

«УТВЕРЖДАЮ»

директор Института
теоретической и прикладной механики
им. С.А. Христиановича СО РАН,
физических наук,

А.Н. Шиплюк

1 г

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация "Исследование возникновения и развития продольных вихрей и их вторичной неустойчивости на модели летающего крыла" выполнена в лаборатории №8 "Аэрофизических исследований дозвуковых течений" Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Каприлевская Валерия Станиславовна работала в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, в лаборатории №8 "Аэрофизических исследований дозвуковых течений" в должности старшего лаборанта с высшим профессиональным образованием.

В 2017г. окончила магистратуру физического факультета Новосибирского Государственного Университета по направлению "физика". В 2021 году заканчивает аспирантуру Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук по направлению 01.06.01 - Математика и механика.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2021 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтотом теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: Козлов Виктор Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лаборатории №8 "Аэрофизических исследований дозвуковых течений" 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 эффектов, которые возникают и развиваются при наличии различных элементов шероховатости в области благоприятного градиента давления на модели скользящего крыла, а также на модели трапециевидного летающего крыла. Кроме того проведено исследование по управлению течением с помощью отсоса пограничного слоя.

2. Актуальность темы.

В настоящее время беспилотная авиация широко используется как для нужд военных (разведка, перехват воздушных целей, создание радиопомех и т.д.), так и гражданских задач (наблюдение за объектами, доставка, воздушная фотография и т.д.). Интенсивное развитие беспилотной авиации приводит к конкурентной борьбе за характеристики летательных аппаратов. Для улучшения характеристик можно снизить сопротивление с помощью ламинаризации течения над обтекаемыми плоскостями. Этому также способствуют и малые числа Рейнольдса относительно пилотируемых самолетов. Так как большинство беспилотных летательных аппаратов имеют стреловидную форму, это приводит к появлению неустойчивости поперечного течения, которая в свою очередь при прочих неблагоприятных условиях может привести к быстрому ламинарно-турбулентному переходу.

Также частым случаем является расположение видеокамер и различного оборудования в центральной части на наветренной стороне беспилотных летательных аппаратов. Интересным выглядит возможность управления течением за такой шероховатостью с помощью отсоса пограничного слоя.

Поэтому данная работа посвящена экспериментальному исследованию эффектов, возникающих за элементами шероховатости, и борьбе с ними.

3. Научная новизна работы.

В работе получены следующие новые результаты:

- Установлено, что двумерная шероховатость локально дестабилизирует вторичные возмущения, зарождающиеся в набегающем стационарном возмущении;
- Получено, что наложение акустического поля с частотой 500 Гц приводит к интенсификации процессов перестроения масштаба продольных структур и к увеличению области с турбулентным режимом течения;

- Впервые проведено исследование обтекания наветренной стороны модели трапецевидного скользящего крыла с установленными на поверхности элементами шероховатости. При всех режимах обтекания обнаружено отклонение от нормали и искривление формы продольной структуры.;
- Показано, что на летающем крыле в отсутствие элементов шероховатости формируются продольные структуры, которые увеличиваются в поперечном размере с увеличением скорости набегающего потока;
- Исследовано влияние распределенного отсоса через перфорированный вкладыш на пространственное развитие стационарного возмущения от трехмерного элемента шероховатости в пограничном слое прямого крыла;
- Впервые с помощью отсоса пограничного слоя удалось убрать отрыв на крыле в области неблагоприятного градиента давления, а также снизить интенсивность стационарного возмущения на два порядка при включенном отсосе.

4. Достоверность результатов основана на использовании высокоточного оборудования и классических методик исследования устойчивости пограничного слоя. Относительно молодой метод визуализации с помощью жидкокристаллической пленки использовался совместно с проверенной временем и исследованиями термоанемометрией для правильной интерпретации данных.

5. Научная и практическая значимость работы заключается в получении новых научных данных о процессах происходящих на поверхности летающего крыла, представляющего собой модель современного беспилотного летательного аппарата. Исследования на наветренной стороне модели летающего крыла позволяют получить данные для реальных скоростей набегающего потока и реальных чисел Рейнольдса. Работа по управлению течением является как основой для дальнейшей экспериментальной деятельности, и также может использоваться для построения теории.

6. Личный вклад автора.

Автор принимал непосредственное участие в подготовке и проведении экспериментов. Также диссертант занимался обработкой и анализом данных, полученных в ходе экспериментов. Результаты были опубликованы автором в научных журналах и доложены на конференциях.

7. Автором представляется к защите:

- Методика жидкокристаллической термографии в приложении к исследованию продольных структур и нелинейного этапа развития вторичных возмущений;

- Методика определения области максимальной восприимчивости возмущений к положению элемента шероховатости;
- Экспериментальные данные о развитии продольных структур и вторичных возмущений за уединенным элементом шероховатости на поверхности летящего крыла;
- Результаты исследования влияния отсоса пограничного слоя на развитие продольной структуры за уединенным элементом шероховатости.

