

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
КАЗЕННОЕ ВОЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**ВОЕННЫЙ
УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ
«ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ
АКАДЕМИЯ**

**им. проф. Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)**

г. Воронеж, 394064,
ул. Старых Большевиков, д. 54а

«01» сентября 2026 г. № 1/29/18-110

На № _____

Экз. № 1

Проректору по научной работе
Московского авиационного института
(национального исследовательского
университета)
А. В. ИВАНОВУ

Волоколамское шоссе, д. 4
г. Москва, 125993

Уважаемый Андрей Владимирович!

Направляю в Ваш адрес отзыв официального оппонента Верещикова Дмитрия Викторовича на диссертационную работу Щербакова Александра Игоревича «Разработка адаптивной системы управления с идентификацией математической модели летательного аппарата в реальном масштабе времени», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» в диссертационный совет 24.2.327.03.

Приложение: отзыв официального оппонента на 4-х листах, 2 экз. (оба в адрес).

Заместитель начальника ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» по учебной и научной работе доктор технических наук, доцент



Е. Кравцов

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

04.09.2026г.

ОТЗЫВ

официального оппонента Верещикова Дмитрия Викторовича
на диссертационную работу Щербакова Александра Игоревича
«Разработка адаптивной системы управления с идентификацией
математической модели летательного аппарата в реальном масштабе
времени», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика,
управление движением летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации

Развитие электродистанционных систем управления в современной авиационной практике позволило приступить к применению в принципе известных в теории управления алгоритмов и реализовывать существенно более богатый, чем было ранее, отклик летательного аппарата на усилия и перемещения командных рычагов в кабине летчиком. Более того, появилась возможность применять адаптивные алгоритмы, которые позволили приспособивать замкнутый контур «летчик - система управления - самолет» к изменяющимся условиям полета, массе, центровке, аэродинамической конфигурации, отказам, неисправностям и даже повреждениям, вызванным каким-либо внешним воздействием. Так, например, на самолете Су-30СМ применен адаптивный алгоритм с эталонной моделью, представляющей собой звено 2-го порядка. На самолетах Су-35, Як-130, Су-57 разработчики пошли далее: реализовали адаптивный алгоритм с идентификацией или настраиваемой моделью.

С одной стороны комфортность управления повышается, а с другой — появляется большое количество замкнутых контуров с различными обратными связями. При этом значения кинематических параметров в этих обратных связях многократно фильтруются, а, следовательно, провоцируется фазовое запаздывание в передаче управляющего сигнала от командных рычагов к рулевым приводам. Кроме того в зависимости от режима полета и конфигурации самолета происходит изменение не только величин параметров в обратных связях, но и их количество. Другими словами, алгоритмы управления изменяются в полете не только параметрически, но и структурно. Все это приводит к тому, что реализуется крайне неприятный эффект раскачки самолета летчиком (PIO). Предварительный фильтр, традиционно устанавливаемый после командного рычага на входе в алгоритм управления, обратные связи в алгоритме «не наблюдает» и, в ряде случаев, с задачей предотвращения PIO не справляется.

Таким образом, решение задачи создания эффективных алгоритмов управления, использующих современные достижения теории управления, электроники, конструкции летательных аппаратов, а так же устраняющих или как минимум, минимизирующих последствия несогласованности элементов замкнутого контура «летчик - система управления - самолет» представляется весьма актуальной.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

04.09.2026г.

**Достоверность и новизна научных положений,
выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Анализ содержания диссертационной работы, представленной для оппонирования, позволяет утверждать, что основным (главным) достижением автора является решение научной задачи, заключающейся в разработке адаптивной модели динамики продольного движения самолета с идентификатором которая, совместно с дополнительным префильтром, установленным перед рулевым приводом руля высоты, позволяет обеспечить, во-первых, заданное качество управления в канале тангажа и, во-вторых, не допустить раскачки самолета летчиком.

В этом отношении целесообразно отметить следующие важные моменты:

1. Автор, проектируя регулятор с использованием обратной динамики (инверсной динамики), применил, по сути дела, принцип позиционного управления скоростью тангажа. Другими словами, положение рычага управления тангажом определяет требуемое значение скорости тангажа.

