

ОТЗЫВ

официального оппонента Голуба Виктора Владимировича на диссертационную работу Зыонг Минь Дык «Исследование многофазных высокотемпературных реагирующих течений термодинамическим методом», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертационная работа Зыонг Минь Дык посвящена построению и апробированию физико-математической и вычислительной моделей течений многокомпонентного газа с учетом протекания равновесных химических превращений и образования конденсированных компонентов, обеспечивающих непрерывный переход от модели совершенного газа к реальному.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью расширения возможностей применения термодинамического метода при постановке и решении научно-технических задач, в которых без учета химически реагирующих процессов невозможно получить достоверные результаты.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 126 наименований. Работа содержит 128 страниц, 47 рисунков, 13 таблиц.

Введение содержит обоснование актуальности, цель и задачи работы, объект и предмет исследования, а также основные результаты диссертационной работы.

В первой главе приведено описание используемой в работе физико-математической модели, описывающей термодинамическое равновесное состояние для совершенного газа на основе принципа экстремума химических потенциалов. Представлены вычислительные алгоритмы, позволяющие решать различные задачи, возникающие при изучении многофазных высокотемпературных равновесно реагирующих течений, результаты их верификации и валидации. Проведено исследование влияния давления на состав продуктов сгорания керосина в воздухе при избытке горючего. Расчетным путем получено, что зависимость концентрации сажи от давления

Отдел документационного
обеспечения МАИ

12. 12 2022

качественно меняется при изменении коэффициента избытка воздуха.

Во второй главе рассмотрены особенности при моделировании равновесного термодинамического состояния химически реагирующих систем с учетом свойств реального газа. Описан алгоритм, позволяющий определять химический состав и термодинамические характеристики равновесной системы с применением вириального уравнения в соответствии с теорией Больцмана и кинетической теорией газов для жестких сферических молекул. Проведена проверка достоверности полученных результатов, путем сравнения с данными, опубликованными в литературе.

В третьей главе приводятся физико-математические модели, вычислительные алгоритмы и результаты численного моделирования изоэнтропического расширения продуктов сгорания с учетом образования ионизированных компонентов. Проведено исследование влияния давления в камере сгорания и концентраций щелочных добавок на степень ионизации продуктов сгорания. Для метано-воздушной горючей смеси численно были построены равновесные ударные адиабаты в широком диапазоне начальных параметров с учетом свойств реального газа. Проанализированы особенности реализации алгоритма численного моделирования с использованием вириального уравнения состояния реального газа.

В четвертой главе приведены вычислительные алгоритмы решения задачи о распаде произвольного разрыва на границе между инертным и детонирующим газами. Для описания свойств детонирующего газа использовались уравнения состояния совершенного и реального газов. Для системы гелий - стехиометрическая водородо-кислородная смесь численно исследовано влияние начального давления на степень отличия результатов, полученных при использовании уравнений состояния реального и совершенного газов. Для системы аргон - метано-воздушная горючая смесь получены зависимости параметров детонационных волн и коэффициента сжимаемости от начального давления.

В заключении сформулированы основные выводы по диссертационной

работе.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Достоверность результатов обеспечивается строгостью используемых математических постановок и физико-математических моделей, устойчивостью и сходимостью применяемых численных методов, тестированием вычислительных алгоритмов, а также согласованием результатов численного моделирования с результатами экспериментальных и расчетно-теоретических исследований других авторов.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Разработаны вычислительные модели для расчета равновесного состава многокомпонентной смеси газов, описываемой термическим уравнением состояния с вириальными коэффициентами и однофлюидной моделью смешения, при заданных парах термодинамических величин, а также равновесных ударных адиабат и изоэнтропических течений, с учетом возможного образования конденсированных компонентов.

2. Выявлено влияние вида уравнения состояния, описывающего исходную смесь и продукты сгорания на достигаемые термодинамически равновесные параметры при расчете детонационных адиабат, параметров детонации Чепмена-Жуге для смесей с водород-кислород и метан-кислород-азот-инертный газ.

3. Разработан вычислительный алгоритм решения задачи о распаде произвольного разрыва для случая, когда слева и справа от начального разрыва и результирующего контактного разрыва газовая смесь может быть, как замороженная, так и равновесная и описываться как уравнением состояния совершенного газа, так и реального. Получены количественные характеристики, описывающие влияние уравнения состояния продуктов сгорания на реализующиеся при решении задачи о распаде произвольного разрыва на границе инертный газ – горючая смесь параметры течения.

Практическая значимость исследований состоит в том, что разработанные физико-математические модели и вычислительные алгоритмы могут

использоваться для анализа течений с химическими превращениями которые реализуются в энергетических установках.

Основные результаты диссертационной работы были опубликованы в 10-ти научных работах, из них 4 в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ и цитируемых международными базами WoS.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1. В диссертации не аргументировано использование выбранных уравнений состояния при численном моделировании термодинамических систем при высоких давлениях.

2. Рассмотрение в 3-й и 4-й главах диссертации трехэлементных химических систем *C-H-O* не дает полного представления о возможностях расчетной модели.

3. В работе имеется ряд опечаток и неточностей (стр. 23, 37, 53, 81, 82).. Например, на стр. 82 написано, что точка ЧЖ соответствует минимально возможной скорости распространения детонационных волн. Следовало бы сказать «стационарной». На стр. 94 повторение: «в одномерной в одномерной». Выражения, приводимые на стр. 53-59 нуждаются в дополнительных пояснениях.

4. В работе рассмотрены только химически равновесные течения, которые на практике реализуются достаточно редко.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, полностью соответствует положению «О присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Зыонг Минь Дык заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. – Механика жидкости, газа и плазмы.

