

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу
Кисловского Валентина Алексеевича
«Изменение сил на поверхности осесимметричного тела
конечного размера в сверхзвуковом потоке при выдуве
поперечной газовой струи»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Диссертационная работа Кисловского Валентина Алексеевича посвящена исследованию изменения интегрального значения сил на поверхности осесимметричного тела конечного размера в сверхзвуковом потоке при различных условиях выдува газовой струи с поверхности этого тела, а также рассмотрению влияния указанных изменений на динамику полета модельного летательного аппарата.

Известно, что применение газоструйных способов управления на летательных аппаратах ограничено, в частности, сложностью газодинамических процессов взаимодействия набегающего потока и струи, усложняющих определение точного управляющего воздействия. В диссертационной работе определены некоторые зависимости условий выдува на изменения интегрального значения поверхностной силы, вносящей корректировку в управляющее воздействие от выдува струи с поверхности осесимметричного тела обтекаемого сверхзвуковым потоком и предложена методика, позволяющая учитывать вносимые в результате выдува изменения при расчете динамики движения летательного аппарата.

Все это подчеркивает высокую научную и практическую актуальность темы диссертационной работы. Считаю, что диссертационная работа В.А. Кисловского является существенным шагом в развитии науки об управлении сверхзвуковым полетом.

Перечень **новых научных результатов**, полученных автором:

1. Определены зависимости интегральной силы на поверхности осесимметричного тела конечного размера в сверхзвуковом потоке при выдуве газовой струи, от параметров набегающего потока и параметров струи, а также размера и положения отверстия выдува.
2. Рассмотрена возможность влияния на моментные характеристики осесимметричного летательного аппарата с хвостовым стабилизатором, в целом, и консоли хвостового стабилизатора, в частности.
3. Исследована динамика полета летательного аппарата осесимметричной конфигурации с учетом управляющего воздействия поперечной газовой струи и перераспределения давления по поверхности летательного аппарата вследствие выдува.

Достоверность полученных результатов, приведенных в диссертации В.А. Кисловского, обеспечивается использованием многократно верифицированного метода численного моделирования с понятными условиями. Экспериментальная часть работы выполнена с использованием традиционных и достоверных методов измерения силовых нагрузок. Достоверность результатов численного моделирования также подтверждается путем сравнения с экспериментальными данными.

Научная и практическая значимость работы заключается в том, что результаты исследования содержат новые данные о зависимости интегральной силы на поверхности осесимметричного тела конечного размера в сверхзвуковом потоке от различных условий набегающего потока и выдуваемой струи, положения и размера отверстия выдува.

Полученные результаты могут быть применены при разработке систем управления, основывающихся на газоструйном способе воздействия.

Для решения одной из задач диссертационной работы была создана программа, которая может быть применена в учебном процессе студентов

вузов и аспирантов по соответствующим дисциплинам, а также в научных целях.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, приложения, списка обозначений и списка литературы из 100 наименований. Работа изложена на 111 страницах, содержит 62 иллюстрации, 6 таблиц, 21 формулу.

Во введении диссертантом обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования. Показана научная новизна и практическая значимость работы, перечислены положения, выносимые на защиту, результаты, краткое описание структуры диссертации.

В первой главе представлен литературный обзор реализованных систем управления, использующий газоструйный способ воздействия, основных особенностей течения, особенностей численного моделирования и результатов, полученных другими авторами по теме диссертационной работы. На основании анализа литературных данных сделаны выводы и определены основные направления необходимых исследований.

Во второй главе приведены результаты исследования путем численного моделирования влияния на величину интегрального значения силы образующейся на поверхности осесимметричного тела конечного размера при взаимодействии сверхзвукового потока с выдуваемой с поверхности этого тела струей различных случаев выдува. Рассмотрено влияние степени нерасчетности струи в диапазоне от $n = 200$ до $n = 3200$, влияние числа Маха в диапазоне $M = 1-6$ набегающего потока и струи, положения отверстия вдоль продольной оси обтекаемого тела и отношения диаметра отверстия выдува к диаметру модели в диапазоне от $d_j/D = 0,02$ до $d_j/D = 0,60$.

Также в этой главе представлены результаты исследования влияния последствий взаимодействия набегающего сверхзвукового потока со струей

на моментные характеристики стабилизатора осесимметричного летательного аппарата.

В конце главы приведено сравнение результатов численного моделирования и экспериментальных данных.

В третьей главе содержится описание методики расчета возмущенного движения летательного аппарата, описание программы основывающейся на предложенной методике и результаты траекторного расчета движения летательного аппарата при управляющем воздействии струей с учетом эффекта от перераспределения давления и без его учета.

В заключении сформулированы общие выводы, резюмирующие все проведенные исследования и анализ их результатов.

По содержанию работы имеются некоторые замечания:

1. В работе рассматривается большой спектр параметров, которые характеризуют как течение набегающего потока, так и выдуваемую струю. Однако, следует отметить, что не было оценено влияние как температурных параметров струи, так потока и стенки обтекаемого тела.
2. Несмотря на то, что автор использует известный пакет для моделирования газодинамики, следовало бы более детально представить важные моменты, связанные с верификацией. Утверждения автора, например (стр. 44), о «плохой», «приемлемой» и «хорошей» сеточной сходимости носят описательный характер и не дают представления о конкретных значениях.
3. В целом, результаты представлены в диссертации весьма наглядно. Это существенно облегчает восприятие работы и ее анализ, однако, к некоторым рисункам есть претензии. Так, например, неясно, что скрывается на рис. 2.4 под термином «область интенсивного изменения градиента скорости», рис. 2.5 мелковат и, в печатной версии диссертации, плохо читаем, масштаб

рисунка не всегда позволяет оценить количественные значения – рис. 2.21-2.22.

