

Отзыв официального оппонента

доктора физико-математических наук Ершова Игоря Валерьевича на диссертацию Семенова Александра Николаевича «Численное моделирование малых возмущений в сверхзвуковом пограничном слое», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

1. Оценка актуальности темы диссертационного исследования

Актуальность темы диссертационной работы связана с развитием авиационно-космической техники. К числу таких проблем относятся: задачи влияния ламинарно-турбулентного перехода на аэродинамические характеристики летательных аппаратов, снижение сопротивления и теплозащита таких аппаратов. Возможными выгодами от ламинаризации поверхности являются увеличение аэродинамического качества, уменьшение шума, увеличение дальности полета и грузоподъемности летательных аппаратов.

Диссертационная работа посвящена численному исследованию восприимчивости и развития возмущений в двумерной и трехмерной постановке для пограничных слоев на плоской пластине при сверхзвуковых скоростях потока. Известно, что при решении такого класса задач возникает ряд проблем, обусловленных эволюцией возмущений в пограничных и ударных слоях. Поэтому исследования развития и совершенствования методов управления возмущениями в сверхзвуковых и гиперзвуковых пограничных слоях являются актуальными.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и практических рекомендаций, сформулированных в диссертации

Во Введении диссертации приводится обзор теоретических, численных и экспериментальных работ по управлению возмущениями в сверхзвуковых и гиперзвуковых пограничных слоях и обоснована актуальность работы. Сформулированы цели и задачи работы, отражена научная новизна и практическая значимость результатов, дано краткое содержание диссертации.

В первой главе описан эволюционный метод решения задачи устойчивости пограничного слоя. Этот метод применен для исследования влияния направленного вдува на наиболее растущие волны при числе Маха $M=2$. Во второй главе приводятся исследования восприимчивости и развития возмущений в сверхзвуковом пограничном слое под действием внешних акустических возмущений при числе Маха $M=2$. В третьей главе представлены исследования развития искусственных возмущений, вводимых периодически от одного или двух источников в пограничный слой при числе Маха $M=2,5$. В четвертой главе исследуется развитие единичного пакета возмущений в сверхзвуковом пограничном слое при числах Маха $M=2$ и $2,5$.

При решении поставленных задач А.Н. Семенов применял общепринятые физико-математические модели течений, провел анализ и верификация полученных результатов с данными других авторов.

3. Достоверность, новизна и практическая значимость исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов диссертации базируется на сопоставлении полученных в ней данных с экспериментальными и расчетными данными других авторов. **Научная новизна** полученных результатов определяется следующим. Впервые применен эволюционный метод для решения двумерной задачи об устойчивости пограничного слоя, основанный на развитии возмущений во времени. Исследовано влияние направления вдува газа через пористую поверхность на устойчивость сверхзвукового пограничного слоя. Численно исследовано взаимодействие произвольно ориентированной в пространстве медленной акустической волной и сверхзвукового пограничного слоя с помощью прямого численного моделирования. С помощью прямого численного моделирования получены новые данные о развитии малых возмущений вниз по потоку внутри пограничного слоя от одного или двух источников периодических возмущений. Впервые прямым численным моделированием исследовано линейное развитие локализованного в пространстве и времени единичного возмущения в сверхзвуковом по-

граничном слое при $M=2$. **Научная и практическая значимость** работы определяется тем, что полученные в ней результаты расширяют представления об управлении возмущениями в сверхзвуковых и гиперзвуковых пограничных слоях.

4. Соответствие диссертации и автореферата требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней

Представленная диссертация и автореферат А.Н. Семенова соответствует установленным требованиям к специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, а полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам. Оформление диссертации удовлетворяет требованиям ВАК. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

5. Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

Во Введении к диссертации и в автореферате автор приводит информацию о своем личном вкладе в разработку рассматриваемой им научной проблемы. Отмечено, что автор самостоятельно в рамках эволюционного метода разработал алгоритм, создал программу и провел исследование влияния направления вдува газа через пористую поверхность на устойчивость сверхзвукового пограничного слоя. Самостоятельно провел прямое численное моделирование задач о развитии малых возмущений в сверхзвуковом пограничном слое. Активно участвовал в работе по постановкам исследуемых задач, анализе результатов и в подготовке публикаций по теме диссертации.

