



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
тел. +7 (499) 263-63-91, факс +7 (499) 267-48-44

bmstu.ru bauman@bmstu.ru

ОГРН 1027739051779

ИНН 7701002520 КПП 770101001

Ученому секретарю
Диссертационного совета
24.2.327.03

Московского авиационного
института,
д.т.н., доценту

Старкову А.В.

Волоколамское шоссе, д. 4,
г. Москва, 125993

24.02.2026 № 01.15-08/9607

На № _____ от _____

Отзыв на диссертацию Терехова Р. И.

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляем Вам отзыв официального оппонента, кандидата технических наук, доцента кафедры «Системы автоматического управления», директора НИИ «Информатики и систем управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана Чулина Николая Александровича на диссертацию Терехова Романа Игоревича на тему «Обеспечение требований к управляемости пассажирских самолётов при отказах в силовой части систем управления», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.16. «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Приложение: на 7 л. в 2 экз.

Руководитель научно-учебного
комплекса "Информатика и системы
управления"

А.В. Пролетарский

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

10.03 2016 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента кафедры
«Системы автоматического управления» Федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Чулина Николая Александровича

на диссертационную работу Терехова Романа Игоревича на тему «Обеспечение требований к управляемости пассажирских самолётов при отказах в силовой части систем управления», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)

Актуальность темы диссертации

Обеспечение безопасности полёта является важнейшей задачей при создании и эксплуатации авиационной техники. Вопросы надёжности и отказобезопасности бортовых систем самолёта, включая систему управления, определяются их архитектурным построением, уровнем резервирования и надёжности элементов. Отказы в системе управления и взаимодействующих с ней энергетических системах могут привести к возникновению нештатных ситуаций в процессе полёта, ухудшению характеристик управляемости самолёта. Таким образом, актуальной задачей является реализация такого структурного построения системы управления, которое позволит обеспечить безопасность полёта и выполнение нормативных требований к характеристикам управляемости при возможных отказных ситуациях, при этом сохраняя высокий уровень технического и весового совершенства. В рассматриваемой диссертационной работе автором разработаны подходы к решению данной задачи.

Перспективной тенденцией развития силовой части систем управления является переход к концепции «более электрического самолёта» (БЭС), предполагающий уменьшение числа гидравлических систем и более широкое использование электрических источников энергии. Такой подход служит

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

1

«10» 03 2016 г.

иллюстрацией принципа разнородного резервирования систем, целью которого является повышение безопасности полёта. Одним из возможных вариантов реализации концепции БЭС является разработанная автором структура системы управления перспективного регионального самолёта с двумя централизованными гидросистемами и обеспечением аварийного управления при отказе двух гидросистем за счёт серворулей, установленных на рулевых поверхностях, управление которыми может обеспечиваться электромеханическим приводом малой размерности и потребной мощности. Предлагаемый вариант силовой части системы управления прорабатывается с учётом методики формирования структурного построения системы управления и обеспечивает требуемый уровень характеристик устойчивости и управляемости самолёта.

Степень обоснованности, достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается:

- применением положений системного подхода к формированию требований к системе управления самолётов в отказных ситуациях для обеспечения сертификационных требований безопасности;
- результатами расчётных исследований по определению характеристик управляемости самолёта при отказах в силовой системе управления, структурное построение которой формируется в результате решения задачи оптимизации по заданным критериям с учётом обоснованных граничных условий;
- экспериментальным подтверждением возможности безопасного завершения полёта и выполнения заданных требований к управляемости самолёта в отказной ситуации для разработанного варианта структурного построения системы управления с двумя гидросистемами и аварийным электродистанционным сервоуправлением, с учётом разработанных алгоритмов управления серворулями.

Диссертационная работа характеризуется логичным построением и включает в себя четыре основные главы. В первой главе приводятся результаты обзора нормативных требований к управляемости самолёта в отказных ситуациях, а также анализируются существующие варианты структурного построения систем управления современных пассажирских самолётов на предмет сходных и различных технических решений, обеспечивающих выполнение заданных требований. Во второй главе приводится структура математической модели самолёта, требования к данной модели и описание разработанных автором дополнений к модели, необходимых для проведения расчётных и стендовых исследований характеристик управляемости самолёта в отказных ситуациях. Третья глава посвящена разработке и обоснованию методики формирования структурного построения системы управления для обеспечения требуемых характеристик управляемости самолёта при отказах в силовой системе управления на основе традиционного («классического») построения с тремя независимыми гидросистемами. В четвертой главе автором предлагается оригинальный вариант построения силовой системы управления для перспективного регионального самолёта в соответствии с концепцией «более электрического самолёта», с двумя гидросистемами и применением аварийного электродистанционного сервоуправления для обеспечения заданных требований к управляемости самолёта при полном отказе гидросистем.

Текст **автореферата** соответствует тексту диссертации, отражает содержание и структуру диссертационной работы и позволяет ознакомиться со всеми значимыми достигнутыми результатами.

