

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата физико-математических наук, доцента Попова Сергея
Александровича

на диссертационную работу **Курилова Владимира
Борисовича «Совершенствование взлетно-посадочной механизации
перспективных пассажирских самолетов с помощью расчетно-
экспериментальных методов»**, представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. Аэродинамика
и процессы теплообмена летательных аппаратов.

Диссертационная работа В.Б. Курилова посвящена поиску путей повышения эффективности взлетно-посадочной механизации крыла магистрального самолета. Создание нового поколения пассажирских самолетов со сверхкритическими профилями крыла, имеющих улучшенные взлетно-посадочные характеристики определяет **актуальность** темы исследования.

Потери в несущих свойствах механизированного крыла во многих случаях связаны с отрывом потока в области стыка с фюзеляжем, независимо от вида механизации передней кромки. В отечественной и зарубежной литературе представлены различные виды воздействия на отрыв потока, такие как применение различных выдвигающихся устройств, выдув струй, отсос пограничного слоя и т.д. Автором продемонстрирована эффективность применения вихрегенераторов на фюзеляже для затягивания отрыва потока в корне крыла.

Применение ламинаризованных профилей для крыльев перспективных и экологичных пассажирских самолетов накладывает дополнительные ограничения на проектирование механизации передней кромки крыла. Все более распространенным в этих условиях становится использование щитка Крюгера, несмотря на его меньшую эффективность по сравнению с предкрылком. В диссертационной работе предложены активные и пассивные способы увеличения эффективности механизации передней кромки крыла.

Важным аспектом существующей в авиационной науке и промышленности тенденции упрощения механизации задней кромки крыла

является вопрос применения простого поворотного закрылка вместо классического закрылка с выдвижением. В работе проведены параметрические исследования адаптивной механизации задней кромки крыла с использованием отклоняемого вниз интерцептора. Автором получены важные практические результаты, которые могут быть полезны при проектировании механизации крыла для современного пассажирского самолета.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка условных обозначений и списка используемой литературы, содержащего 134 наименования. Объем работы составляет 148 страниц.

Во введении обосновывается актуальность проведенных исследований, сформулированы цели работы, обозначена научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Приведены основные положения, выносимые на защиту, и краткое содержание диссертационной работы. Представлен обширный обзор литературы по взлетно-посадочной механизации крыла с учетом современных тенденций проектирования пассажирских самолетов различного класса.

В первой главе исследуется адаптивная механизация задней кромки крыла, состоящая из простого поворотного закрылка и отклоняемого вниз интерцептора. Представлены результаты двумерных расчетов на основе RANS уравнений и экспериментальных исследований на модели механизированного отсека крыла в аэродинамической трубе (АДТ) ЦАГИ. Показано, что в результате применения механизации задней кромки в виде поворотного закрылка в сочетании с отклоняемым интерцептором может быть обеспечено более высокое значение коэффициента подъемной силы, чем при использовании закрылка Фаулера. Полученные данные позволяют сделать вывод о целесообразности применения данной технологии на перспективных самолетах.

Во второй главе описаны результаты экспериментальных исследований по механизации передней кромки крыла перспективного ближне-среднемагистрального самолета. На основе анализа существующих решений автором предложен способ улучшения обтекания корневой части крыла при помощи «клюва» на предкрылке. Данный способ значительно увеличивает несущие свойства крыла ($\Delta C_{y_{amax}} = 8\%$) и позволяет устранить отрыв потока в области фюзеляжа.

В третьей главе исследуется взлетно-посадочная механизация ламинарного крыла перспективного регионального самолета. Проектирование механизации для крыла с естественной ламинаризацией обтекания имеет определенные ограничения, что определяет недостаточно высокий уровень несущих свойств такого крыла во взлетно-посадочной конфигурации. Для того чтобы устранить этот недостаток автором проведены расчетные и экспериментальные исследования различных способов повышения подъемной силы. Расчетные исследования выполнены с использованием RANS-подходов на многоблочных структурированных сетках, в расчетах в том числе моделировался поперечный выдув малонапорной струи воздуха. Результаты этих исследований показывают возможность повысить эффективность взлетно-посадочных устройств, что положительно скажется на ЛТХ самолета.

