

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ширяевой Анны Александровны
«Моделирование высокоскоростных течений со смешанными режимами турбулентного горения
на основе трехмерных уравнений Рейнольдса»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация А.А. Ширяевой посвящена важной проблеме в области математического моделирования высокоскоростных реагирующих течений газа, взаимодействию турбулентности с горением (ВТГ). Для эффективной разработки двигательных установок высокоскоростных летательных аппаратов крайне важно использовать модели, позволяющие с хорошей точностью описывать процессы турбулентного смешения и горения в камере сгорания, в которой реализуется сложная структура течения с развитой турбулентностью. Вопрос о вкладе ВТГ в характеристики таких камер сгорания является открытым до сих пор. Это во многом связано с исключительной трудностью описания разномасштабных процессов, протекающих при турбулентном горении.

В работе представлено описание широко используемых подходов для учета ВТГ – метод флеймлетов, основанный на предписанной функции плотности вероятности (ФПВ), и несколько вариантов модели реактора частичного перемешивания (PaSR). Обобщенная модель PaSR (GPaSR) впервые применена для решения практических задач автором диссертации. Предложен оригинальный способ описания высокоскоростных течений со смешанными режимами горения, основанный на линейной комбинации моделей с коэффициентами, зависящими от характерных времен протекающих процессов. Приведены результаты моделирования классических экспериментов по турбулентным сверхзвуковым струям с горением – экспериментов Эванса и др., Барроуза и Куркова, Ченга и др. Результаты вычислительных экспериментов сопоставлены с экспериментальными данными и данными расчетов других авторов. Однако, во всех расчетах применение моделей ВТГ не позволило автору достичь существенного улучшения в описании экспериментальных данных по сравнению с расчетами без учета ВТГ. Валидация реализованной вычислительной модели ВТГ класса PaSR проведена с использованием эксперимента ONERA по дозвуковому горению однородно перемешанной смеси метана с воздухом в камере сгорания с обратным уступом. Показано, что в этой задаче применение моделей ВТГ приводит к существенному изменению решения и позволяет заметно приблизиться к эксперименту. В завершающей части работы представлены результаты численного моделирования течения с преимущественно сверхзвуковым горением в модельной камере сгорания, которая была исследована экспериментально в рамках европейского проекта HEXAFLY. Расчет без учета ВТГ дал удовлетворительное (качественно правильное) описание экспериментальных распределений давления, а расчеты с применением моделей ВТГ не привели к улучшению решения. Ширяевой А.А. сделан вывод, что во всех рассмотренных в диссертации задачах с преимущественно сверхзвуковым горением учет влияния ВТГ не играет определяющей роли.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

1. Автореферат не содержит данных об использованных в расчетах моделях химической кинетики. Проводился ли анализ применимости использованных моделей для характерных диапазонов температур и давлений?

2. При моделировании течения в камере Барроуза – Куркова наличие пограничных слоев на боковых стенках канала более правильно было бы учесть, решив данную задачу в полноценной 3-х мерной постановке. Использование сужения канала изменяет картину течения и приводит к существенному повышению давления в камере.
3. В автореферате не содержится сведений об использованных в вычислительных экспериментах расчетных сетках и проверке сходимости. Для тестовых задач из Главы 2 не приведены используемые условия на выходных границах.

Несмотря на указанные недостатки, текст автореферата не вызывает сомнений в научной квалификации автора. Результаты диссертации опубликованы в 20 работах, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК. Диссертация Ширяевой Анны Александровны соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, установленным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, и ее автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

в.н.с. ИАП РАН, к.ф.-м.н.



И.В. Семенов

semenov@icad.org.ru

“9” января 2019 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки “Институт автоматизации проектирования РАН”

123056, Москва, 2-ая Брестская ул, д.19/18

Телефон: 8(499)250-8262, факс: 8(499)250-8928

e-mail: icad@icad.org.ru

www.icad.org.ru

Подпись Семенова Ильи Витальевича заверяю.

Начальник отдела кадров



Т.В. Турчак