

ОТЗЫВ

официального оппонента Пузырёва Евгения Михайловича на диссертацию
Хаустова Сергея Александровича на тему «Совершенствование
конструктивных схем жаротрубных котлов на основе численного моделирования
процессов горения и тепломассообмена» по специальности 05.14.04 –
Промышленная теплоэнергетика на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Актуальность темы рецензируемой диссертации не вызывает сомнений, так как обеспечивается спецификой рынка энергетического оборудования РФ, где жаротрубные котлы малой мощности в настоящее время крайне востребованы. Ввиду отсутствия научной проработки базы для конструирования отечественных жаротрубных котлов эта отрасль малой энергетики РФ все еще зависит от импорта зарубежного оборудования. Разработка и реализация научного обеспечения для конструирования жаротрубных котлов, чему и посвящена диссертационная работа Хаустова С.А, позволит снизить зависимость от импорта и повысить конкурентоспособность российского производства. Такая направленность тематики диссертации согласуется с ориентирами, заданными в «Энергетической стратегии России на период до 2030 г.».

Диссертация Хаустова С.А. выполнена на 159 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Работа включает 39 рисунков, 3 таблицы и список литературы, состоящий из 190 наименований.

Содержание работы

В первой главе автор приводит детальный обзор практики конструирования жаротрубных котлов в РФ и на основе анализа актуальных работ отечественных и зарубежных исследователей приходит к выводу о том, что наименее изученными являются вопросы проектирования камер сгорания жаротрубных котлов с факелом реверсивного типа. По опыту проектирования жаротрубных котлов автор верно отмечает, что в настоящее время новые конструктивные схемы котлоагрегатов разрабатываются в основном

эмпирическим путем на основе данных о работе аналогичных устройств, имеющихся в распоряжении конструкторов. В отсутствие известных экспериментальных значений критериев подобия и модельных характеристик для конструктивных схем жаротрубных котлов спрогнозировать аэродинамические параметры камер горения представляется возможным только по результатам расчета полной картины течения среды в её объеме. В главе четко сформулированы следующие задачи исследования: определить основные закономерности формирования газодинамической структуры топочной среды в камерах сгорания жаротрубных котлов и интегральные характеристики производительности; предложить новый метод количественной оценки влияния локальных газодинамических структур на интегральные характеристики производительности котла; создать алгоритм для конструирования камер сгорания жаротрубных котлов, реализующий предложенный метод; разработать конструктивные схемы, направленные на повышение эффективности использования экранирующих камер сгорания поверхностей нагрева.

Во второй главе на основе анализа большого количества программных продуктов, позволяющих производить расчет многофазных течений турбулентной реагирующей среды с теплообменом производится выбор инструмента исследования. В качестве одного из главных факторов при этом автор вполне обоснованно выделил производительность, т.к. все рассмотренные во второй главе программные продукты решают задачи расчета газодинамики, теплообмена и химических реакций на основе одних и тех же общепринятых и апробированных уравнений. Для верификации инструмента исследования автором проведен вычислительный эксперимент, воспроизводящий реальные условия работы исследуемой камеры горения с хорошей достоверностью.

Третья глава посвящена исследованию газодинамической структуры реверсивного факела и выявлению ее особенностей. Научные результаты приведенного в третьей главе исследования, без сомнения обладающие научной и технической новизной: доля рециркуляции действительно является важным критерием расчета эффективной температуры реверсивного факела и оказывает

прямое влияние на интенсивность охлаждения топочных газов. Влияние завихрителей с параметром крутки $n < 1,4$ на теплообмен в тупиковой жаровой трубе, как установлено выполненным исследованием, является незначительным по сравнению с проточной организацией газодинамики, поскольку в топках такого типа уже имеет место интенсификация конвективного теплообмена за счет турбулизации потока при развороте факела. Показано, что для параметров крутки горелочной струи $n \leq 0,9$ коэффициент аэродинамического сопротивления тупиковой топки с приемлемой точностью может приниматься равным 1,1 в широком диапазоне конструктивных характеристик. Температура ядра реверсивного факела в зависимости от мощности горелки может меняться в диапазоне 500 °С без значительного изменения его габаритов.

В четвертой главе теоретические положения исследований доводятся автором до уровня рекомендаций для практических приложений. Производится разработка метода проектированию жаротрубных котлов и алгоритма его компьютерной реализации, предлагается новый вариант их конструктивных схем. Предлагается новый метод управления вихревыми структурами в топке жаротрубного котла за счет изменения проходного сечения канала рециркуляции. Полученные в этой главе результаты имеют несомненное значение для развития децентрализованного теплоснабжения, содержат убедительное научное обоснование и поэтому могут быть положены в основу последующих исследований в данной сфере промышленной теплоэнергетики.

