



**Акционерное общество
Московский научно-производственный комплекс
«Авионика» имени О.В. Успенского**

АО МНПК «Авионика»

ул. Образцова, д. 7, г. Москва, Россия, 127055
Тел.: +7 (495) 771-66-09, факс: +7 (495) 775-36-79
e-mail: avionika@mnpk.ru
http://www.mnpk.ru



Joint Stock Company «Avionika»
7, Obraztsova st., Moscow, 127055, Russia
Phone: +7 (495) 771-66-09, fax: +7 (495) 775-36-79

Общественный акт № 17-02/004
на № _____ от _____

Начальнику Отдела Учёного и
диссертационных советов
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет)»
Аникиной Т.А.

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

Уважаемая Татьяна Алексеевна!

Акционерное общество Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени О.В. Успенского направляет отзыв ведущей организации на диссертационную работу Козьячева Андрея Николаевича «Разработка законов управления, повышающих безопасность полёта самолётов транспортной категории», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов».

Приложение: отзыв ведущей организации на 6 листах, 2 экз.

Управляющий директор
АО МНПК «Авионика»

Заец В.Ф.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«04» 08 2011 г.



УТВЕРЖДАЮ

Управляющий директор

АО МНПК «Авионика»

Заец В.Ф.

« » 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Козьяйчева Андрея Николаевича
«Разработка законов управления, повышающих безопасность полёта самолётов
транспортной категории», представленной к защите на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика,
баллистика и управление движением летательных аппаратов»

Безопасность неизменно является важнейшей характеристикой самолёта и всей авиационной транспортной системы. В настоящее время ожидается, что интенсивность воздушного движения возрастёт в несколько раз в ближайшие десятилетия, что, в свою очередь, может привести к увеличению числа авиационных происшествий. На фоне роста объёма авиаперевозок, становится более сложной задача обеспечения регулярности и безопасности авиаперевозок. Рост объёма авиаперевозок связан с необходимостью обеспечения их регулярности, в том числе в плохих метеоусловиях. При этом необходимо минимизировать роль человеческого фактора, то есть снизить возможность ошибок пилотирования. Эти факторы и определяют актуальность работы.

Безопасность полёта во многом определяется техническим совершенством воздушного судна и прежде всего уровнем его системы управления, человеко-машинного интерфейса и бортового оборудования в целом. Важнейшими условиями обеспечения высокой безопасности полёта являются устойчивость и управляемость самолёта, реализация функций ограничения в системе управления, направленные на предупреждение экипажа о превышении допустимых значений параметров движения и жёсткое ограничение предельных параметров полёта. Снижение роли человеческого фактора может быть достигнуто за счёт существенного повышения уровня автоматизации управления воздушным судном (ВС). Переход на цифровые дистанционные системы управления (ЦСДУ) и их развитие приводят к росту объёма функций, реализуемых системой дистанционного управления, в том

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«04» 08 2021 г.

числе функций, способствующих повышению безопасности полёта. Кроме того, наблюдается рост числа вспомогательных функций, снижающих нагрузку на лётчика и повышающих комфортность управления. Эти функции создают дополнительные конкурентные преимущества.

Основной целью работы Козьяичева Андрея Николаевича является повышение безопасности полётов самолётов вблизи земли и повышение комфортности пилотирования самолётов транспортной категории. **Объектом исследования** является перспективный магистральный самолёт транспортной категории с ЦСДУ.

Для достижения поставленной цели диссертант решает **задачу** разработки функций и алгоритмов СДУ самолёта транспортной категории в боковом канале. При решении данной задачи диссертантом были получены ряд результатов, обладающих **новизной и научной значимостью**:

- определены концепции управления самолёта в поперечном и путевом каналах для самолёта транспортной категории;
- разработаны алгоритмы интегрального закона управления в поперечном и путевом каналах для самолёта транспортной категории в соответствии с выбранными концепциями управления;
- впервые для анализа динамики самолёта с КСУ в боковом канале применены модифицированные методы исследования устойчивости многосвязных систем.

