

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель управляющего
директора - директор ПАО «ОАК»
ОКБ Сухого

М.Ю. Стрелец

2024 г.

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Астапова Ивана Владимировича на тему «Повышение уровня летно-технических и эксплуатационных характеристик современных транспортных реактивных самолетов с помощью убираемых аэродинамических гребней гондол двигателей», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6 «Аэронавигация и эксплуатация»

Диссертационная работа Астапова И. В. (далее Автор) посвящена актуальному вопросу повышения летно-технических характеристик (ЛТХ) реактивных пассажирских самолетов, что является целью диссертации. Достигнуть улучшения ЛТХ автор предлагает за счет внедрения такого технического решения, как уборка в крейсерском полете аэродинамических гребней, устанавливаемых на мотогондолах двигателей для улучшения характеристик сваливания и повышения устойчивости самолета к штопору. Области режимов полета, где используются аэродинамические эффекты от гребней на мотогондолах – диапазон углов атаки от начала срыва на крыле и далее – не пересекаются с крейсерскими режимами полета самолета, что позволяет рассчитывать на возможность достижения улучшения ЛТХ при уборке (складывании) аэродинамических гребней за счет снижения сопротивления. Для подтверждения этого и выработки необходимых рекомендаций по внедрению данного технического решения Автор в диссертационной работе ставит и решает следующие научные задачи оценки и обоснования эффективности убираемых в полете аэродинамических гребней на мотогондолах двигателей пассажирских самолетов:

- Разработка метода оценки предельной массы устройства уборки/выпуска гребней;
- Разработка метода оценки экономической и экологической эффективности применения убираемых гребней на мотогондолах;
- Оценка возможности возникновения аэродинамических факторов, неблагоприятно влияющих на безопасность полетов при применении убираемых гребней на мотогондолах;
- Обоснование требований к воздушным судам при их оснащении убираемыми аэродинамическими гребнями на мотогондолах.

Судя по автореферату, эти научные задачи Автор успешно решил, что продемонстрировал на примере самолета Аэрбас А-319. К **новым результатам**, полученным Автором, можно отнести:

1. Обоснование возможности улучшения ЛТХ самолета за счет уборки аэродинамических гребней на режимах крейсерского полета без снижения уровня безопасности полета.

2. Предложенный метод оценки предельной массы устройства уборки аэродинамических гребней, при которой имеется улучшение ЛТХ самолета несмотря на рост массы.

3. Методику оценки влияния убираемых гребней на мотогондолах на эффективность летной эксплуатации на основе обработки данных средств сбора полетной информации.

Результаты выполненных Автором исследований изложены в диссертации, состоящей из четырех глав.

В первой главе Автор приводит подробный обзор имеющихся научных работ и патентов, посвященных возможным методам улучшения ЛТХ (как за счет снижения сопротивления, так и других) и делает вывод о том, что обоснование эффективности эксплуатации и влияния на безопасность полетов убираемых аэродинамических гребней на мотогондолах в рассмотренной литературе отсутствует.

Во второй главе Автор проводит исследование влияния гребней на мотогондолах на аэродинамическое сопротивление самолета с помощью проведения моделирования методами вычислительной аэродинамики (CFD) с использованием программного комплекса Autodesk Simulation CFD, а также с помощью экспериментального исследования аэродинамических характеристик в аэродинамической трубе (АДТ) на модели, представляющей собой секцию крыла с двигательным пилоном и мотогондолой с протоком и установленными на ней гребнями, выполненной в масштабе 1:12. Результаты, полученные в АДТ, Автор использует для верификации CFD-расчетов, на основании которых он получает количественные данные по величине дополнительного сопротивления самолета при различных числах Маха от установки на мотогондолах аэродинамических гребней. Анализируя картины линий тока в окрестностях гребней, Автор делает вывод о том, что установка (а, следовательно, и уборка), аэродинамических гребней на мотогондолах не влияет на безопасность полетов, так как вихри, сходящие с гребней на крейсерских режимах полета, проходят на удалении от поверхности пилона двигателя и нижней поверхности крыла. Кроме того, Автор отмечает, что гребни на мотогондолах влияют не только на сопротивление, но и на величину подъемной силы (создается отрицательное приращение подъемной силы), что наблюдается как в расчетах, так и в экспериментах в АДТ.

