



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор

О. А. Люсов

*Люсов* 2019 г.

## ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Бадерникова Артема Витальевича «Модифицированный метод расчёта горения в вихревых противоточных горелочных устройствах», по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

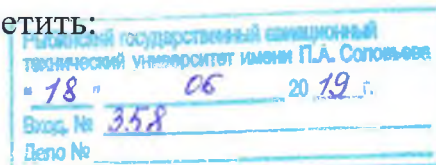
Диссертационная работа Бадерникова Артёма Витальевича выполнена на актуальную тему повышения эффективности проектирования вихревых горелочных устройств с помощью применения численных методов. Необходимость разработки модифицированного метода расчёта обусловлена тем, что существующие методы расчёта содержат допущения, идеализирующие вихревые течения, которые снижают точность получаемого результата.

В работе автор применил хорошо зарекомендовавший себя подход к разработке методов численного моделирования, заключающийся в оценке точности решения для отдельных математических моделей при решении модельных задач и их последующем совместном использовании для расчёта вихревой противоточной горелки. В результате исследований установлено, что применение стандартной двухпараметрической модели  $k-\epsilon$  с коррекцией кривизны линий тока, разработанной Спалартом и Шуром позволяет получить решение сопоставимое по точности с моделями рейнольдсовых напряжений, которые требуют значительно большего количества ресурсов. С практической точки зрения, это облегчает внедрение результатов работы на промышленных предприятиях и в учебных заведениях. Также новым является применение для расчёта вихревых противоточных горелочных устройств учёт теплового состояния стенок вихревой камеры.

Важной частью работы является проведённое впервые экспериментальное исследование теплового состояния вихревой противоточной горелки. При проведении экспериментального исследования автор использует современные метрологические средства измерений, методически грамотно оценивая погрешность эксперимента.

Применение автором комплекса математических моделей, отражающих основные физические процессы в противоточных горелочных модулях, методическая обоснованность их применения, подтверждённая сравнением с выполненным экспериментальным исследованием позволяет положительно оценивать диссертационную работу.

В качестве замечаний по работе необходимо отметить:



1) Исследования проведены на гексаэдральной блочно-структурированной сетке, но не рассмотрены расчётные сетки другого типа, например на основе тетраэдров с густым призматическим пограничным слоем.

2) Следует отметить невысокую плотность выбранной в расчёте сетки и ограниченный сектор модели в  $30^\circ$ . В работе не выполнена оценка влияния на точность расчётов плотности сетки.

3) Нет оценки перспективы использования нестационарных расчетов с применением моделей турбулентности типа LES для увеличения точности процессов смешения и горения в вихревых противоточных горелочных устройствах.

4) Недостатком работы является то, что апробация модифицированного метода проверяется только для одного варианта геометрических соотношений  $\bar{F}_c$ ,  $\bar{R}_d$  и  $\bar{L}_k$ .

Указанные замечания не являются существенными, поскольку не затрагивают основные положения диссертации.

В целом, диссертация Бадерникова Артема Витальевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой найдено эффективное решение актуальной практической задачи численного расчёта вихревых противоточных горелочных устройств. Диссертационная работа отвечает требованиям, п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней", предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Первый заместитель  
генерального конструктора  
ПАО «Кузнецов»,  
к.т.н.

Павел Владимирович Чупин

Начальник расчётного сектора  
отдела камер сгорания, форсажных камер,  
и выходных устройств  
ПАО «Кузнецов»

Валерий Николаевич Лавров

Ведущий инженер  
отдела перспективных разработок  
ПАО «Кузнецов»

Дмитрий Юрьевич Бантиков

ПАО «Кузнецов»  
443009, г. Самара, Заводское шоссе, 29  
Тел (846) 227-32-52  
Факс (846) 955-15-20  
E-mail: motor@kuznetsov-motors.ru