Практическая ценность работы заключается в разработке интегральных законов управления в поперечном и путевых каналах, что позволило реализовать широкий набор функций, существенно повышающих комфортность пилотирования на всех режимах полёта. Применение функции ограничения угла крена вблизи земли позволяет предотвратить превышение заданного максимального угла крена и тем самым предотвратить касание частями самолёта поверхности взлётно-посадочной полосы (ВПП).

В работе использовались аналитические методы синтеза систем управления, классические частотные методы оценки запасов устойчивости, матричные и частотные методы исследования многосвязных систем, метод конечных автоматов для синтеза современных систем управления, математическое и стендовое моделирование движения магистрального самолёта с комплексной цифровой системой управления.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием апробированного математического аппарата исследования систем, математическим моделированием предложенных алгоритмов, а также

стендовыми исследованиями с участием лётчиков-испытателей, проведёнными на пилотажных стендах ЦАГИ.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи, указан объект исследования, дано обоснование научной новизны и практической значимости, представлены сведения об апробации результатов исследования, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена описанию технического уровня, функций и алгоритмов современных комплексных систем управления (КСУ) самолётов транспортной категории. Определены новые функции и алгоритмы КСУ современных самолётов транспортной категории. Дано обоснование использования интегральных законов управления в боковом канале.

Во **второй главе** представлено описание объекта управления, для которого разрабатываются новые функции и алгоритмы КСУ. Это среднемагистральный пассажирский самолёт с традиционной аэродинамической компоновкой. Алгоритмы КСУ самолёта включают весь набор функций, характерных для современных и перспективных магистральных самолётов.

В второй главе рассматриваются методы расчёта областей устойчивости самолёта с многосвязной системой управления с помощью частотных методов. Эти методы исследования применимы для анализа устойчивости самолёта в боковом канале с КСУ. В этом случае замкнутая система «самолёт-КСУ» является многосвязной, поскольку для управления используются элероны, руль направления и интерцепторы, что весьма усложняет задачу.

Третья глава посвящена разработке функции ограничения угла крена на участках полета вблизи земли. В данной главе дано обоснование разработки данной функции и описан принцип реализации этой функции. Функция основана на принципе переключения управляющего сигнала от лётчика на сигнал стабилизации заданного максимального угла крена при угрозе его превышения.

Разработан и представлен алгоритм функции ограничения угла крена вблизи земли. Расчётными и стендовыми исследованиями подтверждена его эффективность. Алгоритм представлен в виде конечного автомата, который позволяет эффективно реализовывать алгоритмы с высокой логической сложностью.

Четвертая глава посвящена разработке интегральных законов управления в боковом канале. В данной главе дано обоснование использования интегральных законов управления в боковом канале. Рассмотрены две концепции управления в поперечном канале, в результате сравнения, которых выбрана следующая: в заданном диапазоне углов крена осуществляется управление скоростью крена, за пределами этого диапазона осуществляется управление углом крена, но при отклонении рычага управления по крену, направленном на создание угла крена противоположенного знака, осуществляется управление скоростью крена.

Определена концепция управления в путевом канале: при перемещении педалей обеспечивается выход самолёта на заданный угол скольжения, а максимальному перемещению педалей соответствует заданный максимальный угол скольжения, также перемещению педалей соответствует заданная скорость крена.

Также в четвёртой главе приведены законы управления, реализующие описанные выше концепции управления, проведён расчёт областей устойчивости самолёта с КСУ. Показано, что области устойчивости, рассчитанные с помощью разных методов совпадают. Расчёт логарифмических амплитудно-частотных характеристик передаточных функций, используемых в разных методах расчёта устойчивости замкнутой системы, соответствующих точкам на границе областей устойчивости, показал, что все частотные характеристики пересекаются в одной точке, что свидетельствует об эквивалентности методов оценки устойчивости.