2. В работе применена модель динамики самолета в канале тангажа, связывающая угловое ускорение, как производную от скорости тангажа, эффективность руля высоты и собственно угол отклонения руля высоты. Именно это позволяет оценить потребный характер отклонения руля высоты исходя из заданной летчиком скорости тангажа.

3. Принятая модель динамики продольного движения предполагает, что если в темпе управления самолетом будут известны значения моментов статической устойчивости, демпфирования и эффективность руля высоты, то это позволит «скомпенсировать собственную динамику самолета», хотя, на самом деле, речь должна идти о грамотном учете всех аэродинамических факторов, формирующих характер движения самолета в канале тангажа. Понятие «скомпенсировать собственную динамику самолета», очевидно, рождается из предположения о том, что угловое ускорение определяется главным образом, рулем высоты.

4. Оценки упомянутых моментов в темпе управления самолетом автору удастся получить путем идентификации. С точки зрения теории управления применяемая модель непрерывно настраивается.

Достоверность результатов исследований, выполненных в работе, подтверждена в ходе проведения экспериментов на пилотажных стендах.

**Степень обоснованности научных положений,
выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

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

- корректным использованием уравнений динамики полета летательных аппаратов;
- применением широко известного и апробированного математического аппарата;

- обоснованным использованием частотных методов анализа динамических характеристик объектов управления.

Замечания по диссертационной работе

В результате изучения диссертации и автореферата сформулирован следующий ряд замечаний:

1. Целью работы, по заявлению автора, в первую очередь является повышение безопасности полета, однако в содержании работы и в выводах по ней не упомянуто о критериальных показателях, позволяющих судить о достигнутом уровне безопасности полетов. Автор ограничился только тем, что в рассмотренных им случаях продемонстрировал то, что предложенный им нелинейный префильтр позволяет предотвратить раскачку самолета летчиком что, как следует полагать, действительно повышает уровень безопасности полета.

2. В диссертации применяется термин «желаемая динамика объекта управления», однако не приводятся количественные показатели параметров, характеризующих эту динамику за исключением того, что упоминается звено 1-го порядка.

Общая характеристика диссертационной работы

В целом, несмотря на отмеченные недостатки, представленная для оппонирования, диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с улучшением пилотажных характеристик летательных аппаратов за счет применения адаптивной системы управления с идентификацией параметров модели динамики объекта управления. Кроме того, автор решил задачу по предупреждению колебательного характера развития движения из-за возможного наличия несогласованности динамических свойств элементов, входящих в контур «летчик - система управления – летательный аппарат».

В диссертационной работе продемонстрировано глубокое понимание проблем, связанных динамикой полета летательных аппаратов, требованиями к их устойчивости и управляемости, результатами исследований и технических решений в области обеспечения заданного уровня пилотажных характеристик.

В списке использованной при подготовке диссертации литературы широко представлены работы, в которых отечественными и зарубежными авторами рассмотрены вопросы создания адаптивных систем управления, взаимодействия элементов системы «летчик – система управления – летательный аппарат», обеспечения требуемого уровня пилотажных характеристик.

Материалы диссертационной работы прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях, ее основные результаты опубликованы в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus и рекомендованных ВАК. Получен патент на изобретение, подтверждающий мировую новизну

нелинейного префильтра для подавления раскачки самолета летчиком, предложенного в диссертации.

Автореферат отражает основное содержание диссертации и содержит необходимые сведения для оценки научной новизны и практической значимости результатов исследований, выполненных автором.

Заключение

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная для оппонирования диссертационная работа удовлетворяет требованиям, изложенным в Постановлении Правительства РФ о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор – Щербаков Александр Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Официальный оппонент - начальник 72 кафедры авиационных комплексов и конструкции летательных аппаратов ВУНЦ ВВС «ВВА» (394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А. Тел. 8(473)244-76-10, email: vaiu@mil.ru).

кандидат технических наук, доцент

Д.В.Верещиков

30 августа 2026 г.

Начальник отдела кадров ВУНЦ ВВС «ВВА», кандидат военных наук, доцент



И.Ю.Чужинов

С отзывом ознакомлен *Щербаков А.И.*
04.09.2026