

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Бадерникова Артема Витальевича

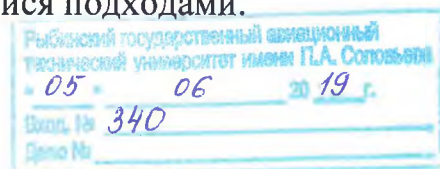
«Модифицированный метод расчёта горения в вихревых противоточных горелочных устройствах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа Бадерникова А. В. в основном посвящена разработке метода численного моделирования, основанного на использовании коммерческого CFD пакета ANSYS CFX, для расчетного исследования особенностей турбулентных газофазных пространственных течений с горением в вихревых противоточных камерах сгорания, использующих воздух и метан.

**Актуальность** работы обусловлена тем, что несмотря на достигнутые успехи в создании устройств сжигания топлива, продолжаются интенсивные поиски конструкций горелок и камер сгорания, в которых достигается наиболее полное использование энергии топлива при одновременном обеспечении теплового состояния конструкции и снижении трудоёмкости изготовления. Перспективной конструкцией, обеспечивающей достижение указанных целей, является вихревое противоточное горелочное устройство.

К **научной новизне** в рассматриваемой диссертационной работе можно отнести результаты исследования влияния основных компонентов физико-математической модели (модели турбулентности, химической кинетики, горения и излучения) на точность расчётов и обоснованный выбор их оптимальной комбинации с точки зрения соответствия получаемых результатов численного моделирования и экспериментальных данных при умеренных потребностях в вычислительных ресурсах.

Полученные автором результаты при сопоставлении с экспериментом позволяют с **достаточной степенью достоверности** оценить точность разработанного метода расчёта, повышение которой в отдельных случаях достигает 2х раз по сравнению с ранее применявшимися подходами.



Важным и новым выводом диссертационной работы является заключение, что часто используемые для расчётов вихревых противоточных устройств стандартные двухпараметрические модели турбулентности не предсказывают величину окружной компоненты скорости без применения специальной поправки на кривизну линий тока. Применение моделей рейнольдсовых напряжений для моделирования таких течений позволяет правильно предсказать структуру потока, но сопряжено с требованием значительно (в 4-5 раз) большего времени расчёта.

В результате диссертационной работы автору удалось скомпоновать метод численного моделирования, точность которого выше существующих при умеренных требованиях к вычислительным ресурсам. В этом состоит **практическая значимость** диссертационной работы.

К автореферату имеются следующие замечания:

1) в описании главы 3 указано, что при расчётах задачи горения в вихревой противоточной камере сгорания проведены расчёты с использованием нескольких моделей турбулентности, но на рисунке 6 приведены только результаты для модели  $k-\epsilon$  СС. Представляется целесообразным привести на рисунке результаты полученные на модели рейнольдсовых напряжений и двухпараметрической модели без коррекции кривизны линии тока для сравнительной оценки;

2) в описании 5-й главы указано, что «Возможная причина повышенной расчётной температуры стенок в точке 3 – модель горения BVM не учитывает погасание пламени в окрестности стенок, что приводит к их повышенной температуре относительно эксперимента». В то же время, в описании 4-й главы указано, что в методе моделирования используется «...модель горения Burning Velocity Model с детальным механизмом химической кинетики.....». Уравнения химической кинетики содержат зависимость скорости химической реакции от температуры аррениусового типа и, следовательно, способны воспроизводить явление погасания пламени. Данное несоответствие требует объяснения.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы, которая выполнена на достаточно высоком научном уровне, содержит новые научные результаты, обладает практической значимостью.

Диссертационная работа «Модифицированный метод расчёта горения в вихревых противоточных горелочных устройствах» соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор Бадерников Артем Витальевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Начальник отдела рабочих процессов  
ЖРД и ДУ отделения 1  
ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»,  
доктор технических наук по специальности  
«тепловые, электроракетные двигатели и  
энергоустановки летательных аппаратов»

« 31 » мая 2019 года

Сидлеров Дмитрий Анатольевич

Адрес: Онежская ул, д.8, г.Москва, Россия, 125438

Адрес автора отзыва: ул. Нижняя Масловка, д.18, г.Москва, Россия, 127220

Тел. 89154703389, sidlerov@rambler.ru

Подпись Сидлерова Дмитрия Анатольевича удостоверяю.

Ученый секретарь  
ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»,  
кандидат военных наук



Смирнов Юрий Леонидович