

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Гидаспова Владимира Юрьевича “Математическое моделирование высокоскоростных многофазных течений с физико-химическими превращениями”, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Моделирование высокоскоростных многофазных течений с физико-химическими превращениями является комплексной сопряженной задачей, решение которой необходимо для повышения точности расчетов ракетных двигателей, газодинамических установок и иных технических устройств. Использование коммерческих пакетов не позволяет решить данную проблему в полном объеме. Поэтому диссертационная работа является весьма **актуальной**.

В автореферате излагается содержание введения, шести глав и заключения. Приведен список публикаций по теме диссертации.

Предложенные в диссертации методики математического моделирования позволяют рассчитывать многофазные течения с физико-химическими превращениями, могут использоваться при моделировании таких явлений как горение, детонация, конденсация, образование токсичных компонент, определять детальную картину протекания неравновесных физико-химических процессов от их инициирования до выхода на равновесное состояние.

Среди положений **научной новизны** следует выделить:

- уточненный метод и вычислительный алгоритм решения уравнений кинетики конденсации – численного расчета функции распределения кластеров по размерам, обеспечивающий корректный расчет кластеров со сверхмалыми концентрациями;

- задачу о распаде произвольного разрыва в многокомпонентной смеси газов с произвольными, термодинамически допустимыми, уравнениями состояния;

- задачу прохождения особой точки при решении прямой задачи теории сопла в одномерной постановке для многокомпонентного совершенного газа с химическими превращениями, описываемыми многостадийными кинетическими механизмами, при соблюдении условия неубывания энтропии смеси;

- задачу о распаде произвольного разрыва в детонирующем газе (в автомодельной и неавтомодельной постановках) в случае, когда продукты сгорания представляют собой смесь совершенных газов при учете равновесного и неравновесного протекания химических реакций;

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 2
10 12 20 19

- специальную диаграмму для описания положения стационарной детонационной волны в канале переменного сечения со сверхзвуковым потоком на входе и выходе (течение до детонационной волны считается "замороженным", за детонационной волной "равновесным").

Основным **методом исследования** является математическое моделирование.

Достоверность результатов определяется созданием адекватных физико-математических моделей, тестированием вычислительных алгоритмов, верификацией и валидацией используемых численных методов.

В качестве **практической значимости** работы необходимо отметить использование разработанных вычислительных алгоритмов и программ в составе комплексов программ многомерного моделирования, которые широко применяются в ракетно-космической и авиационной промышленности.

Среди достоинств диссертационной работы следует особо отметить значительный вклад в развитие теорий детонации и конденсации.

Большой интерес к теории конденсации связан с тем, что эти явления играют важнейшую роль в газовой динамике многофазных сред, при создании новых материалов и в физике атмосферы. Неравновесную кластеризацию необходимо учитывать при расчете характеристик сопел и струй жидкостных и твердотопливных реактивных двигателей, при расчетах паровых турбин и ядерных реакторов, а также при прогнозе погоды и при образовании аэрозолей. Развиваемая в работе методология позволяет моделировать процесс гомогенной конденсации с помощью квазихимической модели без введения понятия критического размера кластера. Разработаны численные методы для расчета равновесных функций распределения как в стабильной, так и в метастабильной областях. Рассчитаны неравновесные функции распределения по размерам кластеров аргона, меди, свинца, воды, серебра в условиях, характерных для струй ракетных двигателей и для различных технологических установок, в том числе и в присутствии инертных газовых смесей.

В четвертой главе приводятся результаты моделирования детонации. В частности, рассматривается детонация предварительно перемешанных газовых горючих смесей, приводятся алгоритмы расчета неравновесных течений многокомпонентного газа, химические реакции в котором моделируются многостадийными кинетическими механизмами с обратимыми реакциями. При этом эффекты вязкости теплопроводности и диффузии обоснованно не учитываются, что значительно упрощает расчеты. Показано, что равновесная адиабата представляет из себя множество точек достижимости для случаев сильной и слабой детонации и дефлаграции: верхняя ветвь равновесной ударной адиабаты соответствует расчету неравновесного течения за ударной волной, а

нижня самовоспламенению горючей смеси. Из-за несовпадения значений замороженной и равновесной скоростей звука при самовоспламенении горючей смеси в рассматриваемой постановке достичь точку детонации Чепмена-Жуге невозможно. Представлены результаты исследований стационарных волн детонации и дефлаграции в смесях алюминия, магния и бора с воздухом, которые представляют значительный интерес при изучении двухфазных течений в современных ракетных двигателях и энергетических установках. Получено, что для смеси алюминий-воздух температура и давление в состоянии частичного равновесия несколько выше, чем при полном, диаметр частиц и концентрация мелкодисперсного алюминия существенно больше. Это связано с частичным испарением алюминия и окисла алюминия с образованием Al_2O в потоке, а также с конденсацией нитрида алюминия (AlN). Показано, что наблюдаемая температура при детонации частиц бора в воздухе (с избытком бора) должна быть существенно ниже, чем предсказывает равновесная теория, вследствие конденсации нитрида бора.

К недостаткам работы следует отнести:

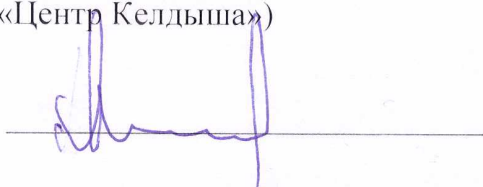
1. В материалах автореферата по главам 2 и 3 неоправданно большое внимание уделено техническим составляющим алгоритмов при недостаточном, на наш взгляд, изложении физических основ разрабатываемых моделей.
2. В автореферате не даны определения таких терминов как «многолистная газовая динамика» (с. 32 и с. 42 пункт 2) и «функция растяжения» (с. 31), которые не являются общеупотребительными даже среди специалистов. В тексте содержатся орфографические и синтаксические ошибки.

Отмеченные недостатки не снижают общее весьма положительное впечатление от диссертации.

Диссертационная работа Гидаспова В.Ю. «Математическое моделирование высокоскоростных многофазных течений с физико-химическими превращениями», полностью соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление правительства РФ № 842 от 24.09.2013), а ее автор Гидаспов Владимир Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 "Механика жидкости, газа и плазмы".

Доктор технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, профессор, заместитель генерального директора – начальник отделения 2

Государственного научного центра Российской Федерации
– федерального государственного унитарного
предприятия «Исследовательский центр им. М.В. Келдыша»
(ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»)



Миронов Вадим Всеволодович

Почтовый адрес: 125438, Москва, ул. Онежская, д.8.
Государственный научный центра Российской Федерации – федеральное
государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр им. М.В.
Келдыша»
Тел.: +7 495 456 8754
E-mail: mironov@kerc.msk.ru

Доктор технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные
двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, профессор,
заместитель начальника отделения 2 – начальник отдела
Государственного научного центра Российской Федерации
– федерального государственного унитарного
предприятия «Исследовательский центр им. М.В. Келдыша»
(ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»)



Борисов Дмитрий Марианович

Почтовый адрес: 125438, Москва, ул. Онежская, д.8.
Государственный научный центра Российской Федерации – федеральное
государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр им. М.В.
Келдыша»
Тел.: +7 495 456 8195
E-mail: borisov@kerc.msk.ru

Подписи д.т.н. Миронова В.В. и д.т.н. Борисова Д.М. удостоверяю
Ученый секретарь ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

кандидат военных наук



Ю.Л. Смирнов