

Отзыв научного руководителя
доктора физико-математических наук, профессора

Смирнова Николая Николаевича

на диссертационную работу Тюренковой Вероники Валерьевны по теме
«Решение задач диффузионного горения конденсированных материалов»,
представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.05. – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертация Тюренковой В.В. посвящена решению задач диффузионного горения конденсированных материалов. В диссертации представлены аналитические решения для задачи о горении одиночной капли и для задачи о горении поверхности термохимически разрушающегося материала, а также произведено численное моделирование распространения пламени по поверхности горючего материала и процессов горения в камере сгорания гибридного ракетного двигателя.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, трех глав, заключения, списка публикаций по теме диссертации и списка литературы.

В работе получено аналитическое решение для квазистационарной задачи горения одиночной сферически-симметричной капли жидкого горючего в атмосфере газообразного окислителя с учетом неравновесных фазовых переходов. Определен безразмерный параметр, характеризующий отклонения системы от равновесия. Показано, что наличие неравновесных эффектов существенно замедляет процесс горения капли, и использование равновесной модели для малых капель дает существенную ошибку.

Разработано обобщение метода Шваба-Зельдовича на случай нескольких реакций. Получено аналитическое решение для квазистационарной задачи горения одиночной сферически-симметричной капли жидкого горючего в атмосфере газообразного окислителя при наличии двух поверхностей пламени. Показано, что при наличии двух поверхностей пламени время

полного выгорания капли больше, чем в случае, когда учитывается только одна брутто-реакция.

Полученные аналитические решения применены для задачи горения одиночной капли *n*-гептана. Показано, что существуют две поверхности пламени, причем первая поверхность пламени может быть зафиксирована измерительными приборами, а вторая поверхность пламени характеризуется существенно меньшим свечением. Аналитические исследования свидетельствуют о возможности существования более медленного и низкотемпературного режима горения капли при радиационном потухании пламени на одной из поверхностей.

Получены аналитические формулы для определения скорости выгорания поверхности твердого горючего при ламинарном и турбулентном режимах течения для случая горения в замкнутом канале из термохимически разрушающегося материала, позволяющие определить потоки массы и тепла у стенок.

Разработан метод определения скорости распространения пламени по поверхности против потока на основе концепции термически тонкого слоя. Показано, что увеличение тепловыделения в диффузионном пламени, концентрации окислителя в набегающем потоке, теплопроводности в газовой фазе приводит к увеличению скорости распространения пламени. Повышение теплоты испарения вызывает уменьшение скорости распространения пламени.

При численном трехмерном моделировании процессов, происходящих в камере сгорания гибридного двигателя, показано, что несмотря на симметрию камеры сгорания, симметричное решение неустойчиво. Получена сильная неустойчивость потока в начальный период зажигания, формирование языков пламени.

При численном моделировании процессов, происходящих в камере сгорания гибридного двигателя показано, что с течением времени отдельные языки пламени сливаются, и горение выходит на квазистационарный режим, близкий по характеристикам к режиму диффузионного горения. Происходят

стабилизация потока и локализация зоны горения вблизи стенок, что характерно для диффузионного пламени, установившегося в камере сгорания.

Основные результаты, представленные в диссертации, изложены в 17 работах, из них 10 опубликованы в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и/или Scopus.

Основные результаты докладывались на следующих международных и всероссийских конференциях: Санкт-Петербургский научный форум "Наука и общество. Новые технологии для новой экономики России", г. Санкт-Петербург, Россия, 2013; Ломоносовские чтения – 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия; Международная конференция «Математика и информационные технологии в нефтегазовом комплексе», г. Сургут, Россия, 2014, 2016; IAA Symposium "Space Flight Safety" 2014, 2015, 2018; Всероссийская научно-практическая конференция "Проблемы обеспечения взрывобезопасности и противодействия терроризму", г. Санкт-Петербург, Россия, 2014, 2016; X Международная научно-практическая конференция "Технические средства противодействия террористическим и криминальным взрывам" Россия, г. Санкт-Петербург, 2014; IV Минский международный colloquium по физике ударных волн, горения и детонации, г. Минск, Беларусь, 2015; Международная конференция "Супервычисления и математическое моделирование", г. Саров, Россия, 2016, 2018; International Astronautical Congress 2017, 2018; «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса», г. Ялта, Россия, 2018; International Conference on Combustion Physics and Chemistry, г. Самара, Россия, 2018; 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS), г. Пекин, Китай, 2019; XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, г. Уфа, Россия, 2019.

Диссертация Тюренковой В.В. является законченной научной работой, выполненной на высоком научном уровне на актуальную тему. Работа соответствует специальности 01.02.05. – «Механика жидкости, газа и плазмы» и

удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова».

Диссертация Тюреновой В.В. «Решение задач диффузионного горения конденсированных материалов» может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05. – механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Смирнов Николай Николаевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и на их дальнейшую обработку.

Научный руководитель: Смирнов Николай Николаевич

Доктор физико-математических наук (по специальности 01.02.05.),

профессор кафедры газовой и волновой динамики, заведующий лабораторией волновых процессов механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

(119991, Ленинские горы, д.1, тел.: +7 (495) 939-11-90

email: ebifsun1@mech.math.msu.su)

Н.Н. Смирнов

Подпись профессора Н.Н. Смирнова удостоверяю:

кон. ст. пр.

«1» марта 2021 г.

