

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
Немцева Максима Юрьевича

«Численное моделирование процессов горения пористых энергетических материалов в широком диапазоне объемной доли»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертационная работа М.Ю. Немцева посвящена математическому моделированию течений двухфазных сред в задачах, когда объемное содержание частиц велико и традиционные модели запыленного газа оказываются неприменимыми. Сформулирована определяющая система уравнений, базирующаяся на известной модели Р.И. Нигматулина. Изучены некоторые математические свойства данной модели и предложен численный метод решения, основанный на методе Harten-Lax-van Leer для нелинейных систем уравнений гиперболического типа. Определяющая система уравнений насыщена различными подмоделями межфазного взаимодействия, что делает ее применимой для решения ряда задач физико-химической гидродинамики. В частности, автор рассмотрел особенности горения заряда из зерен пироксилинового пороха, покрытых пленкой поливинилбутирала.

Тематика диссертационного исследования, безусловно, является актуальной. Разработка моделей подобного класса в настоящее время активно ведется в лабораториях и научных центрах по всему миру.

В качестве замечаний хотелось бы отметить следующее. Данные замечания основаны не только на тексте автореферата, но и на тексте диссертации, доступном на сайте диссертационного совета.

1. Автор пишет (стр. 8 диссертации), что одним из недостатков моделей, основанных на системе уравнений Баера-Нунциато является то, что, как правило, уравнение состояния вещества для фазы частиц не является реальным уравнением, а подбирается искусственным образом. Стоит отметить, что хотя, действительно, часто так и делается, это не является недостатком или принципиальным ограничением моделей Баера-Нунциато. Это, скорее, технический прием в задачах, когда реальная сжимаемость ничтожна, и в расчетах достаточно обеспечить сам этот факт для корректного воспроизведения волновой динамики процесса. При этом, в задачах, где количественные характеристики сжимаемости фазы частиц важны, в моделях Баера-Нунциато возможно использовать реалистичное уравнение состояния в форме Ми-Грюнайзена для каждой из фаз.

2. На стр. 9 диссертации написано, что в работах [22 – 24] существенно предположение о сжимаемости обеих фаз. Однако, это не так. В работе [22] частицы дисперсной фазы являются несжимаемыми, как и у автора. Модель [22] основывается на молекулярной теории гранулированных сред [20]. В этом смысле, очень интересно было бы увидеть результаты расчетов тестовых постановок из [22] по модели автора.

3. В начале раздела 2.1 диссертации автор выписывает базовую систему уравнений со ссылками на [6] и [15]. Ссылки [6] и [15] – это объемные книги, в которых обсуждается множество различных моделей. Очень не хватает пояснений, какие именно уравнения в данных книгах были отправными точками для дальнейших исследований авторов.

4. Автор уделяет большое внимание построению решения задачи Римана для сформулированной им системы уравнений в частных производных. Это одно из центральных мест работы. На основании построенного решения был предложен «римановский решатель» для моделирования течений двухфазных сред, вероятно, «в широком диапазоне объемной доли», как следует из названия диссертации. Однако, в

диссертации практически нет содержательных результатов, непосредственно связанных с описанием динамики волновых процессов в двухфазных средах. Мне кажется, результаты теста о разлете сжатого слоя частиц в вакуум, понятие волны «раскомпактирования» (по-моему, введенное в работах автора; я не встречал подобного термина ранее), результаты теста о распространении волны компактирования по неоднородно распределенным частицам – все это нуждается в интерпретации с точки зрения известных и устоявшихся понятий волновой динамики двухфазных сред, которые формировались на основе имеющихся экспериментальных данных и расчетных данных по другим моделям. Результаты решения тестов в Главе 3 сравниваются, в лучшем случае, с точным решением рассматриваемой системы уравнений. В разделах 3.1, 3.2, вообще ни с чем не сравниваются. Это не дает представления о том, какие наблюдающиеся в реальности особенности волновых процессов в двухфазных средах воспроизводятся или не воспроизводятся в модели автора, и как следствие, затрудняет оценку области применимости модели автора.

5. То же относится и к результатам в Главе 4. Автор сам указывает, что распространение волны конвективного горения и волны компактирования по пороховому заряду в рассматриваемой задаче заметной роли не играют. Кривые давления в области заряда подобны друг другу и, по сути, мне кажется, слабо отличаются от некоторой средней кривой, которую бы дала термодинамическая модель процесса. С этой точки зрения, задача в Главе 4 представляется мне не самым удачным примером применения модели двухфазной среды, предложенной автором.

Учитывая общую сложность темы диссертационного исследования, указанные замечания не влияют на позитивное впечатление от работы. Диссертация Немцева М.Ю. выполнена на высоком научном уровне, в ней получены новые результаты, представляющие научную ценность. Диссертация «Численное моделирование процессов горения пористых энергетических материалов в широком диапазоне объемной доли» удовлетворяет требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации Немцев Максим Юрьевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Профессор школы Астронавтики
Харбинского политехнического института (Китай),
кандидат физико-математических наук (специальность
05.13.18 Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ), доцент
e-mail: utkin@hit.edu.cn

Павел Сергеевич Уткин

Харбинский политехнический институт (Harbin Institute of Technology)
150001, Китай, г. Харбин, ул. Западная Дажы, д. 92
www.hit.edu.cn

«01» декабря 2023 г.

Подпись Павла Сергеевича Уткина удостоверяю.

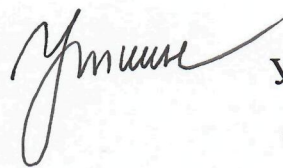
Секретарь школы Астронавтики Харбинского политехнического института (Китай)



Ли Яо

Тел.: (+86) 0451-86413578

Я, Уткин Павел Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Немцева Максима Юрьевича, и их дальнейшую обработку.



Уткин П.С.

04.12.2023