

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Способина Андрея Витальевича  
«Численное моделирование обтекания тел сверхзвуковыми потоками с  
твердыми частицами», представленной к защите на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук по специальности 1:1.9 – Механика  
жидкости, газа и плазмы.

Задачи обтекания тел асимметричных форм гетерогенными потоками, а также задачи натекания таких потоков на плоские поверхности уже более сорока лет, начиная от первых статей представителей школы Ю.В. Полежаева, привлекают к себе внимание достаточно представительной группы исследователей. Разработаны несколько подходов к моделированию процессов обтекания тел сверхзвуковыми потоками с твердыми частицами. Сформулированные математические модели были ориентированы, в основном, на анализ характеристик процессов эрозионного разрушения материалов при воздействии гетерогенных, или как часто пишут «запыленных», потоков. Но почти все разработанные ранее математические модели не были автономными – для их использования была необходима эмпирическая информация, получаемая из специально проведенных экспериментов (например, «эффективная энтальпия эрозионного разрушения»), соответственно, эффективность использования таких моделей была и остается очень невысокой. В тоже время в реальной практике регулярно возникает необходимость оценки с максимально возможной достоверностью условий и характеристик эрозии материалов при воздействии сверхзвуковых потоков газа, содержащих твердые частицы малых размеров. По этим причинам тема диссертации А.В. Способина, целью которой является «разработка методов и средств математического моделирования обтекания тел сверхзвуковыми запыленными потоками и исследование механизмов многофакторного воздействия гетерогенных потоков на обтекаемую поверхность», безусловно актуальна.

Автор диссертации получил большую группу результатов, соответствующих современному критерию новизны. Наиболее значимыми, по мнению автора отзыва, являются следующие.

1. Математическая модель воздействия сверхзвукового запыленного потока на обтекаемое тело.
2. Вычислительные алгоритмы реализации разработанной математической модели.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«13» 02 2023 г.

3. Вычислительная модель газодинамического взаимодействия высокоинерционной частицы с ударным слоем на основе бессеточного алгоритма решения систем уравнений Эйлера и Навье-Стокса.
4. Программные коды, реализующие разработанные автором диссертации вычислительные алгоритмы и модели.
5. Результаты численного моделирования процессов теплового и динамического воздействия гетерогенного потока на преграду при поперечном обтекании цилиндра.
6. Вычислительная модель эрозионного разрушения преграды в гетерогенном потоке, основанная на использовании приближения эффективной энтальпии эрозионного разрушения и аппроксимации обтекаемой поверхности деформируемым многогранником.
7. Результаты численного моделирования радиационного теплообмена между поверхностью обтекаемого тела и дисперсной фазой.
8. Результаты численного моделирования газодинамического взаимодействия ансамбля крупных частиц, движущихся в ударном слое.

Достоверность полученных А.В. Способиным результатов обоснована сравнением результатов численного моделирования с данными натурных и стендовых экспериментов.

По содержанию автореферата есть два замечания.

1. Автор использует в тексте автореферата несколько определений потоков и сред, которые он исследовал (гетерогенный, двухфазный, запыленный). Термин «двухфазный поток» не является адекватным для смеси газа с твердыми частицами. Двухфазные потоки – это или смесь капель жидкости с ее парами, или смесь жидкости с пузырьками ее пара. По содержанию автореферата можно сделать вывод, что автор работал над решением задач, в которых дисперсной компонентой потока были только твердые частицы.
2. Ни в разделе «Научная новизна» автореферата, ни в разделе «Основные положения, выносимые на защиту» (общий объем пять страниц текста) нет ни одного числа, которое характеризовало бы факторное и функциональное пространства, в которых работал автор диссертации. Поэтому после изучения автореферата открытым остается вопрос об областях возможного обоснованного применения моделей, алгоритмов и кодов, разработанных А.В. Способиным.

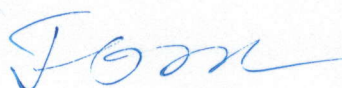
Сделанные замечания не снижают высокой в целом оценки научной и практической значимости диссертации А.В. Способина.

Результаты диссертационного исследования достаточно полно опубликованы в научных периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций.

На основании анализа содержания автореферата диссертации А.В. Способина «Численное моделирование обтекания тел сверхзвуковыми потоками с твердыми частицами» можно сделать обоснованное заключение о том, что она соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ №824 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018), а её автор Способин Андрей Витальевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Доктор физико-математических наук  
(01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника),  
Профессор Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова  
Инженерной школы энергетики  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»

26.01.2023



Кузнецов Гений Владимирович

Подпись Г.В. Кузнецова удостоверяю:

Ученый секретарь Национального  
исследовательского Томского  
политехнического университета

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д.30  
ФГАОУ ВО НИ ТПУ, тел.: 8 (3822) 60-63-33,  
[tpu@tpu.ru](mailto:tpu@tpu.ru); <http://www.tpu.ru>  
E-mail: [marisha@tpu.ru](mailto:marisha@tpu.ru)  
тел.: 8(3822)60-62-48



Кулинич Е. А.