6. Оценка содержания диссертации, её завершенности, подтверждение публикаций автора

Диссертация А.Н. Семенова содержит совокупность новых научных результатов и положений в соответствии с заявленными целью и задачами и имеет внутреннее единство. Ее оформление соответствует требованиям, устанавливаемым Министерством образования и науки Российской Федерации. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 8 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях из перечня ВАК в течение 2015-2020 го-

дов, а также представлены в материалах 13 различных всероссийских и международных конференций по специальности диссертанта за тот же период.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, высказать мнение о научной работе соискателя в целом

Содержание диссертации А.Н. Семенова отражает и систематизирует объем проделанных диссертантом исследований, изложенных в его публикациях по разрабатываемой теме. Эти комплексные исследования включают в себя вычислительную работу, анализ и обобщение существующих экспериментальных данных, а также расчеты, выполненные на высоком научно-техническом уровне с применением современных численных методов и специализированных прикладных пакетов программ.

В диссертации содержится решение заявленных задач восприимчивости и развития возмущений в двумерной и трехмерной постановке для пограничных слоев на плоской пластине при сверхзвуковых скоростях потока. Перечисленные результаты диссертации – новые, а работа имеет практическую значимость.

В представленной работе я не смог найти принципиальных недостатков. Тем не менее, определенные, на мой взгляд, недочеты присутствуют.

1) Стр. 27 – Автор пишет *«Исходными уравнениями возмущений в сверхзвуковом пограничном слое являются, хорошо известны уравнения Навье - Стокса, неразрывности, энергии и состояния...»*, при этом в тексте приводятся уравнения для полных значений гидродинамических переменных.

2) Стр. 28 – В системе уравнений (1) присутствуют слагаемые, содержащие вязкость μ , при этом автор ничего не говорит о том, в рамках какой температурной модели описывается вязкость и учитываются ли в рассматриваемой задаче температурные пульсации вязкости.

3) Стр. 32 – Автор пишет *«Значение ω определялось по формуле*

$$\omega = -\frac{1}{iN 2\Delta} \ln \left(\frac{\pi^{n+N}}{\pi^n} \right) \text{»},$$

при этом в тексте работы автор не указывает, какие значения может принимать индекс N .

4) Стр. 62 – Автор пишет «Газ задавался как идеальный со значением теплоемкости $C_p=1006.43$ Дж/Кг·К, теплопроводность согласно кинетической теории, вязкость по Сазерленду». Тогда здесь возникает следующий вопрос. А как именно по кинетической теории задавалась теплопроводность – через формулу, содержащую Ω -интегралы, или с помощью соотношения Эйкена?

5) В работе присутствуют опечатки и неточности, а именно:

а) Стр. 29 – В системы (1) в уравнении энергии автор использует для возмущения температуры обозначение Θ' , при этом ранее на стр. 28 он ввел для этой величины обозначение θ' .

б) Стр. 31 – В системе (5) в уравнении состояния для пульсации давления π присутствуют обозначения r , ρ и T , которые ранее в тексте диссертации нигде не были определены. Отметим, что это уравнение для π из (5) и обозначения r , ρ и T в нем далее также используется при построении численной схемы (6а), (6б) (см. стр. 32).

в) Стр. 41 – Автор пишет «На рис. 1.8 показано как изменяется степень нарастания в зависимости от волнового числа α ... Красная линия показывает тангенциальный вдув и зелеными кружками отмечены точки без вдува», однако в бумажной версии диссертации этот рисунок представлен в черно-белом формате.

г) Стр. 57 – Автор пишет «На рис. 2.12 приведены результаты расчетов при трех значениях частоты 20кГц, 30кГц и 40 кГц, что сиротствует частотным параметрам...», вероятно, слово «сиротствует» должно быть заменено на «соответствует».

