



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИИ
ИМ. С. А. ЧАПЛЫГИНА»

*к 155-летию со дня рождения С. А. Чаплыгина
и к 80-летию запуска в эксплуатацию аэродинамической трубы
Т-203 СибНИА*

XXII ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР СИБНИА

**АЭРОДИНАМИКА И ДИНАМИКА ПОЛЁТА
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

(Седова заимка, 13-16 марта 2024 г.)

МАТЕРИАЛЫ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА



Новосибирск — 2024

Программный комитет

Ф.И.О.	Должность	Должность, организация, учёная степень
Чемсгов В. Л.	Председатель	Научный руководитель института СибНИА им. С. А. Чаплыгина к.т.н., доцент
Зайцев В. Ю.	Заместитель председателя	Начальник «Отделения аэродинамики и динамики полёта летательных аппаратов» СибНИА им. С. А. Чаплыгина
Румянцев А. Г.	Учёный секретарь	Ведущий научный сотрудник, СибНИА им. С. А. Чаплыгина к.т.н.
Саломов С. Д.	Член оргкомитета	Заведующий кафедрой «Аэрогидродинамики» ФЛА НГТУ д.т.н., профессор
Обуховский А. Д.	Член оргкомитета	Заместитель заведующего кафедрой «Аэрогидродинамики» ФЛА НГТУ к.т.н., доцент
Скворцова А. А.	Член оргкомитета	Заместитель директора по научной работе ИТПМ СО РАН к.ф.-м.н.



АЭРОДИНАМИКА И ДИНАМИКА ПОЛЁТА
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

XXII ВСЕРОССИЙСКАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР СибНИА

(Седова заимка, 13-16 марта 2024 г.)

МАТЕРИАЛЫ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА

*к 155-летию со дня рождения С. А. Чаплыгина
и к 80-летию запуска в эксплуатацию аэродинамической трубы
Т-203 СибНИА*

УДК 629.7.015.3

ББК 39.5+30.124

А 992

А 992 **Аэродинамика и динамика полёта летательных аппаратов:** Материалы XXII Всероссийской школы-семинара СибНИА (Седова заимка, 13–16 марта 2024 г.). — Новосибирск: Изд-во ФАУ «СибНИА им. С. А. Чаплыгина», 2024. — 44 с.

ISBN 978-5-6043216-8-3

УДК 629.7.015.3

ББК 39.5+30.124

ISBN 978-5-6043216-8-3

© ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С. А. Чаплыгина», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

1. **Барсук В. Е., Гагаркина Е. С., Ершов А. О., Смирнов Д. Н., Чемезов В. Л., Шейфер С. В.** Перспективные исследования авиационной техники в ФАУ «СибНИА им. С. А. Чаплыгина» 6
2. **Беркон Г. А., Маркин В. В., Поливанов П. А.** Влияние формы фюзеляжа квадрокоптера на точность определения направления ветра 8
3. **Бирюков Г. В., Брагин Н. Н., Забродин А. В., Заварзина Е. А.** Экспериментальные исследования поля потока в области ГО на режиме посадки модели магистрального самолета в присутствии экрана 10
4. **Валиахметова О. С., Мухина Е. Ю., Писчасов В. М.** Расширение программного обеспечения для работы с данными результатов эксперимента в АДТ Т-203 11
5. **Варюхин А. Н., Власов А. В., Овдиенко М. А.** Оптимизация геометрических параметров винта летательного аппарата 12
6. **Волков А. И., Долотин М. В., Крутов А. А., Кузин С. А., Пигусов Е. А.** Экспериментальные исследования несущих свойств крыла с импеллерными движителями 13
7. **Волков А. И., Замаев В. С., Крутов А. А., Пигусов Е. А., Черноусов В. И.** Особенности обтекания пассажирского самолета двухфюзеляжной схемы 14
8. **Волков А. И., Крутов А. А., Пигусов Е. А., Филюшкин А. А.** Исследование особенностей обтекания хвостовой части овального фюзеляжа 15
9. **Гильманов А. М., Гильманова В. Д., Зайцев В. Ю., Мымрин В. А.** Определение аэродинамических характеристик на больших углах атаки методом баллистических испытаний динамически подобной летающей модели 16
10. **Гильманов А. М., Гильманова В. Д., Зайцев В. Ю., Мымрин В. А.** Определение облика скоростного самолета местных воздушных линий с гибридной силовой установкой 17
11. **Гильманов А. М., Гильманова В. Д.** Конспект докладов с международного конгресса по аэронавтике 2023 17
12. **Гильманов А. М., Гильманова В. Д., Мымрин В. А., Серьезнов А. Н.** Развитие компоновки «составного-замкнутого крыла» применительно к беспилотному сельскохозяйственному экранолету безаэродромного базирования 19

