

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.03

Соискатель: Воронин Александр Юрьевич

Тема диссертации: Разработка реконфигурируемых алгоритмов электродистанционной системы управления вертолёта

Специальность: 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании «18» июня 2026 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Воронину Александру Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, А.И. Болкунов, В.А. Воронцов, А.В. Ефремов, С.Ю. Желтов, К.А. Занин, Д.А. Козорез, М.С. Константинов, М.М. Матюшин, С.Н. Падалко, В.Г. Петухов, Г.Г. Райкунов, В.В. Родченко, К.И. Сыпало, Ю.В. Тюменцев.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.03, д.т.н., доцент

Старков Александр Владимирович

Проректор по научной работе, д.т.н., доцент

Иванов Андрей Владимирович



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.03

созданного на базе Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный
институт (национальный исследовательский университет)»
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
(МАИ)

по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18.06.2026 г., протокол № 11

О присуждении **Воронину Александру Юрьевичу**, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка реконфигурируемых алгоритмов
электродистанционной системы управления вертолѐта» по специальности
2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов
(технические науки) принята к защите «02» апреля 2026 года, протокол № 04,
диссертационным советом 24.2.327.03 на базе Федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ,
Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4,
приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Воронин Александр Юрьевич, «25» февраля 1985 года
рождения. В 2008 г. окончил Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Московский физико-технический
институт (государственный университет)» (МФТИ) по специальности
«Прикладная математика и физика» с присуждением квалификации магистр. В
2011 году окончил обучение в очной аспирантуре Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Московский физико-технический институт (государственный
университет)» (МФТИ) по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика,
управление движением летательных аппаратов» (удостоверение о сдаче
кандидатских экзаменов № 01 выдано «13» января 2025 г.).

В период подготовки диссертации и в настоящее время соискатель Воронин
Александр Юрьевич работает в научно-исследовательском отделении № 15
научно-исследовательского центра безопасности полетов Федерального
автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени
профессора Н.Е. Жуковского» ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» в
должности научного сотрудника.

Диссертация выполнена в Федеральном автономном учреждении «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» в научно-исследовательском отделении № 15 научно-исследовательского центра безопасности полетов.

Научный руководитель – Баженов Сергей Георгиевич, доктор технических наук, доцент, начальник научно-исследовательского отделения № 15 научно-исследовательского центра безопасности полетов Федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского», по совместительству заведующий кафедрой С-12 «Аэромеханика, управление и навигация ЛА» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) филиала «Стрела», по совместительству профессор учебного и научно-исследовательского центра по аэромеханике и летательной технике (УНИЦ АЛТ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ).

Официальные оппоненты:

1. Верещиков Дмитрий Викторович – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент, начальник 72 кафедры авиационных комплексов и конструкции летательных аппаратов Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации (ВУНЦ ВВС «ВВА»).

2. Ефимов Вадим Викторович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА).

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Акционерное общество Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени О.В. Успенского (АО МНПК «Авионика»), г. Москва, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании научно-технического совета АО МНПК «Авионика» (15 апреля 2026 года, протокол № 2), подписанном главным конструктором ТН-31

АО МНПК «Авионика», доктором технических наук, доцентом А.М. Бронниковым, главным конструктором по инновационным проектам ТН-17 АО МНПК «Авионика», заместителем председателя НТС, кандидатом технических наук, доцентом В.С. Кулабуховым и утвержденном генеральным директором АО МНПК «Авионика» А.А. Угловым, указала, что диссертация полностью отвечает требованиям «Положения о порядке присуждении учёных степеней» ВАК РФ, а соискатель, Воронин Александр Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 11 работ, включающих 3 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, из которых 3 в соответствии с рекомендациями ВАК РФ отнесены к категории К1, 1 работа в издании, индексируемом в международной реферативной базе данных SCOPUS.

Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

Статьи в рецензируемых журналах из Перечня ВАК, соответствующие специальности 2.5.16:

1. А.Г. Бюшгенс, А.Ю. Воронин, В.М. Кувшинов, В.А. Леонтьев Синтез алгоритмов системы управления беспилотного летательного аппарата типа конвертоплан // Ученые записки ЦАГИ. – 2018, т. XLIX, № 2, с. 39–61 (12 с. авт., Категория К1 с 01.01.2024 г., № 2095 в перечне ВАК на 09.06.2018 г., включен в «Белый список» РЦНИ). Личный вклад автора заключается в синтезе интегральных алгоритмов системы управления конвертопланом в каналах тангажа, крена и рыскания для режимов висения и малых скоростей полёта, на которых конвертоплан является вертолётom поперечной схемы.

2. А.Ю. Воронин, В.М. Кувшинов Применение интегральных алгоритмов в ЭДСУ вертолета // Ученые записки ЦАГИ. – 2021, т. LII, № 1, с. 65–76 (8 с. авт., Категория К1 с 01.01.2024 г., № 2332 в перечне ВАК на 27.01.2021 г., включен в «Белый список» РЦНИ). Личный вклад автора заключается в разработке методики исследования динамики вертолётa с системой управления с использованием эквивалентных моделей и определении рациональных значений параметров алгоритма с точки зрения современных требований к динамике вертолётов.

3. А.Ю. Воронин Использование эталонной модели в алгоритмах продольного управления самолётa // Ученые записки ЦАГИ. – 2024, т. LV, № 2, с. 47–57 (Категория К1 с 01.01.2024 г., № 2908 в перечне ВАК на 09.12.2024 г., включен в «Белый список» РЦНИ).

Статьи в журналах, индексируемых в иностранных библиографических и реферативных базах данных (SCOPUS, Web Of Science):

1. A.Y. Voronin, V.M. Kuvshinov Design technique of integral algorithms of helicopter FBW control system // Proceedings of the 32nd Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS 2021), paper 0534. – 2021 (6 с. авт., Scopus).

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1) Акционерное общество Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени О.В. Успенского, ведущая организация. Отзыв положительный.

В качестве замечаний по диссертационной работе отмечены следующие:

1. В диссертационной работе не рассматриваются последствия отказов в системе управления.

2. Не рассмотрена логика переключения между «земным» и полётным режимами работы ЭДСУ, хотя этот вопрос актуален для интегральных алгоритмов управления.

3. В работе исследуются алгоритмы ЭДСУ только для каналов тангажа, крена и рыскания, хотя автоматизация канала общего шага также может повысить безопасность полёта.

4. В работе справедливо отмечается существенное отличие и преимущество разработанных интегральных алгоритмов с эталонной моделью в сравнении с известными реализациями алгоритмов с эталонной моделью и инверсной моделью неавтоматизированного вертолёт типа EMF, в которых сигналы углов тангажа, крена и рыскания нужны даже для минимальной степени автоматизации ручного управления. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что и в рамках класса алгоритмов EMF потенциально могут быть разработаны инверсные модели неавтоматизированного вертолёт, требующие минимального информационного обеспечения ЭДСУ для ручного управления вертолёт.

5. В диссертационной работе встречаются неточности и опечатки, в частности:

- на некоторых рисунках (например, 2.16, 2.17, 2.20) нет обозначений «а» и «б», хотя в тексте есть ссылки на них;
- в таблице 2.1 неверно указана размерность производных демпфирования.

2) Верещиков Дмитрий Викторович, официальный оппонент, кандидат технических наук. Отзыв положительный, заверен старшим помощником строевого отдела ВУНЦ ВВС «ВВА» И. Антоновым.

Замечания по диссертационной работе:

1. Целью работы, по заявлению автора, является не только разработка реконфигурируемых алгоритмов ЭДСУ, но и повышение безопасности полёта. Представляется вполне вероятным, что применение предложенных автором законов работы ЭДСУ высокого уровня пилотажных характеристик, должно обеспечить более высокий, чем было ранее уровень безопасности полётов, однако в работе не уделено внимания выбору показателей и не приведена сравнительная оценка этого свойства.

2. В работе не рассмотрены вопросы обеспечения отказобезопасности предложенных законов управления и применения упрощенных, резервных алгоритмов.

3) Ефимов Вадим Викторович, официальный оппонент, доктор технических наук. **Отзыв положительный**, заверен начальником управления персоналом МГТУ ГА А.В. Буниным.

Замечания по диссертационной работе:

1. Достоверность полученных в работе результатов оценивалась без опоры на натурное моделирование.

