

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.12

Соискатель: Прохоров Павел Дмитриевич

Тема диссертации: Разработка двухканальной системы измерения положения лопастей вертолета

Специальность: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника), 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 21 декабря 2017 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 Прохорову Павлу Дмитриевичу 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, Л.В. Вишнякова, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, К.А. Занин, А.И. Кибзун, М.С. Константинов, В.П. Махров, С.Н. Падалко, В.Г. Петухов, В.Н. Почукаев, В.В. Родченко, Ю.В. Тюменцев, Г.Ф. Хахулин, А.В. Шаронов.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.

 А.В. Старков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.12
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»
Министерства образования и науки Российской Федерации (ФГБОУ ВО МАИ)
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 21.12.2017 г., протокол № 26

О присуждении **Прохорову Павлу Дмитриевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка двухканальной системы измерения положения лопастей вертолета» по специальностям: 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите «29» сентября 2017, протокол № 15, диссертационным советом Д 212.125.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк. от 11.04.2012 г.

Соискатель Прохоров Павел Дмитриевич 1991 года рождения, в 2008 г. окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО МАИ) по специальности «Прицельно-навигационные системы летательных аппаратов» с присуждением квалификации «инженер».

В период подготовки диссертации соискатель обучался в очной аспирантуре кафедры № 704 «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» факультета «Робототехнические и интеллектуальные системы» ФГБОУ ВО МАИ и работал в научно-исследовательском отделе кафедры «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» в должности инженера.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО МАИ на кафедре № 704 «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов».

Научный руководитель – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» факультета «Робототехнические и интеллектуальные системы» ФГБОУ ВО МАИ **Ким Николай Владимирович**.

Научный консультант – доктор технических наук, главный конструктор АО «Камов» **Аникин Виктор Андреевич**.

Официальные оппоненты:

1. Андреев Виктор Павлович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры «Сенсорные и Управляющие Системы» ФГБОУ ВО Московского государственного технологического университета «СТАНКИН».

2. Михайлов Борис Борисович – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент кафедры «Робототехнические системы и мехатроника» ФГБОУ ВО «Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)».

Дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА), г. Москва, дало **положительное заключение** (заключение было заслушано и одобрено 24 октября 2017 года на заседании кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» (протокол заседания от 24 октября 2017 г. №3), подписано заведующим кафедрой «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» доктором технических наук, профессором Ципенко В.Г., профессором кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов», доктором технических наук, доцентом Ефимовым В.В., ученым секретарем кафедры

«Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» Ефимовой М.Г. и утверждено 15 ноября 2017 г. проректором по научной работе и инновациям, доктором технических наук, профессором Воробьевым В.В.). В заключении указано, что диссертационная работа Прохорова П.Д. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, имеющая существенное значение, обладающая внутренним единством и содержащая новые научные результаты, достоверность которых не вызывает сомнения, прошла достаточную апробацию и полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК при Министерстве образования и науки РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью в области науки по специальностям: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника) (технические науки)», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» проводит обширные научные исследования по приоритетным направлениям гражданской авиации, таких как: инженерно-техническое обеспечение безопасности на воздушном транспорте, математическое моделирование сложных систем, исследование новых технологий обработки сигналов и информации в приложении к задачам управления ресурсами и транспортом, эффективность технической эксплуатации, безопасность полетов, лётно-техническая эксплуатация.

Андреев Виктор Павлович - автор более 120 научных трудов. Область научных интересов - информационно-измерительные системы, многокамерные системы технического зрения, разработка и совершенствование методов обработки видеосигналов и анализа изображений, использование сетевых технологий в робототехнике.

Михайлов Борис Борисович является автором более 100 научных работ. Область научных интересов – системы технического зрения, в частности, в вопросах структурной подсветки для телевизионной системы объемного зрения робототехнических комплексов, системах стереозрения, распознавания объектов.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 3-х научных работах, опубликованных в научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК. Всего по теме диссертации соискатель имеет 12 опубликованных работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Аникин, В.А. Оценка положения лопасти вертолета двухканальной системой измерений [Текст] // Научный Вестник МГТУ ГА / Аникин В.А., Ким Н.В., Прохоров П.Д. – М., 2016. – Т. 19. – № 06. – С. 77-85 (№919 в перечне ВАК от 11.12.2017)
2. Ким, Н.В. Обработка и анализ изображений высокодинамичных объектов в масштабе реального времени [Текст] // Вестник Московского авиационного института / Н.В. Ким, Н.Е. Бодунков, П.Д. Прохоров. – М: МАИ, 2015. – Т 22. – С. 38-46. (№214 в перечне ВАК от 11.12.2017)
3. Прохоров, П.Д. Организация оптических измерений положения лопастей вертолета в динамике [Текст] // Труды МАИ. – М., 2016. – Вып. № 86. (№1843 в перечне ВАК от 11.12.2017)

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) (ведущая организация). Отзыв положительный.**

Замечания по диссертации:

1. Из текста диссертации неясно, как конкретно предполагается обеспечить повышение безопасности функционирования вертолетов, используя бортовую систему измерений положения лопастей вертолета.