В заключении сформулированы основные выводы диссертации, в полной мере отражающие научную новизну и практическую значимость полученных в работе результатов.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и позволяет получить о ней содержательное представление.

Диссертация прошла необходимую апробацию, как по части научных публикаций (20 печатных работ, в том числе 4 в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертации, получено три патента на изобретения), так и по части участия автора в научных семинарах и конференциях.

Научная новизна диссертационной работы подтверждается следующими положениями:

- Автором предложена и исследована конфигурация взлетно-посадочной механизации ламинарного крыла перспективного магистрального самолета со щитком Крюгера.

- Показано, что применение вихрегенератора, расположенного на фюзеляже, равно как и выдув струи воздуха из торца щитка Крюгера, позволяет эффективно бороться с отрывом потока в корне крыла.

- Продемонстрирована эффективность адаптивной механизации задней кромки крыла магистрального самолета с поворотным закрылком и отклоняемым вниз интерцептором в сравнении с выдвижным закрылком и выявлены рациональные сочетания углов отклонения закрылка и

интерцептора.

Замечания по диссертационной работе.

1. В главе 1 на рис. 26 можно заметить диффузорный отрыв на верхней поверхности в области задней кромки закрылка Фаулера. Это может свидетельствовать о том, что базовая конфигурация выбрана не оптимально. Соответственно, эффективность закрылка Фаулера может быть выше.

2. На рис. 31 показана схема отклонения интерцептора с плавным переходом на основное звено. В настоящее время на самолетах при отклонении интерцептора реализуется стык верхней поверхности с разрывом. В работе нет указаний, как повлияет это обстоятельство на характеристики конфигурации с отклоняемым вниз интерцептором.

3. В главе 2 на рис. 60 показаны зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки и моментные характеристики. В то же время не показана поляра первого рода. Аналогично на рис. 65 и 66 показаны зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки и аэродинамического качества по коэффициенту подъемной силы, при этом не показаны моментные характеристики.

4. В главе 3 на стр. 95 при представлении расчетных исследований не показан процесс верификации решения, связанный с определением сеточной сходимости.

5. В расчетных исследованиях в главе 3 используется компоновка без мотогондолы и пилона. В то же время в экспериментальных исследованиях эти элементы модели присутствуют. В диссертации не указана причина удаления данных элементов из математической модели при проведении расчетов.

6. На стр. 105 указан диапазон чисел Рейнольдса в испытаниях в АДТ, равный $Re=1.9\div 7.2\cdot 10^6$. При этом в работе не представлены результаты при $Re>5.75\cdot 10^6$.

7. В работе не показано, из каких соображений выбраны используемые значения коэффициента импульса струи C_j и каким образом они моделировались в расчете.

Следует отметить, что все перечисленные замечания не оказывают существенного влияния на значимость полученных результатов и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

В целом представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития авиации гражданского назначения РФ.

Считаю, что диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Курилов Владимир Борисович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов.

Официальный оппонент

Доцент кафедры 106 Московского
авиационного института (национальный
исследовательский университет),

Начальник НИЛ ТЭА, к.ф.-м.н.,

доцент

31.10.2024

(подпись)

Попов С.А.

Контактные данные:

Тел.: +7 (926) 532-01-30; эл. почта: popovsa@mai.ru

Место работы:

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт»
(национальный исследовательский университет)»

125993, г. Москва,

Волоколамское шоссе, д. 4

тел.: +7 (499) 158-13-73

эл. почта: mai@mai.ru

Подпись Попова Сергея Александровича удостоверяю:



УТВЕРЖДАЮ



Директор Инженерного центра
ПАО «Яковлев»

А.В. Кубасов

11 2024 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Курилова Владимира Борисовича

на тему «Совершенствование взлётно-посадочной механизации перспективных пассажирских самолётов с помощью расчётно-экспериментальных методов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12 – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов»

Диссертационная работа посвящена теме исследования аэродинамики пассажирских самолётов на взлётно-посадочных режимах, в частности – повышению эффективности механизации крыла. Тематика улучшения взлётно-посадочных характеристик (ВПХ) транспортных самолётов является в настоящее время достаточно актуальной, причём особое внимание уделяется простым решениям, без использования многоцелевой механизации задней кромки крыла.