В пятой главе представлены результаты расчётных и стендовых исследований интегральных законов управления в путевом и поперечном каналах. В расчётных исследованиях рассматривались реакции самолёта с интегральными законами управления в боковом канале на различные возмущающие и управляющие воздействия.

Проведённые расчётные и стендовые исследования по оценке управляемости самолёта при совместной работе интегральных законов в поперечном и путевом каналах управления показали, что интегральные алгоритмы обеспечивают выполнение заявленных функций для всех рассмотренных режимов полёта с достаточной точностью. Расчётные исследования показали, что поведение самолёта соответствует выбранной концепции и той эталонной модели, которая должна реализовываться с помощью интегральной системы управления. Также показано, что представленные интегральные законы обеспечивает заданную реакцию самолёта по крену при отклонении педалей, что, в свою очередь, обеспечивает

равномерное вращение самолёта по крену при управлении педалями. По результатам стендовых исследований получены положительные отзывы лётчиков о пилотажных характеристиках самолёта с интегральными законами управления в боковом канале.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы, которые соответствуют основным положениям, выносимым на защиту.

Автореферат диссертации соответствует её содержанию и позволяет получить о ней достаточно полное представление. Количество публикаций и апробаций работы достаточны для положительной оценки.

После ознакомления с текстом диссертации Козьяичева Андрея Николаевича нами сформулированы следующие **замечания** по её содержанию:

1. В диссертационной работе не затрагивается вопрос отказов органов управления.
2. В ограничителе угла крена на участках полета вблизи земли рассматривается ограничение угла крена, обусловленное только геометрией самолёта. Не учтено влияние угла тангажа на заданный максимальный угол крена γ_3 .
3. Не рассматривается работа интегральных законов управления в боковом канале на больших углах атаки.
4. В тесте диссертации встречаются неудачные формулировки: например, на стр. 78 «на высоте менее 20 м самолет может создавать углы крена более 90 градусов».
5. Не ясен принцип выбора угла γ_3 в ограничителе угла крена вблизи земли на рис.3.21 и 3.23 на стр. 79...82 диссертации.
6. Не пояснен выбор величины границы γ_1 – угла переключения закона управления с угловой скорости ω_x на крен γ на стр. 88 диссертации.
7. На рис. 4.18 на стр. 120 диссертации вывод о совпадении областей устойчивости требует дополнительных пояснений.

Однако отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Диссертационная работа представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполнена на высоком научно-техническом уровне, содержит новые научные результаты и имеет практическое значение, полностью отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ, а её автор Козьяичев Андрей Николаевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов».

Отзыв обсужден и утвержден на НТС предприятия «8» июля 2021 г.,
протокол № 5.

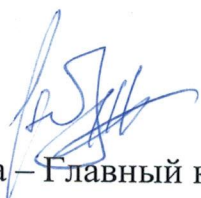
Отзыв составили:

кандидат технических наук

Абдулин Рашид Раисович

Заместитель управляющего директора – Главный конструктор АО МНПК
«Авионика», Председатель НТС

Тел. 495-514-19-73



кандидат технических наук, доцент

Кулабухов Владимир Сергеевич

Главный конструктор ТН-17 АО МНПК «Авионика»,

заместитель председателя НТС

Тел. 965-119-40-38,

e-mail: nit@mnpk.ru



доктор технических наук

Бронников Андрей Михайлович

Главный конструктор ТН-31 АО МНПК «Авионика», член НТС

Тел. 969-014-23-06,



Секретарь НТС АО МНПК «Авионика»,

Каравашкина Елена Олеговна

Начальник отдела

Тел. (495) 771-66-07 доб.10-04



Акционерное общество Московский научно-производственный комплекс
«Авионика» имени О.В. Успенского (АО МНПК «Авионика»)

Адрес: 127055, город Москва, улица Образцова, 7

Тел.: +7 495 775 66 09

e-mail: avionika@mnpk.ru

Официальный сайт: www.mnpk.ru