

ОТЗЫВ

официального оппонента Маркова Владимира Васильевича на диссертационную работу Тухватуллиной Рузаны Рамилевны «Физико-математические модели двухфазного неизотермического двухскоростного течения пузырьковой среды», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертационная работа Тухватуллиной Р.Р. посвящена построению математических моделей двухфазных течений жидкости с пузырьками инертного газа и химически активной газовой смеси, разработке численных алгоритмов, их верификации по экспериментальным данным и решению ряда новых задач о течениях со скачками уплотнения посредством вычислительного эксперимента. Актуальность диссертации обусловлена необходимостью создания эффективных математических моделей для описания течения газа в двухфазных газо-жидкостных и более сложных системах в широком диапазоне газосодержания. Кроме того, в диссертации рассмотрены проблемы, связанные с практическим применением импульсной и непрерывной детонации в силовых установках нового типа для надводных и подводных аппаратов – гидрореактивных водометных движителей, в которых происходит передача количества движения от бегущей ударной волны к движущейся пузырьковой среде. В частности, в работе доказано, что существует оптимальное газосодержание пузырьковой жидкости, при котором передача количества движения от ударной волны к пузырьковой среде наиболее эффективна, и предсказаны количественные характеристики процесса, которые могут быть использованы при проектировании.

Работа состоит из Введения, пяти глав, заключения, приложения и списка литературы в количестве 69 наименований, изложена на 129 страницах с 8 таблицами и 39 рисунками.

Во **Введении** обоснованы актуальность и практическое значение темы исследования, определены его цели, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **Главе 1** представлен достаточно полный обзор литературы по теме диссертации.

В **Главе 2** дан вывод математической модели невязкого пузырькового течения методом пространственного осреднения. Доказана корректность задачи Коши для предложенной модели в линейном приближении и указана область применения модели.

В **Главе 3** представлена математическая модель вязкого пузырькового течения. Доказана корректность задачи Коши в линейном приближении. Проведено сравнение результатов численных расчетов с имеющимися в литературе экспериментальными данными по течению пузырьковой среды в сопле. Дано подробное описание эксперимента, проведенного с участием диссертанта. Представлено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными по распространению ударной волны в пузырьковой среде.

В **Главе 4** предложена математическая модель невязкого пузырькового течения с учетом радиальной инерции газовых пузырьков. Детально описан алгоритм численного решения. Проведено сравнение результатов численных расчетов с экспериментальными данными по структуре ударной волны в пузырьковой среде (ее амплитуде и частоте осцилляций).

В **Главе 5** описана модель двухфазного невязкого течения пузырьковой среды с учетом радиальной инерции реакционноспособных газовых пузырьков. Представлены глобальный и детальный кинетические механизмы горения ацетилено-кислородной смеси в газовых пузырьках. Приведено сравнение результатов численных расчетов с экспериментальными данными по скорости и структуре распространения пузырьковой детонации. В конце главы сформулированы основные научные результаты работы и выводы.

Среди полученных автором результатов отметим следующее:

- Предложены корректные математические модели пузырьковых течений, учитывающие различные физико-химические процессы.
- Разработаны новые численные алгоритмы для сформулированных моделей.
- Проведена верификация математических моделей двухфазного течения путем сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными.
- Численно и экспериментально доказано существование оптимального газосодержания для достижения наиболее эффективной передачи количества от ударной волны к пузырьковой среде.

Представленные в диссертации результаты и выводы являются новыми, вполне обоснованы, достоверны и подтверждаются сравнением с экспериментальными данными. Они вносят существенный вклад в понимание процессов, связанных с двухфазными течениями.

Автореферат подготовлен в соответствии с требованием ВАК и полностью соответствует содержанию диссертации. Основные результаты работы полностью опубликованы в печати.

В качестве замечаний можно указать следующее:

1. В диссертации исследуется корректность задачи Коши определяющей системы уравнений, однако при численном моделировании используется начально-краевая постановка задачи. Автором не обсуждается вопрос о том, как краевые условия влияют на корректность постановки задачи.
2. При описании численных расчетов нет информации о расчетных сетках и их влиянии на результаты.
3. Автор не объясняет расхождение результатов численных расчетов с данными экспериментов по скорости распространения пузырьковой детонации при малых газосодержаниях (см. стр. 111 рис. 5.4б).

4. На рис. 5.7 стр. 115 представлены результаты сравнения численных расчетов с экспериментальными данными по профилю давления пузырьковой детонации. Из рис. 5.7 видно, что давление за уединенной волной в эксперименте падает практически до начального атмосферного давления, а в численных расчетах давление за уединенной волной падает только до 20 атм. В работе нет объяснения причин этого различия.

Отмеченные замечания не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы, которая является законченным научным исследованием и содержит новые результаты, представляющие определенный научный и прикладной интерес.

Диссертация полностью удовлетворяет критериям ВАК, установленным Положением о присуждении ученых степеней (п.9), утвержденным Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы; а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент

д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник

отдела механики Математического института им. В.А.Стеклова РАН

(защита докторской диссертации в 1979 г. по специальности 01.02.05)

119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 8,


тел. 8 495 9848141*3736, e-mail: markov@mi.ras.ru




Марков Владимир Васильевич

Дата: 27.12.2017

Подпись Маркова Владимира Васильевича заверяю



Д.А. Асыков



Ученый секретарь ИММАН