

Отзыв
на автореферат диссертации
Способина Андрея Витальевича
«ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ
СВЕРХЗВУКОВЫМИ ПОТОКАМИ С ТВЁРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ»,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 1.1.9.
«Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертационная работа Способина А. В. посвящена вопросам разработки методов математического моделирования обтекания тел сверхзвуковыми запыленными потоками и исследованию механизмов воздействия двухфазных потоков на обтекаемую поверхность.

Первая глава содержит описание модели двухфазного ударного слоя, возникающего у поверхности затупленного тела при обтекании сверхзвуковым потоком газа с примесью твёрдых частиц. Во второй главе представлено развитие модели двухфазного ударного слоя, описанной в первой главе. Третья глава посвящена моделированию тепломассопереноса в разрушающейся под воздействием запылённого потока преграде, а также расчёту излучения частиц в двухфазном ударном слое. В четвертой главе представлена вычислительная модель движения одиночной крупной частицы в ударном слое в осесимметричной постановке. В пятой главе работы представлен метод адаптивных декартовых скользящих сеток для моделирования движения крупных частиц в ударном слое. В шестой главе рассмотрена модель движения крупных частиц в ударном слое, реализованная с помощью нового и перспективного бессеточного метода.

Актуальность. Процессы, возникающие при обтекании тел сверхзвуковыми двухфазными потоками, представляют большой интерес с точки зрения широкого ряда приложений, включающих в себя движение аппарата в запыленной атмосфере, функционирование ракетных твердотопливных двигателей, обработку и резку материалов. В связи с этим существует потребность в эффективных алгоритмах моделирования обтекания затупленного тела двухфазным потоком, разработке которых и посвящена данная диссертационная работа.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

20 02 2023

- **Научная новизна.** В диссертации разработаны алгоритмы численного моделирования динамики дисперсной фазы в сверхзвуковом запылённом потоке, позволяющие учесть столкновения частиц друг с другом, их вращение, отражение от находящихся в потоке тел, а также влияние дисперсной примеси на течение несущего газа.
- Построена вычислительная модель воздействия сверхзвукового запылённого потока на обтекаемое тело, включающая модели двухфазного ударного слоя, теплопереноса и эрозионного разрушения преграды, радиационного теплообмена между дисперсной фазой и обтекаемой поверхностью.
- исследована роль взаимодействия частиц, их вращения, а также влияния примеси на течение несущего газа с точки зрения силового и теплового воздействия на поверхность обтекаемой потоком преграды.
- 5. Разработана вычислительная модель и программное обеспечение для расчёта движения высокоинерционной частицы в сверхзвуковом ударном слое в осесимметричной постановке с использованием адаптивных декартовых сеток.

Достоверность и обоснованность представленных в диссертационной работе результатов обеспечивается строгостью математических постановок, разработкой адекватных физико-математических моделей, устойчивостью и сходимостью численных методов, тестированием вычислительных алгоритмов и программного обеспечения, сравнением результатов численных расчётов с данными натурных и стендовых экспериментов, аналитическими решениями, а также с результатами расчётных и теоретических исследований других авторов.

Работы автора широко обсуждались на конференциях и достаточно подробно освещены в публикациях автора, в частности, в 25 статьях в журналах, реферируемых Scopus и Web of Science или входящих в перечень ВАК.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в том, что разработанные методики численного моделирования и полученные результаты могут быть полезны при решении прикладных инженерных задач, возникающих при

разработке теплозащитных покрытий, предназначенных для работы с двухфазными потоками, и анализе методов эрозионной обработки материалов.

В качестве **замечания** можно отметить следующее:

1. Упомянутая в работе кольцевая импактная струя (например, Рис. 5.6) может соответствовать как III так и IV типу взаимодействия по классификации Edney, поэтому пики давления и теплового потока на поверхности могут быть даже выше, чем приведенные в работе.

Отмеченное замечание не снижает общую оценку высокого уровня проделанной работы, ее научной и практической значимости.

В целом, судя по автореферату, диссертация выполнена на высоком научном уровне и отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Ее автор, Способин Андрей Витальевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Главный научный сотрудник

ПАО «РКК «Энергия»

доктор физико-математических наук, доцент

17.02.2023

Алексеев Алексей Кириллович

141070, Московская область, г. Королёв, ул. Ленина, д. 4А

Тел. +7(495) 513-68-19

Эл. почта: post@rsce.ru

Подпись Алексеева А.К. заверяю

Ученый секретарь ПАО «РКК «Энергия»,

доктор физико-математических наук



Хатуицева Ольга Николаевна