

096271



**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**

22.04.2016 № 17-08-10

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Председателю диссертационного  
совета  
24.2.327.03 на базе федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения  
высшего образования «Московский  
авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)» (МАИ)  
Малышеву В.В.

125993, Москва, Волоколамское  
шоссе, д. 4, МАИ, отдел подготовки  
кадров высшей квалификации

Уважаемый Вениамин Васильевич !

Направляю отзыв ведущей организации на диссертацию Воронина Александра Юрьевича на тему «Разработка реконфигурируемых алгоритмов электродистанционной системы управления вертолѐта», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)

Приложение: отзыв, 2 экз.

Управляющий директор АО МНПК «Авионика»



*[Handwritten signature]*

В.Ф. Заец

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

29.04.2016

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор  
АО МППК «Авионика»

А.А. Углов

«29» 04 2026 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Воронина Александра Юрьевича

«Разработка реконфигурируемых алгоритмов электродистанционной системы управления вертолёт», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)

Обеспечение безопасности полётов имеет важнейшее значение для авиационной отрасли. В настоящее время на первый план среди причин авиационных происшествий выходит человеческий фактор. Снизить вероятность ошибок пилотирования можно путём повышения степени автоматизация управления самолётов и вертолёт. Возможности современных электродистанционных систем управления (ЭДСУ) позволяют достичь характеристик устойчивости и управляемости летательных аппаратов, близких к безупречным с точки зрения лётчика, что минимизирует влияние человеческого фактора на безопасность полётов. Поскольку вертолёт эксплуатируются в сложных условиях, включающих маневрирование вблизи земли и препятствий и работу со взлётно-посадочных площадок ограниченного размера, роль автоматизации управления для них особенно велика. Это делает тему диссертационной работы весьма **актуальной**.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

29. 04 2026

Основной целью работы А.Ю. Воронина является разработка универсальных реконфигурируемых алгоритмов управления для вертолётов с ЭДСУ, позволяющих выполнить современные требования к характеристикам устойчивости и управляемости вертолётов и, как следствие, повысить безопасность полёта. Под реконфигурацией алгоритмов автор понимает возможность изменения типа реакции вертолёт, то есть типа отклика на управляющие действия лётчика, в зависимости от условий полёта. Универсальность подразумевает возможность применения этих алгоритмов на вертолётах различного класса и назначения.

В диссертационной работе автором решены следующие задачи:

1. Проанализированы нормативные требования к характеристикам устойчивости и управляемости вертолётов и определены основные, оказывающие наибольшее влияние на синтез алгоритмов управления.
2. Разработана структура алгоритма управления вертолёт с ЭДСУ, с помощью которой могут быть выполнены эти требования и повышена безопасность полёта.
3. Разработана методика выбора параметров предложенного алгоритма управления.

При решении этих задач диссертантом получены результаты, обладающие **научной новизной и теоретической значимостью:**

1. Синтезирован универсальный многоконтурный реконфигурируемый алгоритм для продольного, поперечного и путевого каналов управления вертолёт с ЭДСУ, с помощью которого могут быть получены типы реакции, заданные в современных нормативных требованиях к характеристикам устойчивости и управляемости вертолётов. Алгоритм может быть использован на вертолётах различного класса и назначения и имеет ряд преимуществ перед существующими аналогами.
2. Для внутреннего контура ЭДСУ вертолёт разработан интегральный алгоритм с эталонной моделью, позволяющий практически полностью исключить

негативное влияние интегральной части алгоритма на характеристики управляемости в области средних частот. Применение данного алгоритма позволяет получить заданные пилотажные характеристики в том числе на вертолётах с высоким собственным аэродинамическим демпфированием углового движения.

3. Предложена методика оценки характеристик устойчивости и управляемости вертолёта с ЭДСУ с использованием эквивалентных моделей динамики, которая в отличие от существующих, учитывает собственные динамические характеристики неавтоматизированного вертолёта.

**Практическая ценность** диссертационной работы А.Ю. Воронина состоит в том, что в ней выработаны конкретные рекомендации по синтезу алгоритмов ЭДСУ для вертолётов, которые проиллюстрированы примерами использования разработанных подходов.

Результаты, полученные в диссертационной работе А.Ю. Воронина, **могут быть рекомендованы** для практического использования в АО МНПК «Авионика», АО «НЦВ Миль и Камов», АО «КБПА» и в других организациях, занимающихся разработкой алгоритмов управления вертолётов.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во **введении** аргументированно доказана актуальность темы работы, сформулированы цели и задачи, указан объект исследования, дано обоснование научной новизны, практической и теоретической значимости, а также перечислены основные положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** посвящена анализу мирового опыта в области разработки алгоритмов управления для вертолётов с ЭДСУ. В результате выбрана структура математических моделей динамики вертолётов, необходимая для решения этой задачи, сформированы основные требования к устойчивости и управляемости вертолётов с ЭДСУ на основе стандарта ADS-33, дана оценка достоинств и недостатков алгоритмов, получивших распространение на зарубежных вертолётах.