б) Общее замечание по оформлению текста диссертации следующие. По тексту всей диссертации за исключением описания Главы 3 автор использует в качестве разделителя в десятичных дробях точку, при изложении же Главы 3 – запятую (см., например, стр. 73, 76, 77, 81, 82). При этом на всех рисунках в диссертации используется точка в качестве разделителя в десятичных дробях (см., например, рис. 3.2 – 3.13).

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

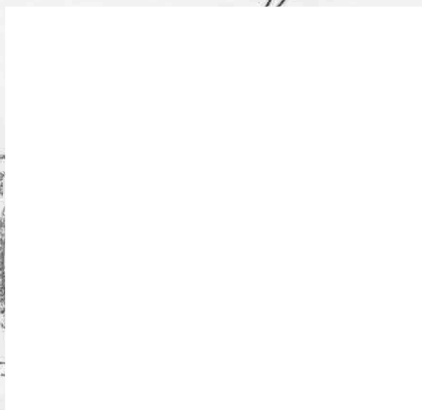
Таким образом, диссертация А.Н. Семенова является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретико-практические рекомендации, расширяющие возможности применения современных численных методов и прямого численного моделирования в изучении проблем управления возмущениями в сверхзвуковых и гиперзвуковых пограничных слоях. Совокупность результатов работы можно квалифицировать как существенный вклад в области управления возмущениями в сверхзвуковых и гиперзвуковых пограничных слоях, что соответствует требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук, доцент,

профессор кафедры математики и физики

Новосибирского государственного аграрного университета



Ершов Игорь Валерьевич

«17» февраля 2021г.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Кафедра математики и физики

630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

Раб. тел.: 8 (383) 267-39-11; 8 (383) 349-13-95 Моб. тел.: 8 (961) 847-44-19

E-mail: i_ershov@ngs.ru

URL: <https://sites.google.com/site/ivershov2011/>

Специальность: 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Председателю
диссертационного совета
Д 003035.02
академику В.М. Фомину

ЛИЧНОЕ СОГЛАСИЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Я, **Ершов Игорь Валерьевич**, даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Семенова Александра Николаевича на тему: Численное моделирование малых возмущений в сверхзвуковом пограничном слое 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	01.02.05- механика жидкости, газа и плазмы
Ученое звание	профессор
Тел:	+7 (383) 266-42-60
E-mail:	i_ershov@ngs.ru
Должность, подразделение	Профессор, кафедра математики и физики
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский государственный аграрный университет
Адрес служебный: Почтовый индекс, город, улица, дом	630039, СФО, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160,
Web-сайт организации.	http://www.nsau.edu.ru
Телефон организации.	+7 (383) 267-38-11
E-mail организации.	rector@nsau.edu.ru

По теме рассматриваемой диссертации имею 204 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	Grigoryev Yu.N., Ershov I.V.	Linear stability of the boundary layer of relaxing gas on a plate	Fluid Dynamics, V. 54(3), Стр. 295-307	Статья 2019
2	Grigoryev Yu.N., Ershov I.V.	Asymptotic estimate of stability of a supersonic boundary layer on a plate under condition of vibrational excitation of a gas	Fluid Dynamics, V. 54(8), Стр. 1020-1037	Статья 2019
3	Grigoryev Yu.N.,	Asymptotic theory of a neutral	J. Appl. Mech. Phys.	Статья 2017

	Ershov I.V.	stability of the Couette flow a vibrationally excited gas	V. 58. Issue 1. Стр 1-16.	
4	Grigoryev Yu.N., Ershov I.V.	Linear stability of supersonic Couette flow of a molecular gas under the conditions of viscous stratification and excitation of the vibrational mode	Fluid Dynamics, V. 52(1), Стр. 9-24	Статья 2017
5	Grigoryev Yu.N., Ershov I.V.	Linear stability of the Couette flow of a vibrationally excited gas.2. Viscous problem	J. Appl. Mech. Phys. V. 57. Issue 2. Стр 247-257	Статья 2016

Не являюсь членом экспертного совета ВАК

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

Дата 15.10.2020


/ Эршов И.В. /