

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Института
теоретической и прикладной механики
им. С.А. Христиановича СО РАН,
доктор физико-математических наук,
чл.-корр. РАН _____ А.Н. Шиплюк
«13» октября 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук по диссертации «Экспериментальное исследование влияния пористых покрытий на устойчивость и переход гиперзвуковых пограничных слоев» выполнена в лаборатории № 5 «Гиперзвуковых технологий» Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Лукашевич Сергей Валерьевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории № 5 «Гиперзвуковых технологий» в должности лаборанта и младшего научного сотрудника.

В 2004 г. окончил факультет летательных аппаратов Новосибирского Технического Государственного Университета по направлению Авиа- и ракетостроение. В 2006 г. поступил в аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2017г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: Шиплюк Александр Николаевич, член-корреспондент РАН, заведующий лаборатории №5 «Гиперзвуковых технологий», директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Диссертация посвящена экспериментальному исследованию влияния пористых покрытий на развитие естественных возмущений и ламинарно-турбулентный переход гиперзвуковых пограничных слоев на конусах при нулевом угле атаки.

2. Актуальность темы.

В настоящее время во многих странах мира ведутся разработки гиперзвуковых летательных аппаратов: HEXAFLY-INT (ЕС и Россия), SR-72 (США), DF-ZF (Китай), HSTDV (Индия) и т.д., при этом актуальной проблемой является снижение тепловой нагрузки и сопротивления аппарата. Ламинарно-турбулентный переход пограничного слоя приводит к увеличению аэродинамического нагрева поверхности и сопротивления трения гиперзвукового летательного аппарата, поэтому одной из важнейших задач является задержка ламинарно-турбулентного перехода гиперзвукового пограничного слоя. Увеличение ламинарного участка пограничного слоя позволит уменьшить как вес теплозащиты аппарата, так и его сопротивление.

Для управления гиперзвуковыми течениями наиболее интересно использование пассивных методов, когда производится изменение течения, повышающее его устойчивость к возмущениям потока. Наиболее перспективным в настоящее время пассивным методом является использование покрытий, поглощающих ультразвуковые возмущения. В теоретических и экспериментальных работах (Fedorov A.V., Malmuth N.D., Rasheed A, Hornung H. G) показано, что при помощи ультразвук-поглощающих покрытий (УПП) возможна стабилизация гиперзвуковых пограничных слоев. В качестве УПП используются пористые покрытия. Показано, что такие покрытия позволяют стабилизировать неустойчивые возмущения второй моды, вызывающие переход к турбулентности, и тем самым продлить ламинарный участок. Все эксперименты

проводились на моделях острых конусов. Поскольку реальные гиперзвуковые аппараты имеют затупленную переднюю кромку, необходимо исследовать влияния УПП на положение ламинарно-турбулентного перехода на моделях с различными затуплениями носовой части. Теоретически показано, что максимальный эффект стабилизации пограничного слоя достигается при оптимальной толщине пористого покрытия. Однако экспериментальных работ по исследованию влияния толщины УПП на его эффективность не проводилось. Интенсивное нарастание возмущений второй моды начинается на некотором расстоянии от носовой части гиперзвукового летательного аппарата. Следовательно, необходимо определить оптимальное положение и протяженность ультразвук-поглощающего покрытия.

Для применения метода стабилизации гиперзвуковых пограничных слоев при помощи УПП при проектировании перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов требуется провести исследования с целью определения параметров УПП, обеспечивающих максимальную протяженность ламинарного участка.

3. Научная новизна работы.

Впервые экспериментально показано, что применение УПП приводит к увеличению ламинарного участка гиперзвукового пограничного слоя на затупленном конусе.

Впервые экспериментально изучена зависимость эффективности стабилизации второй моды возмущений на остром конусе от степени пористости и толщины УПП. Показано, что существует оптимальная толщина, при которой УПП обладает максимальной эффективностью.

Впервые экспериментально исследовано влияние протяженности и положения УПП на естественные возмущения в гиперзвуковом пограничном слое острого конуса. Показано, что в зависимости от положения и протяженности УПП может как стабилизировать, так и дестабилизировать возмущения второй моды.

4. Достоверность результатов подтверждается сравнением с экспериментальными данными других авторов, полученными в различных аэродинамических установках, а также сравнением с результатами численного моделирования.

5. Научная и практическая значимость работы.

Научная ценность настоящей работы заключается в определении параметров пассивного пористого покрытия, при которых обеспечивается максимальное увеличение протяженности ламинарного участка гиперзвукового пограничного слоя на поверхности модели.

Практическая ценность результатов исследования заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы для уменьшения сопротивления и тепловых нагрузок при проектировании перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов.

6. Личный вклад автора заключается в разработке экспериментальных моделей и оборудовании их измерительными элементами, проведении экспериментальных работ, обработке и анализе полученных экспериментальных данных.

7. Автором представляется к защите:

Результаты экспериментального исследования влияния радиуса затупления носовой части конуса на эффективность стабилизации гиперзвукового пограничного слоя при помощи УПП.

Результаты экспериментального исследования влияния толщины и степени пористости УПП на стабилизацию возмущений второй моды в гиперзвуковом пограничном слое.

Результаты экспериментального исследования влияния положения и протяженности УПП на рост естественных возмущений в гиперзвуковом пограничном слое.