Во **второй главе** представлено описание разработанного автором реконфигурируемого многоконтурного алгоритма управления вертолётom для каналов ЭДСУ по тангажу, крену и рысканию. Структура алгоритма позволяет изменять тип реакции вертолётa на управляющие действия лётчика и обеспечивает заданные статические характеристики управляемости для каждого из типов реакции. Что касается динамики переходных процессов, то для их анализа в широком диапазоне изменения собственных характеристик устойчивости и управляемости вертолётov автором разработана методика, основанная на применении эквивалентных моделей динамики низкого порядка и безразмерных переменных. С помощью этой методики получены оценки основных нормируемых показателей пилотажных характеристик с разработанными многоконтурными алгоритмами ЭДСУ. В результате установлено, что при использовании во внутреннем контуре пропорционально-интегрального алгоритма традиционной структуры заданные пилотажные характеристики могут быть обеспечены в канале рыскания вертолётov всех классов и в канале тангажа средних и тяжёлых вертолётov. В других случаях при типе реакции по угловой скорости переходные процессы имеют повышенное перерегулирование, а полоса пропускания недостаточна.

В **третьей главе** рассматривается новая структура алгоритма внутреннего контура ЭДСУ — разработанный автором интегральный алгоритм с эталонной моделью. В главе обоснована структура передаточной функции эталонной модели и дана методика выбора её параметров. С применением того же подхода, что и во второй главе, показано, что при использовании эталонной модели удаётся снять ограничения по применимости многоконтурного алгоритма ЭДСУ, указанные выше. Это решает основную задачу диссертационной работы — разработку универсальных алгоритмов ЭДСУ вертолётa, используя которые можно выполнить современные требования к пилотажным характеристикам и повысить безопасность полётa.

В **четвёртой главе** проведен синтез алгоритмов разработанной структуры для трёх транспортных вертолёт (тяжёлого, среднего и лёгкого), динамика которых описана полными (неупрощёнными) моделями, в том числе линейной моделью высокого порядка и нелинейной. В результате показано, что допущения, сделанные во второй и третьей главах при использовании эквивалентных моделей, приводят к незначительному (как правило, не более 10 %) отличию между оценками и точными значениями основных нормируемых показателей пилотажных характеристик. Кроме того, подходы к выбору параметров алгоритмов ЭДСУ, использованные ранее для изолированного движения в одном канале управления, расширены на полное пространственное движение вертолёт с учётом влияния перекрёстных связей. Математическое и стендовое моделирование показывает, что во всех трёх рассмотренных случаях характеристики устойчивости и управляемости вертолёт соответствуют Уровню 1 принятых требований.

Вышесказанное позволяет считать полученные результаты **достоверными и обоснованными**.

В **заключении** перечислены основные результаты диссертационной работы и сформулированы перспективные направления дальнейших исследований по теме диссертации.

**Автореферат** отражает содержание диссертации и позволяет получить о ней достаточно полное представление. Количество публикаций и степень апробации работы достаточны для положительной оценки.

Отмечая актуальность, научную обоснованность, практическую значимость работы, необходимо указать следующие её **недостатки**:

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 вертолётa типа ЕМФ, 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 ЕМФ потенциально могут быть разработаны инверсные модели неавтоматизированного вертолётa, требующие минимального информационного обеспечения ЭДСУ для ручного управления вертолетом.
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.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации А.Ю. Воронина, которая является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне, содержащей новые научные результаты и обладающей практической значимостью. Работа полностью отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ, а её автор Воронин Александр Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании НТС АО Московский научно-производственный комплекс «Авионика» им. О.В. Успенского (АО МНПК «Авионика»), протокол от «15» апреля 2026 г. № 2.

Отзыв составили:

доктор технических наук, доцент

Бронников Андрей Михайлович

Главный конструктор ТН-31 АО МНПК «Авионика»

кандидат технических наук, доцент

Кулабухов Владимир Сергеевич

Главный конструктор по инновационным проектам ТН-17

АО МНПК «Авионика», заместитель председателя НТС

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

Почтовый адрес: 127055, г. Москва ул. Образцова, 7

Адрес электронной почты: [avionika@mnpk.ru](mailto:avionika@mnpk.ru)

Телефон: +7(495)771-66-09

Подписи Бронникова Андрея Михайловича и Кулабухова Владимира Сергеевича  
заверяю

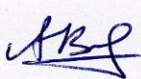
Помощник управляющего директора по кадрам-начальник отдела кадров

Акционерного общества Московский научно-производственный комплекс  
«Авионика» имени О.В. Успенского

О.Б. Прибылова

«22» апреля 2026 г.



С отзывами ознакомлен  Воронин А.И.  
29.04.2026