

Общество с ограниченной
ответственностью «АУРУС-АЭРО»
(ООО «АУРУС-АЭРО»)

Юридический адрес: Индустриальный пр-д,
зд. 15, стр. 1, тер. портовая особая экономическая зона,
Мирновское с.п., Чердаклинский м.р-н,
Ульяновская обл., Российская Федерация, 433405

Адрес для почтовой корреспонденции:
Ленинградский пр-кт, д. 72, к. 3, Москва, 125315

Тел.: +7 (495) 428-48-28
E-mail: office@aurus-aero.ru
ОКПО 56697102 ОГРН 1221600050594
ИНН 1655480399 КПП 730001001

Ученому секретарю
диссертационного совета
24.2.327.03,

Д.Т.Н., доценту
МАИ

Старкову А.В.

25.08.2026 № 398-УСХ
На № _____ от _____

О направлении отзыва на автореферат

Уважаемый Александр Владимирович!

В соответствии с Вашим письмом от 14.07.2026 № 035-10-327.03.115 направляем отзыв на автореферат диссертации Щербакова Александра Игоревича, выполненной на тему: «Разработка адаптивной системы управления с идентификацией математической модели летательного аппарата в реальном масштабе времени» и представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.16. «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Приложение: отзыв на автореферат Щербакова А.И. на 3 л. в 2 экз.

Генеральный директор



А.В. Степин

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор
ООО «АУРУС-АЭРО»

А.В. Степин

«25» августа 2026 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Щербакова Александра Игоревича на тему «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 (технические науки)»

Характерной чертой развития современной авиационной техники является обеспечение наивысшего уровня пилотажных характеристик путем широкого использования средств автоматизации управления. Такая тенденция приводит к существенному усложнению алгоритмов систем управления, обеспечивающих возросшие требования к точности пилотирования, робастность и адаптивность к возможным неопределенностям знаний аэродинамических характеристик летательного аппарата, а также возможным отказам элементов систем управления. Все это приводит к поиску новых подходов к синтезу алгоритмов систем управления.

Одним из направлений таких исследований является создание систем управления, базирующихся на принципе обратной динамики. Этот подход в последние годы был использован при создании систем управления ряда зарубежных ЛА военного назначения (в частности, самолета F-35, вертолета Black Hawk). Используемые в системах управления этих ЛА алгоритмы требуют предварительного знания точных значений аэродинамических характеристик, а изменение режима полета предполагает соответствующее изменение коэффициентов алгоритма в соответствии с заложенной программой. В основе предложенного автором подхода к синтезу регулятора лежит использование определения коэффициентов линеаризованной модели в реальном масштабе времени, что снимает проблемы, присущие другим способам реализации

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«14» 09 2026 г.

принципа обратной динамики, и обеспечивает адаптивные свойства системы управления в условиях отказов и неопределенности знания аэродинамики. В автореферате рассматриваются преимущества предложенного подхода по сравнению с другими подходами, обосновывается возможность использования упрощенной модели движения ЛА для синтеза регулятора, обосновывается структура и размерность так называемого «буфера» измерения фазовых координат, оценивается работоспособность системы при возникновении отказов. Автором выявлено, что использование регулятора, построенного на принципе обратной динамики, требует значительных располагаемых скоростей отклонения рулевых поверхностей, что может привести к так называемому явлению раскачки самолета летчиком. В этой связи автором предложен нелинейный префильтр, для управляющего сигнала алгоритм которого не допускает возникновения максимальных скоростей отклонения рулевых поверхностей, а также не вводит дополнительного фазового запаздывания.

Результаты работы имеют **теоретическое и практическое значение** для создания перспективных летательных аппаратов.

Научная новизна работы заключается в разработке алгоритма онлайн-идентификации параметров модели движения летательного аппарата в реальном времени, настройки на его основе законов управления регулятора с использованием принципа обратной динамики, а также в создании нелинейного префильтра-гасителя колебаний, обеспечивающего работу приводов рулей в линейной области без внесения дополнительного фазового запаздывания.

Эффективность предложенных средств автоматизации была подтверждена на пилотажном стенде для ряда ЛА (самолетов и вертолетов). Исследования, результаты которых приведены в Главе 4 диссертационной работы, показали значительное улучшение точности пилотирования и повышение субъективных оценок летчиков по сравнению с регуляторами, базирующимися на традиционных методах синтеза.

В качестве **замечаний** можно отметить следующие:

- 1) Из содержания автореферата неясно, какие параметры объекта управления меняются при моделировании отказа.
- 2) В автореферате не указана размерность буфера данных необходимая для корректных вычислений, а также не дано пояснения к параметрам «n» и «m» приведенным в описании выражения (17).
- 3) Для осуществления сравнения разработанного адаптивного алгоритма управления с традиционными средствами улучшения устойчивости выбран устаревший интегральный алгоритм, основанный на управлении по угловой скорости тангажа.

Указанные недостатки не снижают общей ценности представленной работы. Работа выполнена на высоком научном уровне, соответствует предъявляемым ВАК РФ требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Заместитель генерального директора -
Главный конструктор ООО «АУРУС-АЭРО»,
кандидат технических наук

А.Г. Арутюнов

Заместитель главного конструктора по КСУ
ООО «АУРУС-АЭРО»

С.В. Байков

Ведущий инженер-конструктор отдела
устойчивости и управляемости,
кандидат технических наук

А.Н. Козяйчев

Общество с ограниченной ответственностью «АУРУС-АЭРО»

Юридический адрес: 433405, Ульяновская область, м.р-н Чердаклинский,
с.п. Мирновское, тер. Портовая особая экономическая зона, пр-д Индустриальный,
зд. 15 стр. 1

Почтовый адрес: 125315, г. Москва, Ленинградский проспект, д.72, к.3

Электронная почта: office@aurus-aero.ru