

## Отзыв

на автореферат диссертации Семенова Александра Николаевича

**«Численное моделирование малых возмущений в сверхзвуковом пограничном слое»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «механика жидкости газа и плазмы».

Специальность рецензента: 01.02.05 «механика жидкости газа и плазмы»

Проблема перехода ламинарного движения жидкости в турбулентное является фундаментальной проблемой современной теоретической и экспериментальной физики и математики, так как лежит в основе конструирования многочисленных теоретических моделей этого явления и его практических приложений: повышение эффективности работы многочисленных устройств, в основе которых лежит использование движения газа или жидкости. Эта проблема все еще не решена до конца и требует углубленного изучения.

Данная работа посвящена численному исследованию восприимчивости сверхзвукового пограничного слоя и развития возмущений в двумерной и трехмерной постановки задачи для пограничных слоев на плоской пластине при сверхзвуковых скоростях потока в переходной области. Решены следующие задачи:

1. влияние направленного вдува на наиболее растущие волны при числе Маха  $M = 2.4$ ;
2. взаимодействие внешней произвольно-ориентированной в пространстве медленной акустической волны и сверхзвукового пограничного слоя при  $M = 2$ ;
3. развитие синусоидальных по времени возмущений, распространяющихся от одного и двух источников в сверхзвуковом пограничном слое при числе Маха 2 и 2,5;
4. развитие единичного, локализованного в пространстве и времени, возмущения в сверхзвуковом пограничном слое при  $M = 2$  и 2,5.

Указанные задачи характеризуются оригинальной постановкой и четкостью в формулировках полученных результатов. Автором разработан и реализован алгоритм численного решения нестационарных уравнений Навье-Стокса для малых возмущений на фоне известного аэродинамического потока. При этом результаты решения нестационарной задачи сопоставляются с известными результатами теории устойчивости, что позволяет автору оценить точность вычислений и выявить практическую направленность получаемых результатов.

Методологически единообразно получен ряд новых результатов: выявлена зависимость поведения волн неустойчивости от направления вдува, отмечается множественность образования волновых пакетов в зависимости от длительности действия источника возмущений, рассмотрено взаимодействие возмущений в пограничном слое с произвольно направленной медленной акустической волной, детально описана динамика уединенного волнового пакета, созданного точечным источником возмущений.

Результатами диссертационной работы могут воспользоваться специалисты, работающие над проблемами уменьшения сопротивления, управления теплопередачей, конструирования инженерных моделей обтекания тел газом или жидкостью, содержащих

переходные явления, а также теоретики, изучающие проблему перехода от ламинарного движения жидкости или газа к турбулентному.

К недостаткам работы следует отнести:

- 1) некоторую схематичность постановки задачи взаимодействия акустической волны с пограничным слоем, так как не ясно, как в рассмотренной постановке задачи учитывается отражение звуковой волны от твердой границы потока и ее возможной канализации в связи с неоднородностью течения в пограничном слое вблизи стенки;
- 2) было бы интересно также определить изменение завихренности и полной энергии внутри пограничного слоя за счет его взаимодействия с акустической волной, что представляет важную информацию при изучении сжимаемого турбулентного пограничного слоя.

Представленный автореферат позволяет заключить, что диссертация Семенова Александра Николаевича является законченным научным исследованием и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а А. Н. Семенов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 — «механика жидкости, газа и плазмы».

Я, Жаров Владимир Алексеевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Жаров Владимир Алексеевич

Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие  
Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н. Е. Жуковского,  
НИО-8, сектор 52, д.ф.-м.н., В Н С.

140180 Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, 1.

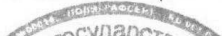
Р. т.: 8(498)484-25-10; М. т: 8 (926)531-92-06;

E-mail: [v\\_zharov@mail.ru](mailto:v_zharov@mail.ru)

08.02.2021

В. А. Жаров

Подпись В. А. Жарова подтверждаю,  
ученый секретарь диссертационного совета ЦАГИ Д 403.004.01  
д.ф.-м.н., доцент



— М. А. Брутян