

## Отзыв

члена диссертационного совета Исаева Сергея Александровича  
на диссертацию Савеловой Карины Эдуардовны на тему «Регулярное и маховское  
отражение газодинамических разрывов с энерговыделением»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы

В диссертационной работе К.Э. Савеловой исследуется отражение скачков уплотнения и образующаяся при этом ударно-волновая структура в условиях, когда повышение температуры на главном (маховском) скачке (наиболее существенное в образующемся поле течения) может привести к импульсному энерговыделению изменению химического состава газовой смеси, то есть, по существу, к детонационным эффектам.

Высокая **актуальность** представленной работы связана с развитием аэрокосмической техники, совершающей полеты с высокими сверхзвуковыми скоростями, и разработкой реактивных двигателей для осуществления таких полетов. В частности, проведенный автором анализ ударно-волновых структур течений с маховским отражением может использоваться при конструировании сверхзвуковых воздухозаборников перспективной авиационной и ракетной техники, анализе сверхзвуковых струйных и сопловых течений, в том числе – течений реагирующих газовых смесей. Кроме того, в диссертационной работе обсуждается возможность реализации перспективного прямого реактивного двигателя, в котором самая высокотемпературная часть газовой смеси претерпевает детонационные превращения, а поток за системой косых скачков, имеющий более низкую температуру, используется по схеме «классического» воздушно-реактивного двигателя. Представленный набор возможных инженерных приложений позволяет говорить о существенной **практической значимости** представленного (преимущественно теоретического) исследования при условии продолжения работ и их перевода на более высокий уровень готовности технологии.

**Научная новизна** представленной работы, в первую очередь, заключается в том, что автор, совместно со своим научным руководителем М.В. Чернышовым, впервые исследовал влияние возможного импульсного энерговыделения на переход от регулярного отражения к маховскому и на параметры ударно-волновой структуры сверхзвукового газового течения в целом. В частности, автору диссертации удалось получить критерий смены типа отражения косых скачков, соответствующий «классическому» критерию фон Неймана для течений совершенного нереагирующего газа, но относящийся к течению

реакционноспособных газовых смесей с возможностью импульсного энерговыделения на главном скачке. Установлено, что возможность импульсного энерговыделения и уменьшение показателя адиабаты, обусловленное изменением химического состава, смещает критерий фон Неймана (точнее, его аналог) в сторону более слабых падающих скачков, которые в нереагирующем газе отражаются только регулярно. Кроме того, эти эффекты заметно увеличивают размеры главного скачка, высоту образующейся тройной точки. Полученные результаты вносят существенный вклад в теорию взаимодействия газодинамических разрывов, развиваемую в нашей стране, главным образом, учениками покойного профессора Владимира Николаевича Ускова, и свидетельствуют о существенной **научной значимости** диссертационной работы. Эти теоретические результаты согласованы с данными существовавших ранее приближенно-аналитических моделей течений с маховским отражением, с результатами численных экспериментов, проведенных как соискателем, так и другими авторами, а также с известными экспериментальными данными, что позволяет сделать вывод об их **достоверности**.

Результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих научных журналах (в частности, в изданиях первого и второго квартала международных баз данных SCOPUS и Web of Science, а также в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России), доложены не менее чем на 20 конференциях, конгрессах, симпозиумах и семинарах высокого научного уровня, что позволяет сделать вывод о достаточной степени апробации работы. Тем не менее, при чтении работы К.Э. Савеловой возникают следующие вопросы и замечания:

1. Для получения аналитических и численных результатов автором используется модель стационарной детонации Чепмена-Жуге. При этом в диссертационной работе не обсуждается вопрос, в какой степени на получаемые результаты влияет переход к более современным моделям газовой детонации.

2. Недостаточное внимание уделено возможностям тепловой защиты высоконагруженных рабочих поверхностей обтекаемых тел, воздухозаборников, сопловых аппаратов и возможности управления тепловыми нагрузками с помощью анализируемых ударно-волновых структур.

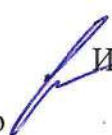
Вышеуказанные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы, но должны быть учтены впоследствии, при продолжении цикла исследований, осуществляемых автором, его научным руководителем и в целом научной группой, формирующейся в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

**Общий вывод.** Диссертация Савеловой Карины Эдуардовны на тему «Регулярное и маховское отражение газодинамических разрывов с энерговыделением» соответствует



основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Савелова Карина Эдуардовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,  
заведующий лабораторией фундаментальных  
исследований Санкт-Петербургского государственного  
университета гражданской авиации,  
доктор физико-математических наук по специальности 01.02.05 механика  
жидкости, газа и плазмы, профессор



Исаев Сергей Александрович

27 ноября 2024 года

Подпись профессора Исаева С.А. заверяю

Проректор по научной и  
инновационной работе



Г.А. Костин