

ОТЗЫВ

научного руководителя доктора технических наук, доцента Молчанова А.М. на диссертационную работу Тушканова А.С. «Термически и химически неравновесные процессы в факеле маршевого двигателя твердого топлива», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Квалификационная работа Тушканова А.С. посвящена решению одной из проблемных научно-технических задач – взаимодействию турбулентности с горением. Данная проблема играет важную роль при решении научных и практических задач, связанных с течением высокоскоростных турбулентных струй.

В процессе выполнения работы автором решены ряд задач, которые подтвердили надёжность предложенной математической модели, достоверность данных, полученных с её использованием, а также высокую оперативность расчётных процедур, выполняемых на стандартной компьютерной технике.

В результате решения задач:

- предложена модификация SST модели турбулентности с учетом влияния высокоскоростной сжимаемости. Учет сжимаемости показал увеличение длины факела ракетного двигателя.

- рассмотрена модель влияния турбулентности на скорости химических реакций, основанная на функции распределения плотности вероятности. Показано, что учет воздействия турбулентности на горение проявляется, преимущественно, в задачах воспламенения горючего и срыва догорания в факеле ракетного двигателя. В случае развитого горения влияние турбулентности на химические реакции снижено.

- предложена модель воздействия горения на турбулентный перенос. Воздействие учитывалось путем решения дополнительных уравнений переноса для дисперсий энтальпии и концентраций. Учет переменности турбулентных чисел Прандтля/Шмидта позволил улучшить совпадение расчетных и экспериментальных данных.

Всё указанное характеризует актуальность темы диссертации, поскольку сегодня проблема взаимодействия турбулентности с горением представляет большую важность при проектировании двигателей летательных аппаратов. Выбор точки подачи горючего для высокоскоростных прямоточных летательных аппаратов, учет экологического воздействия реактивных двигателей и определение заметности – важные научных и технические проблемы.

Отмечаю, что выполненная соискателем работа комплексная. Она включает несколько взаимосвязанных частей. В одной из таких частей проанализированы основные задачи, которые приходится преодолевать при

математическом моделировании и последующим исследовании неизотермических процессов термо-газодинамики и тепло-массообмена с неравновесными химическими и термическими процессами. Такие процессы реализуются в высокоскоростных турбулентных струях.

В первой части работы, соискателем были рассмотрены основные модели, взаимодействия турбулентности с горением, дано их описание, а также рассмотрены их плюсы и минусы. Предложен подход, который позволяет проводить комплексное численное моделирование высокоскоростной турбулентной струи, с учетом большого числа факторов, влияющих на нее. Выдвинуты допущения, позволяющие упростить решаемую задачу.

Таким образом, предложенный подход снимает практически все ограничения, обычно возникавшие при решении подобных многопараметрических задач.

Вторая часть работы посвящена составлению, непосредственно, самой математической модели, а также разработке мобильных численных методов её решения. Ряд проведенных математических операций и обоснованных допущений, дали возможность провести модификацию численного метода решения составленной математической модели и, в конечном счёте, повысить его эффективность. В этой части работы проведена также серия расчётов. Выполнено сопоставление полученных результатов с опубликованными расчётными и экспериментальными данными известных классических теоретических и экспериментальных задач подобного рода. Такая операция явилась тестовой проверкой предложенной математической модели, оценкой её достоверности.

В завершающей части работы проведён анализ результатов численных расчётов, дано объяснение природы термо-газодинамических, тепловых и физико-химических неизотермических процессов, протекающих в химически активных турбулентных струях.

По итогам изложенных в работе материалов отмечаю, что научная новизна и практическая значимость диссертационной работы Тушканова А.С. выражается:

- разработан и реализован метод расчета высокоскоростных струй с неравновесными химическими и термическими реакциями.
- реализован метод влияния горения на турбулентность, путем решения дополнительных уравнений переноса дисперсий концентраций и энтальпии.
- предложена модификация SST модели турбулентности с учетом влияния высокоскоростной сжимаемости.
- обнаружено, что влияние турбулентности проявляется, преимущественно в задачах воспламенения и срыва горения.
- проанализирован характер движения частиц твердой фазы в факелах РДТТ на высотах полета от 30 до 100 км, для различных размеров частиц от 1 до 6 мкм.

В целом считаю, что диссертационная работа «Термически и химически неравновесные процессы в факеле маршевого двигателя твердого топлива» отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Тушканов Алексей Сергеевич, заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14. – "Теплофизика и теоретическая теплотехника".

А.М. Молчанов,
д.т.н., доцент

Подпись доцента Молчанова А.М. удостоверяю

Директор института № 2



В.П. Монахова.