13. Гончаров М. М., Гилязев Д. И., Иванюшкин Д. С., Кажан В. Г., Курмаков Д. В., Павленко А. А., Паскевич Г. Н., Терешенко С. В. Расчётно-экспериментальные исследования аэродинамических характеристик скоростного беспилотного летательного аппарата на взлетно-посадочных режимах полёта.....	21
14. Гостеев Ю. А., Обуховский А. Д., Саленко С. Д. Снижение динамических ветровых нагрузок на пролетное строение балочного моста.....	23
15. Гулидова Ю. С., Зайцев В. Ю., Морозов М. В., Мыррин В. А., Петошин В. И., Чуфистов А. П. Особенности изменения боковых аэродинамических характеристик модели самолета ультракороткого взлета-посадки с активным обдувом струями от винтов несущих поверхностей.....	25
16. Гулидова Ю. С., Мыррин В. А., Петошин В. И., Чуфистов А. П., Шейфер С. В. Оценка характеристик управляемости по крену самолета короткого взлета-посадки с гибридной силовой установкой.....	25
17. Гулидова Ю. С., Мыррин В. А., Петошин В. И., Чуфистов А. П., Шейфер С. В. Устойчивость продольного движения самолета при наличии обдувки от воздушных винтов.....	26
18. Евдокимов С. Е., Яковлев В. В. Предложения по облику сельскохозяйственного беспилотного летательного аппарата.....	27
19. Зайцев В. Ю., Мухин П. Д., Писчасов В. М. Экспериментальная база отделения аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов СибНИА.....	27
20. Зайцев В. Ю., Марченко А. И., Никитин М. Г., Оревков П. П. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик воздушного винта.....	28
21. Маркин В. В., Поливанов П. А., Саленко С. Д., Сидоренко А. А. Влияние продольного вихря на характеристики турбулентного пограничного слоя.....	29
22. Мухин П. Д., Писчасов В. М. Совершенствование методов исследования аэродинамических характеристик моделей летательных аппаратов в аэродинамической трубе Т-203 СибНИА, в том числе расширение номенклатуры контрольных моделей, методов определения поправок, вносимых в результаты испытаний с учетом дальнейшего увеличения удлинения крыльев исследуемых перспективных самолетов.....	31
23. Румянцев А. Г. Влияние работы расположенного в районе закрылка винтового движителя на аэродинамические характеристики крыла.....	32

24. Румянцев А. Г., Фонин С. А. Влияние установки импеллера, расположенного в районе закрылка, на аэродинамические характеристики летающей лаборатории ЛЛ-29.....	33
25. Румянцев А. Г. Влияние обдувки на аэродинамические характеристики отсека крыла при изменении параметров и положения винтового движителя.....	34
26. Румянцев А. Г. Экспериментальные исследования отсека крыла в крейсерской конфигурации с обдувкой воздушными винтами.....	36
27. Румянцев А. Г., Чубриков А. А. Формирование аэродинамической компоновки легкого скоростного самолета МВЛ.....	37
28. Акимов М. А., Поливанов П. А. Численное исследование динамического отрыва на толстом и тонком профилях при числах Рейнольдса 10^4 – 10^5	38
29. Борисова В. Г., Силантьев В. А., Чубриков А. Е. Поискные исследования в области отработки аэродинамической компоновки сверхзвукового гражданского самолёта.....	40
30. Гулидова Ю. С., Мыррин В. А. Экспериментальные исследования скоростного самолёта МВЛ.....	42

Самым сложным в данной работе является снижение аэродинамического сопротивления фюзеляжа, т.к. в этом случае накладываются сильные конструктивные ограничения, а именно размеры пассажирской и пилотской кабины, габариты и расположение двигателей, аккумуляторов, вспомогательного оборудования и т.п.. Именно эти ограничения снижают возможности вариации геометрии фюзеляжа, поэтому в работе было рассмотрено несколько вариантов геометрии фюзеляжа и выбран вариант с наименьшим сопротивлением. В процессе расчётов учитывался тот факт, что расположенный в хвостовой части воздушный винт будет несколько увеличивать аэродинамическое сопротивление фюзеляжа. Поэтому при сравнении вариантов рассматривалось лобовое сопротивление с учётом и без работы воздушного винта и выбирался вариант с наименьшим сопротивлением по двум позициям.

В процессе работы так же спроектирована взлётно-посадочная механизация крыла самолёта, выбрана геометрия и углы отклонения элеронов и рулей направления, и высоты.

Были проведены расчётные исследования полученной компоновки. Показано, что самолёт обладает высокими несущими свойствами, малым сопротивлением и высоким аэродинамическим качеством в данном классе самолётов. Получены аэродинамические и лётно-технические характеристики самолёта, которые полностью удовлетворяют поставленной задаче.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ОТРЫВА НА ТОЛСТОМ И ТОНКОМ ПРОФИЛЯХ ПРИ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА 10^4 - 10^5

*Акимов М.А., Поливанов П.А.
ИТПМ СО РАН, НГТУ, г. Новосибирск*

В контексте развития технологий искусственного интеллекта, микроэлектромеханических датчиков и малоразмерных летательных аппаратов, актуальным становятся исследования, направленные на использования данных, получаемых в режиме реального времени. Как правило, в полёте летательные аппараты используют осреднённые показания приёмников воздушного давления, в то время как значительную часть информации о состоянии течения на поверхности летательного аппарата можно подчеркнуть из пульсационных составляющих. Настоящее исследование направлено на изучение связи между картиной течения и показаниями виртуальных датчиков.

