализированы существующие конструктивные схемы жаротрубных котлов и состояние практики их проектирования, что позволило затем аргументировано и в соответствии с поставленной целью выделить основные задачи исследования.

Автором освоены методы численного решения дифференциальных уравнений, описывающих поведение многокомпонентных смесей различных газов, протекание химических реакций в турбулентном потоке, сложный теплообмен в камерах сгорания котлов. Примененные современные информационные технологии позволили повысить эффективность процессов исследования и задействовать их в технологии проектирования оборудования.

В результате проделанной работы поставленные задачи решены в полном объеме и достигнута поставленная цель, т. е. выполнены многофакторные исследования газодинамических и теплофизических параметров топочной среды, обобщение которых позволило выработать методику проектирования камер сгорания жаротрубных котлов, разработать варианты усовершенствованной конструктивной схемы камеры сгорания. Исследования эффективности предложенных конструктивных решений

произведены с применением математического моделирования, в ходе которого было рассмотрено 750 вариантов моделей жаровых труб в широком диапазоне конструктивных характеристик.

Значимость полученных автором результатов, степень их обоснованности и достоверности

Основные научные и практические результаты, полученные автором:

Выявлены новые особенности газодинамики реверсивного факела. Установлено, что в жаровой трубе с реверсивным факелом при достижении значения параметра крутки 1,4 происходит срыв потока с центральной оси горелки. Установлено, что температура ядра реверсивного факела в зависимости от мощности горелки может меняться в широком диапазоне без значительного изменения его габаритов. Получена аналитическая зависимость коэффициента аэродинамического сопротивления реверсивного факела от конструктивных параметров камеры сгорания. Аэродинамическое сопротивление жаровой трубы с реверсивным факелом определяется в основном местным сопротивлением на выходе из горелки и сопротивлением вихря зоны рециркуляции. Сопротивления разворота и трения по длине жаровой трубы незначительны.

Предложен метод управления вихревыми структурами в топке жаротрубного котла, позволяющий учитывать конструктивные и режимные параметры, тепломассообмен рециркуляцией, влияние крутки потока на эжекционную способность и дальнобойность факела.

Практическая значимость результатов работы состоит в том, что новые теоретические и технологические решения позволили предложить метод и алгоритм проектирования жаротрубных котлов, направленные на повышение точности и достоверности проектирования камер сгорания жаротрубных котлов. Предложенные методы являются новыми и могут быть использованы в теплотехнических расчетах широкого класса энергоустановок. Техническая новизна подтверждена патентом РФ.

Материалы диссертации используются при производстве жаротрубных котлов (ЗАО «СМП-95», г. Томск) и рекомендуются к применению другими проектными или производственными организациями при инженерных расчетах, конструировании и наладке жаротрубных котлов.

Достоверность результатов обеспечивается применением апробированных математических моделей и надежных методов вычислений, согласованием расчетов с экспериментальными данными других авторов, результатами испытаний, проведенных в экспериментальных цехах фирм-производителей, а также апробацией работы на различного уровня конференциях, выставках и конкурсах, публикацией в рецензируемых журналах, соответствующих тематике исследований.

Замечания.

1. В числе основных задач Энергетической стратегии РФ в производстве тепловой энергии на ряду с другими значатся повышение коэффициента полезного действия котлоагрегатов на основе современных технологий сжигания топлива. Однако в диссертации этот важный показатель эффективности не рассматривается. В таком случае возникает вопрос, что понимается автором под энерго- и ресурсоэффективностью?

2. На стр. 28, 62, 75 и 77 автор оперирует термином «локальные тепловые потоки», хотя в тексте диссертации отсутствует какая-либо количественная информация о тепловых потоках. Кроме того, приведенное на стр. 75 утверждение о том, что «увеличение локальных тепловых потоков... является фактором роста генерации оксидов азота», неочевидно и требует пояснения.

3. В подписи к рисунку 3.13 значится «массовая концентрация метана», хотя на самом рисунке приведена безразмерная массовая доля или процентная концентрация.

4. В разделе 1.4 в списке сформулированных требований к современным камерам сгорания присутствует «экологичность». Практическое значение проведенного исследования могло быть более

существенным, если бы был количественно оценен уровень выбросов токсичных веществ в камерах сгорания.

5. На стр. 75, 77, 82, 86 говорится о том, что критическое значение параметра крутки, при котором происходит затягивание пламени в конвективный пучок, $n = 1,4$, что дополнительно поясняется рис. 3.10-3. В то же время на рисунке 3.10 линии тока при $n = 1,4$ не показаны, приводятся варианты для параметров крутки 0, 1 и 2.

6. Экспериментальный замер температуры при высоких температурах следует проводить отсосной термопарой.

7. В тексте диссертации имеется некритичное количество опечаток.

Заключение.

Рецензируемая диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную по актуальной тематике и обладающую научной новизной и практической значимостью. Работа изложена ясным, технически грамотным и доступным языком, с логически выстроенной структурой и взаимосвязью между поставленными задачами и их решением. Полученные автором результаты имеют научное обоснование и существенное значение для повышения конкурентоспособности отечественного энергетического оборудования и развития малой энергетики РФ.

Рассматриваемые в диссертации вопросы соответствуют формуле и области исследований (оптимизация параметров тепловых технологических процессов и разработка оптимальных схем установок, использующих тепло, с целью экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах; разработка теоретических аспектов и методов интенсивного энергосбережения в тепловых технологических системах) паспорта специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), а её автор,

Хаустов Сергей Александрович, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на расширенном семинаре кафедры теплоэнергетики и теплотехники ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» «22» ноября 2016 г., протокол № 23.

Зав. кафедрой Теплоэнергетики
и теплотехники Уральского
энергетического института
(УралЭНИИ),
д.т.н., профессор

22.11.2016

Мунц
Владимир
Александрович

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина
д 19, ул. Мира, г. Екатеринбург, 620002
Тел.: (343) 375-45-67
e-mail: v.a.munts@urfu.ru

Профессор кафедры «Тепловые
электрические станции»
Уральского энергетического
института (УралЭНИИ),
д.т.н., профессор

22.11.2016

РЫЖКОВ
Александр
Филиппович

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина
д 19, ул. Мира, г. Екатеринбург, 620002
Тел.: (343) 375-41-70
e-mail: af.ryzhkov@mail.ru

Подпись Мунца  *Рыжкова А.Ф. заверено:*

**УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В. А.**