

ОТЗЫВ

Научного руководителя на выпускную квалификационную работу

Доброва Юрия Владимировича (ФИО)

по теме

«Исследование теплопередачи на аэродинамическом теле при локальном энерговыделении в сверхзвуковой поток»,

представленную по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» по основной образовательной программе МК.3004.2017

«Механика»

Выпускная квалификационная работа (ВКР) Доброва Ю.В. посвящена экспериментальному и численному исследованию газодинамических эффектов на аэродинамическом теле, обтекаемом сверхзвуковым потоком воздуха, в который локально подводится энергия. В качестве источника локального нагрева газа рассматривается импульсный межэлектродный разряд. Изучается влияние набегающего следа разряда на ударно-волновые структуры на теле, анализируется к каким изменениям в силовых и тепловых нагрузках приводит это взаимодействие.

Актуальность темы. Исследования влияния следа разряда на динамику силовых нагрузок на сверхзвуковом теле ведутся давно у нас в стране и за рубежом. Связано это с поиском альтернативных способов воздействия на сверхзвуковой поток с целью уменьшения аэродинамического сопротивления летательного аппарата, с разработкой новых средств управления аэродинамическим телом при высоких скоростях полета. Исследования многих авторов показывают, что с помощью разряда в сверхзвуковом потоке можно значительно уменьшить сопротивление тела, особенно плохо обтекаемой формы. Это изменение связано с существенной перестройкой течения газа около поверхности тела. Очевидно, что перестройка течения газа должна повлиять и на тепловые потоки. В настоящее время этот вопрос изучен не достаточно. Этим обусловлена актуальность исследований, проводимых автором ВКР.

Аргументированность и конкретность выводов. Достоверность и обоснованность полученных научных и практических результатов подтверждается использованием законов сохранения, обоснованных замыкающих соотношений и корректным применением математического аппарата, сравнением данных проведенных автором

работы экспериментов, с результатами численного моделирования. Полученные выводы могут быть использованы для усовершенствования методики эксперимента. Результаты экспериментальных исследований могут быть полезны при создании новой аэрокосмической техники.

Характеристика теоретико-методологической базы. Работа Доброва Ю.В. основана на применении известных методов газовой динамики в нестационарной постановке. Решение получено с помощью численных методов с использованием пакета программ ANSYS FLUENT в рамках модели совершенного вязкого газа. В экспериментах использованы обоснованные методики и общепринятые средства измерения.

Новизна выпускной квалификационной работы. Получены новые данные, которые показывают значительное влияние неоднородности сверхзвукового потока, созданной с помощью межэлектродного разряда, на перестройку течения около тела, и как следствие, изменение тепловых потоков на поверхности пластины, установленной под углом к направлению потока. При проведении физических экспериментов и численном моделировании показано, что на уровень тепловых потоков на модели влияет пространственное расположение разряда в потоке. Автором была предложена оригинальная методика измерения теплового потока на экспериментальной модели при помощи градиентного датчика теплового потока на основе монокристалла висмута. Проведены численные исследования течения газа, получено удовлетворительное совпадение результатов расчета с данными экспериментов. Показано, что взаимодействие следа разряда с ударной волной на пластине, установленной под углом к потоку, приводит к появлению вихревого течения около поверхности тела.

Положительные стороны работы. Добров Ю.В. активно участвовал на всех этапах подготовки и проведения исследовательской работы, показал себя знающим специалистом. Автор показал умение проводить научные исследования, самостоятельно осуществлять поиск необходимых данных в справочной и научной литературе. Автором ВКР получены новые данные по тепловому потоку на поверхности аэродинамического тела в условиях взаимодействия межэлектродного разряда со сверхзвуковым потоком. Материалы исследований доложены на 7-ти конференциях и опубликованы в 3-х научных статьях. Следует особо выделить ответственное отношение автора к работе.

Недостатки работы. (Может быть скорее рекомендации на будущее.)

1. Представленная работа требует более подробного структурирования. Было бы полезно в главах выделить параграфы, посвященные более конкретным вопросам.
2. В Главе 1 ВКР при рассмотрении результатов исследований, найденных

Добровым Ю.В. в научной литературе, следует представить более глубокий анализ данных других авторов.

3. Было бы полезно провести анализ погрешности проведенных измерений.
4. В Заключении ВКР делается вывод, что «...сделана оценка вкладываемой в нагрев газа энергии.», хотя в самой работе этот вопрос не затрагивается.

Общий вывод и оценка. Выпускная квалификационная работа аспиранта Доброва Юрия Владимировича отвечает требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам, и заслуживает оценки «отлично».

Научный руководитель
Доктор физ.-мат. наук,
Профессор кафедры Гидроаэромеханики
Валерий Александрович Лашков