В диапазоне рассматриваемых чисел Рейнольдса (10^4 ... 10^5) процессы в ламинарном пограничном слое и в зоне ламинарно-турбулентного перехода в значительной мере определяют картину течения. Ламинарный отрыв, образование ламинарного-отрывного пузыря, его разрушение могут приводить к скачкообразным или, как минимум немонотонным, изменениям сил и

моментов по углу атаки и числу Рейнольдса (скорости полёта). Иногда наблюдается перемежаемость: чередование отрыва присоединение сдвигового слоя в динамике.

Качественно корректные результаты при численном моделировании, как правило, получаются при использовании моделей, способных разрешать «ламинарные» вихри, которые образуются при отрыве ламинарного пограничного слоя. В таких задачах хорошо себя зарекомендовал неявный метод крупных вихрей (ILES). Его основное преимущество в отсутствии турбулентных моделей, что как раз и позволяет разрешать крупные вихри, в том числе возникшие в области до ламинарно-турбулентного перехода. Его недостатками являются: значительное влияние сетки, ограничение минимальных размеров ячеек, сложность введения возмущений в набегающий поток. Однако, сравнение результатов моделирования с применением RANS и ILES подхода, показало значительное превосходство последнего.

В настоящей работе рассмотрены два объекта: толстый (40%) симметричный каплевидный профиль с утолщённым и скруглённым хвостиком (обозначен как Teardrop) и тонкий профиль NACA 3513. В заданном диапазоне чисел Рейнольдса профиль Teardrop имеет критическое число Рейнольдса, после которого его коэффициент профильного сопротивления уменьшается примерно в 4...5 раз. На этом профиле исследовалось влияние числа Рейнольдса на режим течения при нулевом угле атаки и при изменении угла атаки от -10° до $+10^\circ$ в прямом и обратном направлении. На профиле NACA 3513 исследовалось влияние вращения по тангажу. Движение осуществлялось поэтапно: с 10° (докритический угол) до 15° (закритический угол) с плавным разгоном и плавным торможением с периодом в 0,2 с. После остановки расчёт продолжался до установления средних значений и амплитуд пульсаций сил и моментов. После профиль вращался с 15° до 10° по тому же закону изменения скорости вращения.

На профиле Teardrop получены до- и закритические режимы течения по числу Рейнольдса. Первый соответствует отрывному режиму, второй – режиму с повторным присоединением. Анализ спектров пульсаций показал частоты, при которых в сдвиговом слое начинается ламинарно-турбулентный переход и позволил оценить протяжённость области перехода. Также по спектру пульсаций можно определить наличие дорожки Кармана. При несимметричном обтекании была показана разница между спектрами на наветренной и подветренной сторонах профиля.

При вращении профиля NACA 3513 по спектрам пульсаций можно детектировать начало отрыва. При слабых изменениях средних значений статического давления, амплитуды пульсаций по частотам меняются значительно. Это связано в первую очередь с увеличением размеров вихрей, которые формируются на передней части профиля.

Учёт информация не только о средних значениях статического давления, но и о его пульсациях, позволяет больше узнать о течении. Быстродействие

датчиков, системы записи и микропроцессоров позволяет прогнозировать ближайшие изменения состояния течения в режиме реального времени. В дальнейшем эти исследования могут позволить создавать автономные АИ, способные управлять малоразмерными летательными аппаратами эффективно и безопасно.

ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОТРАБОТКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ СВЕРХЗВУКОВОГО ГРАЖДАНСКОГО САМОЛЁТА

*Борисова В. Г., Силантьев В. А., Чубриков А. Е.
СибНИА им. С. А. Чаплыгина*

Перспективным видом высокоскоростной авиационной техники в настоящее время выглядит сверхзвуковой гражданский самолёт (СГС), требующий для своего создания решения множества фундаментальных проблем и разработки новых технологических решений. Степень проработанности вопросов, связанных с его созданием, разработкой, оптимизацией и проектированием в настоящее время остается невысокой. Несмотря на то, что научные материалы, полученные в процессе создания и использования реализованных ранее проектов самолётов — Ту-144 и «Concorde» легли в основу мирового научно-технического задела в области сверхзвуковой авиации, исчерпывающими они не являются. Но опыт их создания привёл к развитию различных численных и экспериментальных методов исследования и оптимизации, один из рассматривается в данной работе.

а)



б)



Рисунок — Реализованные проекты СГС:
а — Ту-144; б — «Concorde»

Наибольшее внимание, зачастую, сфокусировано на изучении и решении проблемы интенсивного акустического воздействия (звукового удара) на поверхность земли на сверхзвуковом режиме полёта летательного аппарата (ЛА), его прогнозировании и способах снижения. При этом отмечается, что помимо интенсивного вклада от шума струи двигателя значительное влияние на форму эпюры давления, сформированной ударными волнами, оказывает именно форма ЛА и его элементов, требующая оптимизации, а также режим полёта.