2. В работе не указан критерий выбора оптического и тензометрического методов измерений.

3. Разработанный метод пригоден только для бесшарнирных несущих винтов, что несколько снижает его практическую значимость.

4. Применяемый оптический метод может оказаться неработоспособным в условиях реальной освещенности, реального фона и вибраций видеокамер в случае бортовой системы измерений.

2. Андреев Виктор Павлович (официальный оппонент), доктор технических наук. **Отзыв положительный.** Заверен документоведом Мзоковой Э.К.

По содержанию представленной на отзыв диссертации имеются следующие замечания:

1. Основное замечание относится к выбору метода сегментации изображения. В оптическом канале системы измерений использован известный метод порогового ограничения – вариант единого порога для всех изображений из кадровой последовательности, в котором порог определяется по гистограммам яркостей. Известно, что для эффективной работы метода требуется соответствующая организация сцены (бестеневое освещение, наличие равномерного неструктурированного фона и т.п.). Подобная организация сцены в реальных условиях полёта вертолётá невозможна. В то же время, такой выбор метода сегментации можно считать обоснованным применительно к условиям стационарной экспериментальной установки, поскольку он прост в алгоритмической реализации и не требует мощного вычислителя (может быть реализован на одноплатном компьютере) для соблюдения ограничения на время анализа информации (≤ 5 мсек).

2. В разделе 1.1 «Эффективность управления положением лопастями несущего винта вертолётá» порядок обоснования выбора количества отсчётов на

один оборот винта и требуемой частоты измерений должен быть изменён на обратный, т.е., сначала необходимо определить требуемую частоту измерений, а затем количество отсчётов.

3. В разделе 3.1 «Варианты реализации оптических измерений» в подразделе «Подбор кодека для сжатия видеопоследовательности» для сравнения алгоритмов сжатия изображений использовались 1000 кадров с шумовым наполнением (каждый пиксель заполнялся случайным значением от 0 до 255). Такое решение некорректно, поскольку любое сжатие изображения основано на его избыточности, которое совершенно отсутствует в изображениях, составленных из случайных значений яркости в каждом пикселе цифрового изображения.

4. В разделе 4.2.2 «Программное обеспечение вычислительного блока» при описании программных модулей не указаны параметры использованного компьютера и не приводится время работы этих модулей.

5. В тексте диссертации используется нумерация всех формул, в то время как требуется нумеровать лишь те формулы, на которые имеются ссылки из текста.

3. Михайлов Борис Борисович (официальный оппонент), кандидат технических наук. **Отзыв положительный.** Заверен заместителем начальника управления кадрами Матвеевым А.Г.

В качестве замечаний по диссертации следует отметить следующее:

1. Лопasti вертолётов имеют сложный профиль и разные размеры. Из текста диссертации не очевиден выбор количества тензометрических датчиков, устанавливаемых на одну конкретную лопасть.

2. Из приведенных рисунков следует, что торец лопасти занимает значительную часть изображения. Из текста работы не ясно: координаты какой точки торца определяет оптическая система измерений.

3. В тексте диссертации был замечен ряд опечаток и неточностей; имеются повторы и отдельные стилистические погрешности.

4. ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики».

Отзыв положительный. Подписан заместителем начальника отдела 911, д.т.н., профессором Зайцевой Н.А., старшим научным сотрудником, к.т.н., доцентом Гавриленко Ю.В., подписи заверены ученым секретарем диссертационного совета к.т.н., старшим научным сотрудником Кербером О.Б.

В исследовании не представлен диапазон контрастности объектов наблюдения «лопасть/фон», при котором обеспечивается корректная работа оптического канала измерения, что не позволяет оценить устойчивость алгоритмов обнаружения к изменению условий наблюдения.

5. АО «Корпорация «Фазотрон - НИИР». **Отзыв положительный.**

Подписан начальником отдела, к.т.н., старшим научным сотрудником Шаровой Т.В. Подпись заверена начальником отдела кадров Морозовой С.В.

В качестве недостатка можно отметить отсутствие в автореферате алгоритмов тензометрического канала измерения.

6. ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского». **Отзыв положительный.** Подписан начальником отдела, к.т.н., Вялковым А.В., подпись заверена начальником НИО-5, к.т.н., Кирилловым О.Е., утвержден заместителем генерального директора, начальником комплекса аэродинамики и динамики полета ЛА, руководителем ИЦ «Аэродинамика» д.ф-м.н., Ляпуновым С.В.