2. В работе предлагается реконфигурация алгоритмов управления автоматически или по желанию лётчика, но критериев для реконфигурации не представлено.

3. В автореферате к диссертации не все входящие в формулы обозначения расшифрованы.

4) Публичное акционерное общество «Московский институт электромеханики и автоматики» (ПАО «МИЭА»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела 901 ПАО «МИЭА», д.т.н. А.В. Гребенкиным, заверен ученым секретарем, к.т.н., с.н.с. О.Б. Кербер, утвержден генеральным директором ПАО «МИЭА» П.Е. Данилиным.

В качестве замечания указано, что автор не приводит методику коррекции параметров эквивалентной модели по результатам лётных испытаний.

5) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан старшим научным сотрудником лаборатории № 46 ИПУ РАН, к.т.н. А.В. Скрыбиным, заверен зав. общим отделом Н.П. Васильевой.

В качестве недостатка указано то, что масштабность работы, охватывающей несколько категорий вертолётов, набор эксплуатационных сценариев, многоуровневую структуру применяемых реконфигурируемых алгоритмов, широкий набор параметров и критериев оценки характеристик, затрудняет восприятие основных (значимых) выводов.

6) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан профессором кафедры аэрофизики и летательных аппаратов ПИШ ФАЛТ, д.ф.-м.н. В.И. Шалаевым, заверен директором ПИШ ФАЛТ М.А. Кудровым.

В качестве замечания отмечен относительно небольшой объём стендовой отработки предложенных автором алгоритмов ЭДСУ.

7) Акционерное общество «Национальный центр вертолестроения им. М.Л. Миля и Н.И. Камова» (АО «НЦВ Миль и Камов»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан главным конструктором – начальником отделения перспективного проектирования ОКБ АО «НЦВ Миль и Камов», к.ф.-м.н. М.И. Мясниковым, заверен директором службы кадров и развития персонала Г.И. Ныrkовой.

В качестве замечаний к автореферату можно отметить следующее:

1. В качестве признака для классификации вертолётов, помимо полётной массы, автор использует конструкцию несущего винта: шарнирная или бесшарнирная (табл. 2). Хотя лёгкие вертолёты с бесшарнирным несущим винтом действительно могут обладать очень высоким собственным демпфированием, существуют конструкции таких винтов, имеющие характеристики устойчивости и управляемости аналогичные шарнирным (например, на вертолётах фирмы Bell). В связи с этим автору следовало бы уточнить, что речь идёт только о бесшарнирных винтах с большим эквивалентным разнесом горизонтальных шарниров.

2. Автор провёл расчёты только для одновинтовых вертолётов с рулевым винтом. В то же время, большой интерес представляли бы результаты для вертолётов других схем – в первую очередь, соосных.

3. Автором не приводится анализ качества и устойчивости предлагаемых алгоритмов для всего диапазона режимов полёта вертолёта и дается только для висения, малых скоростей полёта и полёта на скорости 150 км/ч.

4. В автореферате не рассматриваются алгоритмы переключения («сшивки») предлагаемых алгоритмов при переходе от одного режима полёта к другому.

5. Из автореферата не ясно, проводился ли анализ чувствительности предлагаемых алгоритмов к точности соответствия параметров эталонной модели моделируемому объекту управления.

8) Акционерное общество «Конструкторское бюро промышленной автоматики», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан ведущим специалистом лабораторного сектора алгоритмического обеспечения аппаратов вертолетного типа отдела математического обеспечения, д.ф.-м.н. Ю.А. Блинковым, заверен директором по персоналу Л.П. Пролеткиной.

Отмечены следующие замечания:

1. Хотя одной из основных целей работы названо повышение безопасности полёта, она рассматривается только с точки зрения алгоритмов ЭДСУ, в то время как влияние на безопасность отказов в самой ЭДСУ не проанализировано.

2. Практический интерес представляла бы оценка возможности реализации реконфигурируемых алгоритмов в гидромеханической системе управления, однако необходимые для этого хода сервоприводов автоматики автором не приводятся.

3. Название «ADS-33» для стандарта, используемое автором в работе, является устаревшим. В настоящее время он переименован в MIL-DTL-32742.