Полученные автором диссертации основные результаты прошли апробацию на международных и всероссийских научно-технических конференциях. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе 4 в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, получен 1 патент на изобретение.

Научная новизна результатов диссертации заключается в разработанных автором методиках обеспечения требуемых характеристик управляемости

самолёта в отказных ситуациях, а также в разработанных алгоритмах управления сервоулями, обеспечивающих за счёт повышенной автоматизации более высокую точность пилотирования и возможность безопасного завершения полёта. Расчётное и стендовое моделирование динамики самолёта в режиме аварийного сервоуправления выполнено на основе доработанной автором математической модели самолёта с аварийным электродистанционным контуром управления сервоулями, учитывающей одновременно особенности динамики сервоуля, включая нелинейные эффекты трения и демпфирования, и особенности реализации электродистанционного управления сервоулём.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Разработанная автором методика формирования структурного построения силовой части системы управления может быть применена на ранних этапах проектирования конструкции самолёта, что даёт возможность своевременно обосновать правильность выбора структуры системы управления с точки зрения обеспечения нормативных требований и требований к безопасности полёта в отказных ситуациях.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Разработанный в диссертации вариант построения силовой части системы управления регионального самолёта с двумя гидросистемами и использованием аварийного дистанционного сервоуправления может быть использован при проектировании перспективного регионального самолёта.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов в части следующих пунктов:

- пункт 1 «Разработка и совершенствование математических моделей, используемых для описания движения и управления летательным аппаратом на различных режимах полета»;
- пункт 3 «Определение требований к характеристикам устойчивости и управляемости жестких и упругих ЛА. Разработка методов их обеспечения»;
- пункт 9 «Разработка алгоритмов управления высокоавтоматизированных ЛА, повышающих безопасность полета, точность управления различных летательных аппаратов, а также обеспечивающих улучшение летно-технических характеристик средствами автоматизации»;
- пункт 10 «Исследование и разработка методов синтеза законов управления движением ЛА в условиях разнообразных неопределенностей, порожденных неполным и неточным знанием свойств объекта управления и условий, в которых он функционирует, а также возможными отказами оборудования и повреждениями конструкции ЛА».

Соответствие содержания диссертационной работы специальности 2.5.16. подтверждается используемыми методами исследования, апробацией работы и положениями, вынесенными на защиту.

Замечания по диссертационной работе

1. Недостаточно полно описана математическая модель полёта аппарата: не хватает описания «базовой» модели, дополнения к которой разработаны автором. На схеме математической модели (рис. 2.1) в числе переменных не указаны угловые скорости. Не хватает пояснений по реализации в используемой среде моделирования математической модели двигательной установки с учётом отказов.
2. Предлагаемая методика формирования структурного построения системы управления для обеспечения требуемых характеристик управляемости самолёта при отказах изложена на примере самолёта классической

аэродинамической схемы с традиционными рулевыми поверхностями (руль высоты, руль направления, элероны, интерцепторы). Для практического применения к самолётам с другим набором рулевых поверхностей, а также к самолётам других аэродинамических схем, разработанная методика требует адаптации.

3. Применение разработанной методики формирования структурного построения силовой части системы управления рассматривается только на примере трёх независимых гидросистем, не приводятся результаты при использовании электросистем для управления стабилизатором и/или механизацией крыла по рекомендациям в главе 3 диссертационной работы.
4. Из текста диссертации неясно, возможно ли применение разработанной перспективной структуры системы управления с двумя гидросистемами и аварийным электродистанционным сервоуправлением для любых пассажирских самолётов или имеются ограничения (например, по размерности самолёта).
5. В автореферате описаны не все входящие в формулы переменные (например, в формуле 1).

Приведенные замечания не снижают научной ценности и значимости полученных результатов диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Терехова Романа Игоревича на тему «Обеспечение требований к управляемости пассажирских самолётов при отказах в силовой части систем управления» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной лично автором, в которой содержится решение актуальной задачи формирования перспективной структуры системы управления пассажирских самолётов, обеспечивающей выполнение нормативных требований к управляемости в отказных ситуациях. Работа имеет важное значение для развития технических наук и направлена на повышение безопасности полётов пассажирских самолётов.

Диссертация написана на высоком научном уровне. Автор имеет большой опыт практической работы в части проведения расчётных и стендовых исследований динамики самолётов в отказных ситуациях и является научным специалистом высокой квалификации.

Таким образом, диссертационная работа «Обеспечение требований к управляемости пассажирских самолётов при отказах в силовой части систем управления» соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Терехов Роман Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

Официальный оппонент

Кандидат технических наук,
доцент кафедры
«Системы автоматического управления»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Чулин Н.А.

«24» 02 2026 г.

Тел. раб.: +7 (499) 263-65-01

E-mail: nchulin@bmstu.ru

Адрес: 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Подпись Чулина Николая Александровича удостоверяю

Руководитель научно-учебного
комплекса «Информатика и
системы управления»

(должность)



(подпись)

А.В. Пролетарский

(Фамилия И.О.)

с отзывом ознакомлен Терехов Р.И.
10.03.2026