Указанные замечания не являются критическими и не влияют на общую высокую оценку научной и практической значимости полученных диссертантом результатов. Материал диссертации изложен последовательно и развернуто, доступным и ясным для понимания языком, хорошо иллюстрирован качественно оформленными рисунками. Основные научные результаты являются новыми. Результаты диссертации достаточно полно опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК (3 статьи) и представлены на международных и всероссийских конференциях (11 докладов), создана 1 программа для ЭВМ. Содержание автореферата и сформулированные в нем выводы полностью соответствуют представленным в диссертации результатам исследований. Публикации также отражают основные положения диссертации.

Тема диссертации соответствует указанной научной специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы. Выявленные диссертантом новые закономерности изменения аэродинамических характеристик осесимметричных летательных аппаратов при различных условиях выдува струи с поверхности этих летательных аппаратов и методика определения влияния этих изменений на динамику полета представляют собой в совокупности важное научное достижение в области развития газоструйных способов управления летательными аппаратами.

Считаю, что данная диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая отвечает всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Кисловский Валентин Алексеевич заслуживает присуждения

ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент

Заведующей лабораторией термогазодинамики

Федеральное государственное бюджетное

учреждение науки Институт теплофизики

им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения

Российской академии наук (ИТ СО РАН)

д.ф.-м.н., профессор РАН

Герехов Владимир Викторович

телефон: 8-913-486-3069.

Электронная почта: vt@itp.nsc.ru

Адрес: 630090, Россия,

г. Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, 1.

ИТ СО РАН

«08» сентября 2021 г.

Подпись Терехова В.В. удост

Ученый секретарь ИТ СО РАН

Макаров М.С.

Председателю
диссертационного совета
Д 003035.02
академику В.М. Фомину

ЛИЧНОЕ СОГЛАСИЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Я, **Терехов Владимир Викторович**, даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Кисловского Валентина Алексеевича на тему: «Изменение сил на поверхности осесимметричного тела конечного размера в сверхзвуковом потоке при выдуве поперечной газовой струи» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

О себе сообщаю:

Ученая степень, отрасли науки	д.ф.-м.н.
Научные специальности, по которым защищена диссертация	01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника
Ученое звание	
Академическое звание	Профессор РАН
Тел:	8-913-486-3069
E-mail:	vt@itp.nsc.ru
Должность	ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией
Подразделение организации	Лаборатория 2.2 Термогазодинамики
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук
Ведомственная принадлежность орг.	Министерство науки и образования РФ
Адрес служебный: Почтовый индекс, город, улица, дом	630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 1.
Web-сайт организации.	http://www.itp.nsc.ru ;
Телефон организации.	8 (383) 330-90-40
E-mail организации.	director@itp.nsc.ru

По теме рассматриваемой диссертации имею 9 научных работ, в том числе в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 работ):

№	Авторы	Название	Издательство, журнал, год, №, страницы	Вид, год
1	Chokhar, I.A., Ochered'ko, A.I., Pakhomov, M.A., Philippov, M.V., Terekhov, V.V.,	The turbulent flow structure in a wall jet blown through cylindrical holes into a transverse trench. Experiment and numerical simulation	Journal of Physics: Conference Series, 2020, Volume 1677, Issue 1, 012007	Статья, 2020
2	Sangadiev, A.L., Terekhov, V.V.	Application of lattice Boltzmann method for studying interaction dynamics of parallel plane minijets	Journal of Physics: Conference Series, 2020, Volume 1565, Issue 1, 012069	Статья, 2020
3	Philippov, M.V., Chokhar, I.A., Terekhov, V.V., Terekhov, V.I.	Flow evolution in the near field of a turbulent annular jet	Journal of Physics: Conference Series, 2020, Volume 1565, Issue 1, 01207011	Статья, 2020
4	Lemanov, V.V., Terekhov, V.V., Terekhov, V.I.	The heat transfer of round impinging jets	Journal of Physics: Conference Series, Volume 1382, Issue 1, 012021	Статья, 2019
5	Philippov, M.V., Chokhar, I.A., Terekhov, V.V.	Experimental study of interaction of two parallel circular jets	Journal of Physics: Conference Series, 2019, Volume 1359, Issue 1, 012019	Статья, 2019
6	Barsukov, A.V., Philippov, M.V., Chokhar, I.A., Terekhov, V.V.	Large eddy simulation of two parallel round jets	Journal of Physics: Conference Series, 2019, Volume 1359, Issue 1, 012020	Статья, 2019
7	Filippov, M.V., Chokhar, I.A., Terekhov, V.V.	The influence of the jets configuration on the intensity of their mixing	Journal of Physics: Conference Series, 2018, Volume 1128, Issue 1, 012029	Статья, 2018
8	Lemanov, V.V., Terekhov, V.I., Terekhov, V.V.,	Heat transfer of impinging jet at low Reynolds number	ИТС 2018; Beijing; China; 10 August 2018, p. 5501-5508	Труды конференции, 2018
9	Terekhov, V.V., Terekhov, V.I.	Effect of surface permeability on the structure of a separated turbulent flow and heat transfer behind a backward-facing step	Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 2017, 58(2), p. 254–263	Статья, 2017

Не являюсь членом экспертного совета ВАК

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело соискателя и их дальнейшую обработку.

09.03.2021

Терехов В.В.

Подпись Терехова В.В. з
Ученый секретарь ФГБУ
теплофизики им. С.С. Ку
к.ф.-м.н.

Макаров М.С.