9) Публичное акционерное общество «Объединенная авиастроительная корпорация» Опытно-конструкторское бюро Сухого («ОКБ Сухого»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан главным конструктором по системам управления ЛА, д.т.н., профессором С.В. Константиновым и главным конструктором по аэродинамике, к.т.н., с.н.с. А.З. Тарасовым, утвержден первым заместителем директора филиала – управляющим директором ОКБ ОТА – директором ОКБ Сухого, к.т.н. М.Ю. Стрельцом.

В качестве недостатков диссертационной работы можно указать следующие:

1. Автор указывает, что реконфигурация законов управления предложенного многоконтурного алгоритма управления ЭДСУ может производиться либо летчиком, либо автоматически, однако не описывает никаких способов автоматического включения/переключения контуров и выбора типа реакции из набора (Rate, RC, RCAN, ACAN, TRC);

2. На рис. 2 и 4 на блок-схемах изображены скалярные передаточные функции, имеющие два независимых входных сигнала;

3. При построении эталонной модели используется квадратичный критерий в виде суммы квадратов разностей амплитуд и фаз с весовым множителем, выбор величины которого (0.02) не поясняется.

10) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан доцентом кафедры «Системы автоматического управления», директором НИИ информатики и систем управления МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н. Н.А. Чулиным, заверен руководителем научно-учебного комплекса «Информатика и системы управления» А.В. Пролетарским.

В качестве замечаний можно отметить:

1. В работе не рассматриваются вопросы интеграции разработанных алгоритмов управления с рычагами управления. Известно, что тип рычага

(центральный или боковой, с возможностью снятия усилия или без) сам по себе в значительной мере определяет требования к алгоритмам ЭДСУ.

2. Из текста автореферата и диссертации не ясно, достаточно ли эффективно работает используемый алгоритм компенсации перекрёстных связей во всех рассматриваемых случаях, или его придётся синтезировать и настраивать каждый раз заново.

11) Акционерное общество Институт Авиационного Приборостроения «Навигатор» (АО «Навигатор»), отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан начальником научно-исследовательского сектора АО «Навигатор», д.т.н. О.И. Саутой, заверен специалистом по кадровому делопроизводству С.Н. Стрельцовой.

К недостаткам автореферата можно отнести:

1. Отсутствие оценки влияния на пилотажные характеристики вертолета перекрёстных связей каналов управления и отсутствие описания предложенного блока компенсации этого влияния.

2. Отсутствие количественных значений при сравнении характеристик предложенных новых алгоритмов ЭДСУ с традиционно используемыми в системах управления, что затрудняет определение эффективности разработки.

3. Из автореферата не ясно, на сколько повысится безопасность полета при использовании новых алгоритмов ЭДСУ, что является целью данной работы.

4. В автореферате не указано, использовались ли предложенные алгоритмы при разработке конкретных ЭДСУ на промышленных предприятиях.

12) Общество с ограниченной ответственностью «АУРУС-АЭРО» (ООО «АУРУС-АЭРО»), отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан заместителем генерального директора – главным конструктором ООО «АУРУС-АЭРО», к.т.н. А.Г. Арутюновым и заместителем главного конструктора по КСУ ООО «АУРУС-АЭРО» С.В. Байковым, утвержден генеральным директором ООО «АУРУС-АЭРО» А.В. Степиным.

В качестве замечаний следует отметить следующие:

1. В автореферате не хватает оценки характеристик устойчивости и управляемости вертолётов с разработанными алгоритмами ЭДСУ с точки зрения перекрёстного взаимодействия каналов управления (продольное, поперечное и путевое движение вертолётá считались изолированными).

2. Синтез алгоритмов управления в каждом из трёх рассмотренных случаев проведён для ограниченной области режимов полёта: либо для висения и малых скоростей полёта, либо для больших скоростей полёта.