В третьей главе Автор описывает метод оценки предельной массы устройств для выпуска/уборки гребней на мотогондолах, которые увеличивают полетную массу самолета и при которой ещё сохраняется экономический выигрыш при эксплуатации самолета. Данный метод основывается на допущениях, что полет происходит на режиме максимального аэродинамического качества, а также что аэродинамическая поляра является симметричной и квадратичной. В итоге Автор получает оценку предельной массы (веса) устройства как $\Delta G = K \cdot \Delta X_a$, где K –

полетное качество, а ΔX_a – аэродинамическое сопротивление гребней, которое рекомендуется определять с помощью CFD расчетов как разницу сопротивлений самолета с гребнями и самолета без гребней. В частности, для рассмотренного Автором самолета Airbus A-319 предельная масса устройств выпуска/уборки гребней получилась равной 172 кг.

В четвертой главе Автор на основании выполненных ранее оценок улучшения ЛТХ и на основании статистических материалов по эксплуатации выбранного самолета-прототипа вычисляет величину возможного уменьшения часового расхода топлива на этапе крейсерского полета, которая по оценке составила от 1.00% до 8.28%, а также дает оценки других вытекающих из часового расхода топлива показателей, таких как пассажиро-километр на литр топлива, уменьшение расхода топлива за рейс, годовая экономия топлива и др. Полученные оценки изменения ЛТХ позволили автору выполнить также оценки экологического эффекта от убираемых гребней в виде показателя уменьшения выбросов углекислого газа – для A-319 оценка составила существенную величину 540.6 т CO₂ в год.

Автор предложил логику управления уборкой/выпуском гребней на мотогондолах, которая представляется рациональной и обеспечивает высокую надежность управления, позволяя парировать возможные технические отказы.

Описанные результаты автора являются **новыми**, имеют **научную и практическую ценность** и могут быть применены к другим самолетам данного класса. Результаты полученные Автором представляются достаточно **достоверными**, что обеспечивается применением расчетных и экспериментальных методов исследований и их взаимным сравнением.

К недостаткам автореферата можно отнести следующие:

1. Автор рассматривает только одну составляющую аэродинамических сил от гребней на мотогондолах – силу сопротивления, не принимая во внимание другие аэродинамические составляющие, такие как подъемная сила и продольный момент тангажа (следует отметить, что на наличие приращения подъемной силы от гребней указывается в главе 2 диссертации). В то же время эти составляющие могут оказать влияние на балансировку самолета и, в итоге, на его балансировочное аэродинамическое сопротивление, причем по порядку величин это влияние может превосходить добавочное сопротивление от гребней.
2. Автор предполагает, что установка гребней на мотогондолах может приводить только к увеличению сопротивления. Однако, испытания в АДТ показывают, что установка гребней может приводить и к уменьшению сопротивления самолета, поэтому перед принятием решения об использовании убираемых гребней необходимо выполнить подробный анализ влияния гребней на балансировочное сопротивление самолета с учетом замечания 1.
3. Принятые Автором допущения при анализе и оценке предельного прироста массы от устройств выпуска/уборки гребней представляются упрощенными и не в полной мере обоснованными, в связи с чем полученные оценки следует рассматривать как предварительные.
4. Полученные Автором оценки улучшения эксплуатационных характеристик в виде уменьшения расхода топлива приведены без учета увеличения массы самолета от установки соответствующих устройств уборки/выпуска гребней. Необходимость этого учета следует из самого смысла рассматриваемой Автором предельной массы

устройств выпуска/уборки как дополнительной массы, при которой исчезает выигрыш в эксплуатационных характеристиках от уборки гребней. Поэтому все последующие оценки улучшения эксплуатационных характеристик следует рассматривать как теоретически максимально возможные, которые могут заметно уменьшиться при практической реализации.

Указанные недостатки, тем не менее, не снижают научную ценность и достоверность результатов работы.

Как следует из автореферата, по теме диссертации опубликовано 3 печатных работы в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, работа прошла апробацию и представлялась на 2-х всероссийских и международной научных конференциях, а также на семинарах СПбГУ ГА.

Таким образом, основываясь на автореферате, можно сделать вывод, что диссертационная работа Астапова Ивана Владимировича «Повышение уровня летно-технических и эксплуатационных характеристик современных транспортных реактивных самолетов с помощью убираемых аэродинамических гребней гондол двигателей» соответствует требованиям положения ВАК «О присуждении учёных степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6 «Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники».

Главный конструктор по аэродинамике,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Тарасов Алексей Захарович

Публичное акционерное общество
«Объединенная авиастроительная корпорация»
(ПАО «ОАК» ОКБ Сухого).
Адрес: 125284, г.Москва,
ул. Поликарпова, 23Б.
Тел. 8(495) 945-89-22
e-mail: office@su.uacrussia.ru

Подпись Тарасова Алексея Захаровича заверяю

Зам. директора ОКБ Сухого
по организационным вопросам
(должность) *Труда*

(подпись)

Шендеров В.О.
(Фамилия И.О.)