

## **ОТЗЫВ**

**члена диссертационного совета на диссертацию Доброва Юрия Владимировича на тему: «Исследование нестационарного теплового потока на поверхности обтекаемого тела в условиях локального энергоподвода», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.9  
Механика жидкости, газа и плазмы**

В диссертации Доброва Юрия Владимировича проводится экспериментальное и численное исследование динамики локального теплового потока на поверхности обтекаемого клина после локального энергоподвода в сверхзвуковой поток. Во введении диссертации обоснована актуальность работы, указаны цели и задачи исследования, приведено описание полученных результатов, выносимые на защиту положения, указан личный вклад автора работы, теоретическая и практическая значимость проводимого исследования, достоверность результатов и апробация работы.

В первой главе диссертации проделан обзор литературы по исследованию влияния локального энерговложения в поток на аэродинамику различных тел. Описаны современные работы по исследованию нестационарных тепловых потоков и различные анизотропные преобразователи тепловых потоков. Также рассмотрена возможность применения интерферометрии для исследования температуры газа после разряда.

Вторая глава посвящена описанию техники и методам проведения экспериментов: описана экспериментальная установка и методы обработки полученных экспериментальных данных. Приведено описание оборудования, используемого для визуализации обтекания тела в потоке, датчика теплового потока и разработанной методики по обработке сигнала датчика.

В третьей главе представлены результаты численного исследования обтекания клина сверхзвуковым потоком в условиях локального вложения энергии с помощью электрического разряда. Проведено численное моделирование энерговложения в сверхзвуковой поток воздуха с помощью электрического разряда, получены временные зависимости плотности теплового потока на поверхности обтекаемого клина, а также показано, что в результате взаимодействия следа разряда с ударной волной формируется вихревое течение, которое движется вдоль поверхности клина.

Четвертая глава посвящена обсуждению результатов экспериментального исследования. Показана зависимость пространственно-временной динамики распределения температуры в следе межэлектродного разряда; сделана оценка количества энергии, идущей на нагрев газа, проведено сравнение экспериментальных данных с результатами численного моделирования.

В диссертации Доброва Юрия Владимировича получены результаты, имеющие самостоятельную научную и практическую ценность. Эти результаты отражены в положениях, выносимых на защиту.

По диссертации имеются следующие замечания и пожелания:

1. Автору следовало бы сформулировать результат на стр. 6, 7, связанный с получением вихря при взаимодействии ударной волны с плотностной неоднородностью, более детально, а именно:

«В результате численного расчета с использованием модели вязкого теплопроводного турбулентного газа было получено, что в случае хорошо обтекаемого тела при взаимодействии ударной волны с плотностной неоднородностью образуется вихрь, движущийся вдоль поверхности тела».

Помимо этого, в обзоре литературы следовало бы дать ссылку на работу: О.А. Азарова, В.Г. Грудницкий, Ю.Ф. Колесниченко. Численное исследование воздействия тонкого разреженного канала на сверхзвуковое обтекание тел с клиновидным выступом. Математическое моделирование, 2005, т. 17, № 10, с. 104 – 112, в которой вышеупомянутые вихри получены в несколько отличной постановке с использованием модели невязкого газа.

2. В обзоре литературы следовало бы упомянуть и более ранние работы В.А. Левина и П.Ю. Георгиевского, где рассматривался энергоподвод к заостренному телу, например, Georgievsky P.Y., Levin V.A. Effective Flow-over-body Control by Energy input Upstream. Paper AIAA-2003-38, p. 1-6.

3. На стр. 61 (рис. 3.3) приводятся граничные условия поставленной задачи. Автору следовало бы конкретизировать их в тексте.

4. На стр. 93 в выводах к Главе 4 следовало бы отметить вклад автора в получение в эксперименте вихревой структуры в результате воздействия горячей области, созданной разрядом, на головную ударную волну (рис. 4.14). Это тем более важно, что такой результат экспериментально получен впервые.

5. Работа содержит некоторые опечатки, неточности и погрешности стиля:

стр. 14: ссылка на работу [7] указана неверно;

стр. 48: опечатка в третьей формуле снизу, для  $\Delta\theta(\tau)$ ;

стр. 42, 57: стилевые неточности.

Приведенные замечания не снижают общую высокую оценку работы. Следует отметить, что диссертация Доброва Юрия Владимировича написана на высоком профессиональном уровне, автор использует современные технологии как для получения результатов, так и для их обработки. К достоинствам рассматриваемой диссертации следует отнести хорошее совпадение полученных экспериментальных и численных результатов (рис. 4.8, 4.9, 4.13). Особо следует отметить результаты, приведенные на рис. 4.17, где представлено сравнение экспериментальных данных по динамике плотности теплового потока на поверхности обтекаемого тела с результатами расчетов в 2D и 3D постановках, которое также показало их хорошую согласованность.

Диссертация Доброва Юрия Владимировича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение научной задачи, имеющей важное значение для развития методов управления потоком. Личный вклад автора при выполнении всех исследований, представленных в диссертации, не вызывает сомнений. Результаты соавторов в совместных статьях досконально проанализированы. Основные научные результаты работы опубликованы в рецензируемых журналах и в трудах конференций.

Диссертация Доброва Юрия Владимировича на тему: «Исследование нестационарного теплового потока на поверхности обтекаемого тела в условиях локального энергоподвода», соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Добров Юрий Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета,

Доктор физико-математических наук,

Ведущий научный сотрудник Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»



Азарова Ольга Алексеевна

Дата

24.10.2022г.

Подпись *О.А. Азаровой* заверяю  
ученый секретарь ФИЦ ИУ РАН  
д.т.н. В.Н. Захаров  
24 10 2022г.