3. Принятая в математической модели аппроксимация динамики силовых приводов, фильтров сигналов обратных связей и цифровой реализации ЭДСУ посредством звеньев чистого запаздывания без учета нелинейностей требует дальнейшей проработки в части повышения детализации расчётной модели.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом разработки систем управления летательных аппаратов и моделирования процессов управления, в том числе, в области соответствующей паспорту специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки), и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

АО МНПК «Авионика» является одним из ведущих предприятий России по научным исследованиям и разработкам в области архитектуры, структуры и алгоритмов электродистанционных систем управления летательных аппаратов, прикладного программного обеспечения, наземным и лётным испытаниям летательных аппаратов. Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с разработкой электродистанционных систем управления летательных аппаратов и их алгоритмов. А.М. Бронников – главный конструктор ТН-31 АО МНПК «Авионика», доктор технических наук, автор более 80 научных работ, в том числе по тематике создания алгоритмов адаптивного управления с эталонной моделью для вертолетов и самолетов. В.С. Кулабухов – главный конструктор по инновационным проектам ТН-17 АО МНПК «Авионика», заместитель председателя НТС, кандидат технических наук, автор более 100 научных работ, в том числе по ЭДСУ летательных аппаратов.

Верещиков Дмитрий Викторович – автор более 70 научных работ. Под руководством Д.В. Верещикова проводятся исследования по разработке алгоритмов управления полётом самолётов и вертолёт, математическому и стендовому моделированию задач динамики полёта.

Ефимов Вадим Викторович – автор более 60 научных работ. Под руководством В. В. Ефимова проводятся исследования по аэродинамике и динамике вертолёт, в т.ч. на критических режимах полёта, таких как неуправляемое вращение по рысканию.

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Ефремов Александр Викторович	д.т.н., проф., 2.5.16.
Константинов Михаил Сергеевич	д.т.н., проф., 2.5.16.
Красильщиков Михаил Наумович	д.т.н., проф., 2.3.1.
Малышев Вениамин Васильевич	д.т.н., проф., 2.5.16.
Борисов Евгений Александрович	к.т.н., ФАУ «ЦАГИ»
Леонтьев Вениамин Александрович	д.т.н., доц., ФАУ «ЦАГИ»

Диссертационный совет отмечает, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, соответствует паспорту

специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки), а **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Синтезирован универсальный многоконтурный реконфигурируемый алгоритм для продольного, поперечного и путевого каналов управления вертолѐта с электродистанционной системой управления, который в зависимости от задачи пилотирования позволяет реализовать необходимые характеристики управляемости (тип реакции), что соответствует современным требованиям к пилотажным характеристикам вертолѐтов и позволяет повысить безопасность полѐта.

2. Разработан интегральный алгоритм с эталонной моделью для использования во внутреннем контуре электродистанционной системы управления вертолѐта.

3. Для исследования динамики вертолѐта с электродистанционной системой управления разработана методика, основанная на применении эквивалентных моделей, с помощью которой могут быть получены численные оценки основных нормируемых характеристик устойчивости и управляемости.

4. Проведены расчѐтные и стендовые исследования, результаты которых показывают, что разработанные алгоритмы могут применяться на вертолѐтах различной взлѐтной массы.

Проведенные исследования являются **новыми**, выносимые автором на защиту результаты исследований, получены впервые, а их **новизна** заключается в том, что:

1. Универсальный многоконтурный реконфигурируемый алгоритм разработанной автором структуры ранее не использовался в ЭДСУ вертолѐтов и обладает рядом преимуществ перед существующими аналогами. В частности, он имеет более простую структуру и предъявляет не столь высокие требования к информационному обеспечению, что упрощает его практическую реализацию;

2. Интегральный алгоритм с эталонной моделью впервые применѐн в ЭДСУ вертолѐта, что позволило практически полностью исключить негативное влияние интегральной части алгоритма на характеристики управляемости в области средних частот, наиболее сильно проявляющееся у вертолѐтов с высоким собственным аэродинамическим демпфированием.

3. Разработанная методика исследования характеристик устойчивости и управляемости вертолѐта в отличие от ранее применявшихся, более полно учитывает собственные динамические характеристики неавтоматизированного вертолѐта, что улучшает точность оценок, получаемых с помощью этой методики.

Теоретическая значимость состоит в разработке методического подхода к синтезу алгоритмов управления вертолѐта с электродистанционной системой управления, в котором учтены современные требования к вертолѐту как объекту управления и его характеристикам устойчивости и управляемости. Теоретически обоснована возможность использования во внутреннем контуре ЭДСУ интегрального алгоритма с эталонной моделью. Предложенная в работе методика оценки с применением эквивалентных моделей динамики и безразмерных переменных обеспечивает обоснованный выбор этих параметров, т.к. позволяет установить зависимость основных нормируемых характеристик устойчивости и управляемости вертолѐта от параметров алгоритма ЭДСУ.