8. Апробация работы.

Основные результаты диссертационной работы докладывались на:

- Проблемы механики : теория, эксперимент и новые технологии (Новосибирск - Шерегеш, 2017, 2018,2019,2020, 2021 г.);
- XIX International Conference on the Methods of Aerophysical Research (ICMAR 2018) (Новосибирск, 2018 г.);
- 15th International Conference on Fluid Control, Measurements and Visualization (Italy, Naples, 2019);
- XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Уфа, 2019 г.);
- 15 Asian Symposium on Visualization (ASV-15), (Korea; Busan, 2019);
- IUTAM Symposium on Laminar-Turbulent Transition (UK, London, 2019);
- XXXVI Сибирский теплофизический семинар (Новосибирск, 2020 г.);
- XX International Conference on the Methods of Aerophysical Research (ICMAR 2020) (Novosibirsk, 2020);

9. Публикации.

По теме диссертации опубликовано 35 работ, в том числе 6 в научных изданиях, рекомендованных ВАК:

- 1) Tolkachev S.N., Kozlov V.V., Kaprilevskaya V.S. Influence of two-dimensional roughness element on boundary layer structure in the favourable pressure gradient region of the swept wing // Journal of Aerospace Engineering: Part G. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: 7 European Conference for Aerospace Sciences (EUCASS), (Milan, Italy, 03-06 Vol. 2017). – 2020. – Vol. 234 No.1. – P. 20-27. DOI: 10.1177/0954410019841776

2) Каприлевская В. С., Павленко А. М., Козлов В. В., Крюков А. В. Течение за трехмерным элементом шероховатости на модели стреловидного крыла // Теплофизика и аэромеханика. 2020, Т. 27, № 3. С. 337–346.

3) Павленко А. М., Каприлевская В. С., Катасонов М. М., Козлов В. В. Исследование течения за элементом шероховатости на поверхности БПЛА при благоприятном градиенте давления // Сибирский физический журнал. 2020. Т. 15, № 2. С. 61–72. DOI: 10.25205/2541-9447-2020-15-2-61-72

4) Kaprilevskaya V.S., Kozlov V.V. The investigation of influence of two-dimensional roughness element on the swept wing flow structure in favourable gradient region // AIP Conference Proceedings : XIX International Conference on the Methods of Aerophysical Research (ICMAR 2018. (Novosibirsk, Russia, 13–19 Aug., 2018.. –S.l.: AIP Publishing, 2018. –Vol. 2027, No. 1. – P. 040064(2018) DOI: 10.1063/1.5065338.

5) Каприлевская В.С., Толкачев С.Н., Козлов В.В. Исследование структуры течения за двумерной шероховатостью на скользящем крыле в области благоприятного градиента давления // Сибирский физический журнал. –2017. –Т. 12 №. 3. –С. 24-34. DOI: 10.25205/2541-9447-2017-12-3-24-34

6) Толкачев С.Н., Каприлевская В.С., Козлов В.В. Роль двумерной шероховатости в процессе ламинарно-турбулентного перехода в области благоприятного градиента давления на скользящем крыле // Вестник НГУ. Сер. Физика. –2014. –Т. 9 №. 4. –С. 65-73.

Учитывая вышеизложенное, постановили:

Диссертация Каприлевской Валерии Станиславовны "Исследование возникновения и развития продольных вихрей и их вторичной неустойчивости на модели летающего крыла" удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Диссертация является законченной научной работой, содержащей новые результаты по актуальной теме. Опубликованные по теме диссертации научные работы отражают ее содержание.

Диссертация Каприлевской Валерии Станиславовны "Исследование возникновения и развития продольных вихрей и их вторичной неустойчивости на модели летающего крыла" рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Заключение принято на заседании общеинститутского 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:

академик Фомин В.М., д.ф.-м.н. Козлов В.В., д.т.н. Лебига В.А, д.ф.-м.н. Федорова Н.Н., д.ф.-м.н. Бардаханов С. П., д.ф.-м.н. Катасонов М. М., к.ф.-м.н. Крюков А. В., к.ф.-м.н. Литвиненко Ю. А., к.ф.-м.н. Литвиненко М. В., к.ф.-м.н. Павленко А. М., д.ф.-м.н. Яковенко С. Н., д.ф.-м.н. Косинов А.Д., д.т.н. Зверков И. Д., д.т.н. Запрягаев В.И., д.ф.-м.н. Корнилов В.И., д.ф.-м.н. Гапонов С.А. и другие. Всего присутствовало 16 сотрудников с ученой степенью.

Результаты голосования: «за» 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол

Зам. председателя

Академик РАН

секретарь семинара

к.ф.-м.н.

Фомин В.М.

Головнева Е.И.