

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Яцких Алексея Анатольевича** «*Экспериментальное исследование возбуждения и эволюции волнового пакета в сверхзвуковых пограничных слоях*», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы

Диссертационная работа Яцких Алексея Анатольевича посвящена изучению развития локализованных возмущений в сверхзвуковом пограничном слое плоской пластины и скользящего крыла. Эта тема напрямую связана с изучением ламинарно-турбулентного перехода в сверхзвуковых пограничных слоях и поэтому **актуальна**. **Новизна** работы заключается в том, что экспериментальным путем впервые получены данные по пространственной структуре локализованных возмущений (волновых пакетов) сверхзвукового пограничного слоя, генерируемых импульсным разрядом. Определены скорости распространения локализованных возмущений в двумерном и трехмерном пограничных слоях при числе Маха $M=2$. **Научная ценность** работы заключается в получении подробных данных по изучению пространственной структуры волновых пакетов, а также частотно-волновому анализу эволюции волнового пакета. **Практическая ценность** результатов исследований заключается в том, что полученные опытные данные могут быть использованы при проектировании систем управления пристенными высокоскоростными течениями. **Достоверность работы** обеспечивается использованием уникальной сверхзвуковой трубы Т-325, надежных апробированных методик и средств измерений. В работе проводится сравнение полученных экспериментальных данных с результатами других авторов. Свидетельством достоверности также являются публикации в рецензируемых научных журналах.

Диссертационная работа выполнена на 145 страницах и включает введение, четыре главы, заключение и список литературы. Во **введении** представлены: обзор работ по теме диссертации, актуальность работы, научная новизна и практическая значимость. Кроме этого во введении сформулированы цели работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, дано краткое содержание диссертации.

В **первой главе** дается описание экспериментального оборудования, методики проведения экспериментов, двух экспериментальных моделей (пластина и скользящее крыло) и подход к обработке экспериментальных данных.

Во **второй главе** представлены результаты экспериментального исследования влияния параметров тлеющего разряда на локализованные возмущения, возбуждаемые в сверхзвуковом пограничном слое пластины. В работе использованы две схемы зажигания импульсного разряда. Показаны результаты влияния параметров схемы зажигания на возбуждаемые в пограничном слое локализованные возмущения. Опыты показали, что при увеличении длительности импульсного воздействия на сверхзвуковой пограничный слой амплитуда генерируемых возмущений возрастает. В случае возрастания силы тока разряда, увеличивается амплитуда локализованных возмущений массового расхода.

Результаты экспериментального исследования эволюции контролируемых локализованных возмущений в сверхзвуковом пограничном слое пластины при числе Маха $M=2$ представлены в **третьей главе**. Проведены исследования при двух схемах возбуждения волнового пакета импульсным разрядом – длительный (~100 мкс) и кратковременный разряд (~25 мкс). Изучена пространственная структура волновых пакетов. Исследования показали, что процесс развития локализованных волновых пакетов в сверхзвуковом пограничном слое во многом аналогичен эволюции

локализованных возмущений в несжимаемом пограничном слое. Для случая кратковременного разряда проведен частотно-волновой анализ эволюции волнового пакета вниз по потоку. В результате показано, что нелинейное развитие проявляется, в основном, в высокочастотной части пакета, тогда как динамика низкочастотной составляющей волнового пакета согласуется с линейной теорией устойчивости.

В **четвертой главе** изложены результаты экспериментального исследования развития контролируемого волнового пакета в сверхзвуковом пограничном слое на модели скользящего крыла с углом скольжения 40° при числе Маха потока $M = 2$. Изучена пространственная структура волнового пакета, порожденного импульсным тлеющим разрядом (~ 25 мкс). Проведен частотно-волновой анализ эволюции волнового пакета вниз по потоку в пограничном слое крыла. Определены характеристики наиболее нарастающих вниз по потоку в сверхзвуковом пограничном слое скользящего крыла возмущений. Показано, что развитие искусственного волнового пакета удовлетворительно согласуется с линейной теорией устойчивости.

В **заключении** сформулированы основные выводы работы.

Диссертация содержит все атрибуты квалификационной работы. Содержание работы описано достаточно подробно, результаты экспериментов детально изложены. Материал диссертационной работы представлен достаточно ясно и хорошо проиллюстрирован рисунками. Все части работы логически связаны. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В работе отсутствуют опытные данные по развитию пограничного слоя на пластине в условиях без искусственных возмущений.
2. В 4 главе подразумевается, что в измеряемой области пограничный слой крыла является ламинарным, однако из текста это не следует.
3. К сожалению, в работе мало сопоставлений с экспериментальными данными других авторов.

Указанные недостатки, тем не менее, не умаляют значение представленной работы. В целом можно констатировать, что диссертация Яцких А.А. представляет собой законченную научную работу, а полученные в ней результаты соответствуют поставленным целям и задачам. Тема и содержание диссертации полностью соответствует научной специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы. Основные результаты диссертации опубликованы в 8 статьях в рецензируемых научных журналах и изданиях из перечня ВАК.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Яцких Алексей Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент

Старший научный сотрудник лаборатории термогазодинамики

к.т.н., с.н.с.

В.В. Леманов

телефон: +7 (383)316-53-35, E-mail: lemanov@itp.nsc.ru

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес организации: 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1. <http://www.itp.nsc.ru>, director@itp.nsc.ru, +7(383) 330-90-40, факс +7(383) 330-84-80.