

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе
Соломатина Романа Сергеевича

“ Численное моделирование процессов высокоскоростного
смещения и горения в неоднородных топливо-воздушных смесях”,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности

1.2.2 — Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ

Диссертационная работа выполнена Соломатиним Романом Сергеевичем во время его обучения в аспирантуре ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Тема научной работы связана с вопросами тепломассопереноса в высокоскоростных потоках смеси реагирующих газов. Несмотря на большую историю развития, вопросы инициирования, развития процессов горения и перехода к режиму детонации в реагирующих газовых средах до сегодняшнего дня остаются актуальными в связи с созданием новых технологий в авиационной и космической промышленности, в частности, двигателей детонационного типа.

Задачи, которые исследовал Соломатин Р.С. в своей научной работе, были связаны, в первую очередь, с возникновением и распространением процессов горения в неоднородных (неподготовленных) высокоскоростных потоках реагирующих газов. Под неоднородностью здесь понимается сильно неравномерное распределение концентраций компонент газовой смеси. Адекватное математическое моделирование этих задач сопряжено с рядом трудностей, обусловленных необходимостью прецизионного описания и адекватного расчета как сложных газодинамических процессов турбулентного перемешивания, так и быстропротекающих химических экзотермических реакций. На режимах сверхзвукового течения характерные времена химических реакций и турбулентного перемешивания, как правило, сопоставимы. Поэтому даже небольшие неточности в модели или расчетном методе могут приводить к неадекватным результатам, когда, например, режим горения смеси затухает из-за неточного расчета процесса турбулентного перемешивания.

Диссертационная работа Соломатина Р.С. затрагивает два основных вопроса газодинамики сверхзвукового потока реагирующей смеси – модели турбулентного перемешивания и детальной кинетики химических реакций. Для

исследования этих вопросов автор провел широкий обзор имеющихся в литературе моделей турбулентности, таких как прямое численное моделирование (DNS), вихреразрешающие модели (LES), основанные на осредненных уравнениях (RANS), а также гибридные подходы (RANS-LES). Автором было выполнено обобщение этих подходов на случай многокомпонентных смесей, проведены программная реализация и детальное тестирование с целью выбора наиболее адекватных к рассматриваемым режимам подходов. Кроме того, была проведена большая работа по реализации и тестированию различных кинетических моделей для различных составов топливно-окислительных смесей.

В результате проведенных работ автором была разработана математическая модель и численный метод для расчета сжимаемых течений химически реагирующих смесей с учетом диффузии компонент, турбулентного переноса и неравновесной детальной кинетики химических реакций. Предложенные математические модели и численные методы были реализованы в программном параллельном комплексе, предназначенном для решения задач газовой динамики на неструктурированных сетках на кластерных вычислительных системах с разделенной памятью.

Основные научные результаты диссертации получены автором самостоятельно, являются новыми и соответствуют мировому уровню. В частности, им предложена модель турбулентного перемешивания и горения в высокоскоростных потоках реагирующих газов на основе вихреразрешающих подходов и детальной кинетики неравновесных химических реакций, эффективные гибридные маршевые схемы решения нестационарных уравнений, низкодиссипативные аппроксимации численных потоков, эффективные схемы расщепления для расчета кинетики химических реакций.

Основное содержание диссертации опубликовано в 7 научных работах. Из них 6 статей опубликованы в рецензируемых научных журналах из списка ВАК или входят в мировые индексы цитирования Web of Science и SCOPUS, 1 из списка РИНС. Работа прошла апробацию на 9 российских и международных конференциях. Автор являлся исполнителем гранта РФФИ («Аспирант»).

Соломатин Р.С. в процессе работы над диссертацией проявил себя квалифицированным специалистом, умеющим работать с первоисточниками, ставить промежуточные вспомогательные задачи, добиваться поставленных целей. Его отличают такие качества, как настойчивость и упорство в поиске решений и высокая работоспособность.

Принимая во внимание всё вышесказанное, считаю, что диссертация Соломатина Романа Сергеевича “Численное моделирование процессов высокоскоростного смешения и горения в неоднородных топливо-воздушных смесях” представляет собой законченную работу, выполненную на высоком научном уровне, отвечает требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней. Автор диссертации Соломатина Романа Сергеевича безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — “Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ”.

Научный руководитель,
главный научный сотрудник ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
д.ф.-м.н.

И.С. Меньшов

Подпись И.С. Меньшова заверяю
Вр.и.о. ученого секретаря ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
к.ф.-м.н.



П.А. Кучугов

“ 16 ” августа 2022 г.