8. Апробация работы проведена в российских журналах «Механика жидкости и газа», «Письма в ЖТФ», «Прикладная механика и техническая физика», «Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского», и зарубежных журналах «AIAA Journal». Основные результаты диссертационной работы докладывались на российских и международных научных конференциях и семинарах. В том числе «Устойчивость и турбулентность течений гомогенных и гетерогенных жидкостей. (Новосибирск 2008)», «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии: Всеросс. конф. молодых ученых

(Новосибирск, 2009 г.)», «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики. XI Всероссийская школа-конференция молодых ученых (Новосибирск, 2010 г.)», «Студент и научно-технический прогресс. Физик: Материалы XLIX международной научной студенческой конференции (Новосибирск, 2011 г.)», «X Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Нижний Новгород, 2011 г.)», «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии: доклады IX Всероссийской конференции молодых ученых (Новосибирск, 2012 г.)», «Студент и научно-технический прогресс. Физика неравновесных процессов: Материалы 50-й юбилейной Международной научной студенческой конференции (Новосибирск, 2012 г.)», «Студент и научно-технический прогресс. Физика сплошных сред: Материалы 51-й Международной научной студенческой конференции (Новосибирск, 2013 г.)», «Волны и вихри в сложных средах: тезисы докладов Всероссийской [с международным участием] научной школы молодых ученых (Москва, 2012 г.)», «3rd European Conference for AeroSpace Sciences (France, Versailles, 2009 г.)», «AIAA Paper: 40th AIAA Fluid Dynamics Conference (Chicago, United States, 2010 г.)», «5th European Conference for Aeronautics and Space Sciences (EUCASS 2013) (Germany, Munich, 2013 г.)».

9. Публикации. Основные результаты диссертации представлены в 18 работах, в том числе в 6 публикациях в журналах из перечня ВАК РФ.

1. Бунтин Д.А., Лукашевич С.В., Маслов А.А., Шиплюк А.Н. Влияние затупления носовой части конуса и ультразвук-поглощающего покрытия на переход в гиперзвуковом пограничном слое // Известия РАН. Механика жидкости и газа. - 2010. - No. 6. - С. 74–81.
2. Лукашевич С.В., Морозов С.О., Шиплюк А.Н. Экспериментальное исследование влияния параметров пассивного пористого покрытия на развитие возмущений в гиперзвуковом пограничном слое // Письма в ЖТФ. - 2012. - Т. 38, No. 23. - С. 83–88.
3. Лукашевич С.В., Морозов С.О., Шиплюк А.Н. Экспериментальное исследование влияния пассивного пористого покрытия на возмущения в

- гиперзвуковом пограничном слое. 1. Влияние протяженности пористого покрытия // Прикладная механика и техническая физика. - 2013. - Т. 54, No. 4. - С. 68–73.
4. Лукашевич С.В., Морозов С.О., Шиплюк А.Н. Экспериментальное исследование влияния пассивного пористого покрытия на возмущения в гиперзвуковом пограничном слое. 2. Влияние положения пористого покрытия // Прикладная механика и техническая физика. - 2016. - Т. 57, No. 5. - С. 127–133. DOI: 10.15372/PMTF20160514.
 5. Шиплюк А.Н., Лукашевич С.В. Стабилизация гиперзвукового пограничного слоя с помощью пассивных пористых покрытий // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского: [X Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Нижний Новгород, 24–30 авг., 2011 г.)]. - 2011. - No. 4. - Ч. 5. - С. 2615–2616.
 6. Lukashевич S.V., Maslov A.A., Shipliyuk A.N., Fedorov A.V., Soudakov V.G. Stabilization of high-speed boundary layer using porous coatings of various thicknesses // AIAA Journal. - 2012. - Vol. 50, No. 9. - P. 1897–1904. DOI: 10.2514/1.J051377.

10. УЧИТЫВАЯ ВЫШЕИЗЛОЖЕННОЕ, ПОСТАНОВИЛИ:

Диссертация Лукашевича С.В. «Экспериментальное исследование влияния пористых покрытий на устойчивость и переход гиперзвуковых пограничных слоев» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Опубликованные по теме диссертации научные работы отражают ее содержание.

Диссертация «Экспериментальное исследование влияния пористых покрытий на устойчивость и переход гиперзвуковых пограничных слоев» Лукашевича Сергея Валерьевича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05. – механика жидкости, газа и плазмы.

Заключение принято на заседании семинара «Теоретическая и прикладная механика» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук.

На заседании присутствовали: чл.-корр. РАН Шиплюк А.Н., академик РАН Фомин В.М., д.т.н. Баев В.К., д.ф.-м.н. Козлов В.В., д.ф.-м.н. Гапонов С.И., к.ф.-м.н. Лукашов В.В.(ИТ СО РАН), д.т.н. Корнилов В.И., д.т.н. Лебига В.А., д.ф.-м.н. Запрягаев В.И., д.ф.-м.н. Косинов А.Д., д.ф.-м.н. Бойко В.М., к.т.н. Мажуль И.И., д.ф.-м.н. Поплавская Т.В., д.ф.-м.н. Поплавский С.В., д.ф.-м.н. Сидоренко А.А. и другие, всего 19 сотрудников с учёной степенью. Результаты голосования: "за" – 19 чел., "против" – 0 чел., "воздержалось" – 0 чел., протокол № 37 от 13 октября 2017 г.

Зам председателя семинара

Акад. РАН

В.М. Фомин

Секретарь семинара

к.ф.-м.н.

Е.И. Головнева