Цель представленной работы заключалась в разработке предложений по возможности улучшения несущих свойств механизированного крыла пассажирских самолётов.

Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 148 страницах, содержит 124 рисунка, список литературы включает 134 наименования.

Во введении приведён обзор литературы по тематике диссертации, а также дана общая характеристика работы: обоснована её актуальность, сформулирована цель работы, указаны её научная новизна и практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту. Обосновывается достоверность полученных результатов, а также приведены основные публикации и доклады автора, указан его личный вклад.

В Главе 1 приведены результаты исследований адаптивной механизации задней кромки крыла. Рассмотрены численные исследования в двумерной постановке и экспериментальные исследования тематической модели в аэродинамической трубе (АДТ) ЦАГИ Т-103.

В Главе 2 исследуется влияние разрывов в механизации передней кромки крыла перспективного самолёта, в частности – подробно рассмотрен отрыв потока в зоне между предкрылком и фюзеляжем. Предложены способы ликвидации отрыва потока и увеличения несущих свойств крыла.

Глава 3 посвящена проектированию взлётно-посадочной механизации ламинарного крыла модели перспективного регионального самолёта. Приведены результаты расчётов RANS-методами и экспериментальные результаты. Особое внимание уделено ликвидации отрыва в зоне крыло-фюзеляж. Для этих целей использовались специальные вставки, вихрегенераторы, а также рассмотрено использование энергетических методов.

В заключении перечислены основные результаты, полученные при выполнении работы.

Научная и практическая новизна работы заключается в исследовании методов повышения несущих свойств крыла путём ликвидации отрывов в корневой его части, в том числе при помощи вихрегенераторов и выдува струй. Особый интерес представляют исследования для случая «ламинарного» крыла.

Достоверность полученных результатов обосновывается систематическим сравнением расчётных результатов с экспериментальными, а также привлечением результатов из классических источников.

Содержание диссертации соответствует названию. Основные положения работы в достаточной мере опубликованы в статьях и доложены на научно-технических конференциях.

Автореферат в основном соответствует содержанию диссертации и даёт представление о научной и практической значимости работы, а также о личном вкладе автора в развитие рассмотренной проблемы.

В качестве замечаний к работе следует отметить следующее:

1. В цели работы упоминается крыло магистрального самолёта, что необоснованно сужает область использования полученных результатов. Более правильным представляется использование понятия «самолёт транспортной категории».

2. Явно не сформулированы задачи, решаемые в работе для достижения поставленной цели.

3. В качестве научной новизны указана разработка новой взлётно-посадочной конфигурации, что больше является технической новизной. Практически заложенные в работе основы метода проектирования механизации «ламинарного» крыла выпукло не обозначены.

Указанные недостатки, однако, не влияют на положительную оценку диссертационной работы, которая выполнена на достаточно высоком научном уровне. Полученные в работе результаты представляют определённый интерес для авиационных КБ, занимающихся проектированием самолётов.

На основании вышеизложенного можно заключить, что представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, дающей решение практически важной задачи совершенствования взлётно-посадочной механизации крыла пассажирских самолётов. Работа удовлетворяет требованиям

п. 9 Положения ВАК РФ «О порядке присуждения учёных степеней»,
предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор – Курилов Владимир
Борисович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических
наук по специальности 2.5.12 «Аэродинамика и процессы теплообмена
летательных аппаратов».

Официальный оппонент - начальник департамента
аэродинамических характеристик
ПАО «Яковлев»,
доктор технических наук (специальность 05.07.01 -
«Аэродинамика и процессы теплообмена
летательных аппаратов»)



Шевяков Владимир Иванович

115280, Москва,
ул. Ленинская Слобода, д. 26, стр. 5,
Тел.: +7 916 959 38 19,
e-mail: shevvi@mail.ru