Практическая значимость работы заключается в том, что рекомендации по структуре и рациональному выбору параметров алгоритмов ЭДСУ, выработанные в ней в том числе на конкретных примерах синтеза таких алгоритмов, могут быть использованы при создании перспективных вертолѐтов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные методики синтеза алгоритмов управления прошли успешную апробацию при обсуждении на 2 международных и 7 отраслевых конференциях и семинарах.

Основные результаты работы получены и использованы в рамках НИР, выполняемых ФАУ «ЦАГИ» по заказу Министерства промышленности и торговли РФ (шифры «Аэробус», «ВКЛА-2025», «Конверт-2»).

Кроме того, значение полученных соискателем результатов диссертационного исследования для практики подтверждается актами о внедрении результатов диссертации:

1. Акт внедрения от 30 марта 2026 г. в АО «НЦВ Миль и Камов» научных результатов диссертационной работы Воронина Александра Юрьевича в рамках ОКР «Минога».

2. Акт о внедрении от 22 января 2026 г. в Национальном исследовательском центре «Институт имени Н.Е. Жуковского» научных результатов диссертации Воронина Александра Юрьевича в научно-исследовательской работе «Аэрогород».

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в АО МНПК «Авионика», АО «НЦВ Миль и Камов», АО «КБПА» и других организациях, занимающихся разработкой алгоритмов управления вертолѐтов.

Оценка достоверности результатов исследования свидетельствует о высокой степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в работе. Соискатель корректно применил методы исследования

динамики полёта и синтеза алгоритмов управления, использовал объективные критерии устойчивости и управляемости. Достоверность проведенных расчётных исследований подтверждается высоким уровнем соответствия результатов с использованием эквивалентных и полных моделей динамики вертолётa, а также экспериментальными данными, полученными при стендовом моделировании.

В диссертации научно обоснованы новые технические решения, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли страны в части разработки алгоритмов электродистанционных систем управления перспективных вертолётa, а именно:

1. Многоконтурный реконфигурируемый алгоритм для продольного, поперечного и путевого управления вертолётa с ЭДСУ, обеспечивающий реализацию различных форм управляемого движения (типов реакции) и повышение безопасности полёта.

2. Интегральный алгоритм управления с эталонной моделью для внутреннего контура ЭДСУ, обладающий преимуществами перед алгоритмами традиционной структуры: слабой зависимостью характеристик управляемости от интегрального коэффициента усиления и возможностью эффективного использования на вертолётaх с высоким собственным демпфированием углового движения.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. В работе используются только линейные модели динамики вертолётa и линейные методы анализа.

2. В работе не представлены результаты оценки влияния внешних возмущений на движение вертолётa с разработанными алгоритмами ЭДСУ.

Соискатель Воронин А.Ю. ответил на задаваемые вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Хотя основные результаты работы получены с использованием линейных методов, одна из моделей, для которой был проведен синтез алгоритмов ЭДСУ, является нелинейной в отношении как самого вертолётa, так и системы управления. При исследовании пилотажных характеристик этого вертолётa как при математическом, так и при стендовом моделировании рассматривались управляющие воздействия в том числе средней и большой амплитуды. Это позволило подтвердить, что наличие в модели нелинейностей не влияет на основные результаты, полученные с использованием линейных методов.

2. За основу требований к пилотажным характеристикам вертолётa с ЭДСУ в диссертационной работе принят стандарт ADS-33, в котором отсутствуют количественные требования к динамике при действии на вертолёт внешних возмущений. В связи с этим такая оценка не проводилась.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 18 июня 2026 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли страны в части разработки алгоритмов управления и повышения безопасности полёта перспективных высокоавтоматизированных вертолётов, присудить Воронину Александру Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки), участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., профессор
Малышев Вениамин Васильевич



Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., доцент
Старков Александр Владимирович



Проректор по научной работе, д.т.н., доцент
Иванов Андрей Владимирович



«18» июня 2026 г.