В заключении автор обобщает информацию, изложенную в главах диссертации, и приводит основные результаты работы. Сделанные выводы полностью отвечают на поставленные в первой главе задачи, в полной мере отражают научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы.

В приложениях приведены результаты вариантных численных исследований газодинамической структуры факела, чертежи объекта исследования, акты об использовании результатов.

Научная новизна результатов диссертационной работы состоит в установлении новых особенностей аэродинамической структуры и

температурного состояния реверсивного факела, создаваемого сочетанием динамики развития горелочной струи и специфики конструкции камеры сгорания жаротрубного котла при сжигании газообразного топлива. На этой основе создана теоретическая основа нового методического подхода к конструированию соответствующего класса жаротрубных котлов. Предложена новая конструктивная схема камеры сгорания, позволяющая управлять вихревыми структурами при реализации рабочих режимов.

Автором предложены следующие решения, подчеркивающие научную новизну и выносимые на защиту:

- 1) Особенности газодинамики реверсивного факела.
- 2) Метод для проектирования жаротрубных котлов с учетом характеристик процессов вихревого сжигания газообразного топлива.
- 3) 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.

К наиболее значимым результатам диссертации следует относить:

- Метод и компьютерный алгоритм для проектирования жаротрубных котлов с учетом характеристик процессов вихревого сжигания газообразного топлива.
- 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.

Таким образом, есть все основания констатировать, что научная новизна рецензируемой диссертации не вызывает сомнений

Достоверность результатов обеспечивается применением апробированных математических моделей и надежных методов вычислений, согласованием расчетов с экспериментальными данными других авторов, а также результатами испытаний, проведенных в экспериментальных цехах фирм-производителей.

Основные практические результаты работы заключаются в том, что новые теоретические и технологические решения позволили предложить метод и алгоритм, позволяющие повысить точность и достоверность проектирования камер сгорания жаротрубных котлов. Предложенные методы являются новыми и могут быть использованы в теплотехнических расчетах широкого класса энергоустановок с подобными камерами сгорания, работающими на газообразном топливе. Техническая новизна подтверждена патентом РФ.

По теме диссертации автором опубликованы 23 научных 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, индексируемых наукометрической базой Scopus, а также получены патент РФ и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Результаты выполненных исследований используются в ЗАО «СМП-95» (г. Томск) и ООО «Инженерный центр «Теплоуниверсал» (г. Томск) и включены в образовательную практику по направлению «Энергетическое машиностроение» в Томском политехническом университете, о чем в приложениях к диссертации имеются соответствующие документальные подтверждения.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по работе

1. В разделе 1.1 отмечено, что часть основных недостатков жаротрубных конструкций обусловлена малой скоростью движения теплоносителя во внутреннем водяном объеме котла. Однако процессы теплообмена в работе рассматриваются только в газовом объеме камеры сгорания котла.

2. Почему в разделе 2.1 «Характеристика объекта исследования» приводятся характеристики, в т.ч. и конструктивные, исключительно одного котла «Турботерм-500», хотя в разделе 2.4 «Исходные данные для расчета» указано, что в работе рассмотрено 750 вариантов компьютерных моделей камер сгорания?

3. Симметричность характеристик факела и протекания процессов относительно оси горелки, как это указано на стр. 62, позволяла диссертанту реализовать более производительные вычисления за счет использования модели в осесимметричной постановке, но насколько это корректно?

4. Следовало бы обосновать корректность применения к движению дымовых газов термина «траектория» при сжигании газообразного топлива (см. подпись под рис. 3.10), т.к. он обычно характеризует движение частиц, например, в запыленном потоке.

Общее заключение по диссертации

Приведенные замечания не могут сказаться на оценке диссертационной работы как законченного и квалификационного научного исследования. Диссертация Хаустова Сергея Александровича имеет логическое построение, целостность изложения, соответствует специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика», её 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). В работе содержится научная проработка базы для конструирования отечественных жаротрубных котлов, направленная на повышение конкурентоспособности отечественного энергетического оборудования малой мощности и поэтому представляющая интерес для отрасли малой энергетики РФ. Предложенные решения в достаточной мере аргументированы и направлены на решение одной из задач, поставленных «Энергетической стратегией России на период до 2030 г.» – развитие источников децентрализованного теплоснабжения с применением современных эффективных котлов.

Считаю, что диссертация по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости результатов соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением

Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., № 842, а её автор, Хаустов Сергей Александрович, достоин присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

профессор кафедры котло- и
реакторостроения Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»

Пузырёв Евгений Михайлович профессор
д.т.н.,

656038, Алтайский край, г. Барнаул,
проспект Ленина, д. 46

Тел. (3825)505-135, (3825)505-576

e-mail: pem-energo@list.ru


«01» сентября 2016 г.

Е.М. Пузырёв

Подпись Пузырёва Евгения Михайловича удостоверяю:

*Специалист по кадрам:
Маскина Л.В.*