К недостаткам работы можно отнести следующие:

1. Погрешности автора в технической терминологии, например, непонятны термины и фразы: «производительность измерений» на странице 5, «получение измерений лопасти» на странице 7, «скользящие контакты» на странице 9 и «устойчивость результатов» на странице 16. Наверное, имеется ввиду частота дискретизации, измерение положения лопасти, щеточный токосъемник и стабильность.

2. В работе проведен обзор различных типов тензорезисторов и способов их включения – это общеизвестная техническая информация. Зачем ее размещать в диссертации?

3. С целью определения вертикального перемещения конца лопасти на видеокадре, автор использовал вариант обработки крайне простого изображения, а именно, определение положения белого объекта на черном фоне. Автор свел сложную задачу к этому случаю. Реализованный алгоритм не способен работать за пределами экспериментального стенда.

7. ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет». Отзыв положительный. Подписан доцентом кафедры радиоэлектроники, к.т.н., Овчинниковым А.В., подпись заверена начальником административно-кадрового управления Метелищевой М.В.

Из недостатков работы следует отметить избыточность применения в тензометрической станции микроконтроллера ATMEGA-328, так как предлагаемые алгоритмы можно реализовать на более простом аппаратном обеспечении.

8. Главное управление научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий (инновационных исследований) Министерства обороны Российской Федерации. Отзыв положительный. Подписан главным специалистом, к.т.н. Анисимовым А.Н., начальником, к.т.н. Мироновым А.М.

Судя по автореферату, к числу недостатков диссертационной работы могут быть отнесены:

1. В автореферате не приведена оценка степени повышения достоверности обнаружения лопасти винта на фоне окружающего пространства после применения дополнительной подсветки.

2. В автореферате не приведены алгоритмы интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели.

3. В части оформления автореферата необходимо отметить следующее. На рисунке 10 в автореферате нечетко видны подписи осей, текст на рисунке 2 нечеткий.

9. Казанский (Приволжский) федеральный университет, Высшая школа информационных технологий и информационных систем. Отзыв

положительный. Подписан профессором кафедры интеллектуальной робототехники, PhD Магидом Е.А., подпись заверена документоведом Родионовой И.Н.

К содержанию автореферата хотелось бы сделать несколько замечаний:

1. В автореферате не рассматриваются существующие аналоги предлагаемой системы измерения.

2. В автореферате не описаны средства реализации программного комплекса.

3. На странице 12, абзац 5, автор дважды использует качественный способ анализа полученных результатов («практически»), который недостаточно четко демонстрирует результат, отсылая читателя к графику. Рекомендуется указать в тесте количественные результаты как по пересечению гистограмм, так и по вероятности ошибочного обнаружения объекта.

4. Автор указывает, что порог $V_{\text{пор}}$ выбирается перед каждым экспериментом. Не объясняется, почему не было установлено единое значение, если эксперименты проводятся на стационарной лабораторной установке. Если эксперименты проводились при целенаправленном изменении освещенности с использованием различных яркостей фона для подтверждения полученных результатов в различных условиях, это необходимо подчеркнуть.

5. В автореферате не поясняется, почему, по мнению автора, два эксперимента каждого типа (два для оценки подобия траектории и два для комплексирования получаемых данных) являются достаточными для подтверждения его научных изысканий.

6. В автореферате используются несколько синонимов для обозначения термина «режим реального времени», которые рекомендуется привести к единому термину.

7. Возможно, в списке публикаций присутствует опечатка в названиях работ 7, 8 и 9, так как все три названия указаны идентичными.

10. ПАО «Корпорация «Иркут». Отзыв положительный. Подписан вице-президентом по разработке АТ – директором Инженерного центра, главным

конструктором МС-21, к.т.н. Поповичем К.Ф., Зам. главного конструктора по системам управления – начальником отделения Митриченко А.Н., начальником отдела моделирования систем управления Байковым С.В., подписи заведены руководителем департамента управления персоналом Бахаревым А.Р., утвержден старшим вице-президентом, исполнительным директором, к.т.н., Прутковским В.Б.

К недостаткам, выявленным в автореферате диссертации, следует отнести:

1. Не проработанность вопроса возможности использования данной установки в летных испытаниях винтокрылых аппаратов;
2. Не приведены возможные особенности использования оптического измерительного канала для различных материалов лопастей (например композитных).

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
ТЮМЕНЦЕВ Юрий Владимирович	д.т.н., 05.13.01
ВИШНЯКОВА Лариса Владимировна	д.т.н., 05.13.18
ШАРОНОВ Анатолий Васильевич	д.т.н., 05.13.18
МАХРОВ Владислав Петрович	д.т.н., 05.13.18
ВОРОНЦОВ Виктор Александрович	д.т.н., 05.07.09
МАЛЬШЕВ Вениамин Васильевич	д.т.н., 05.07.09
КРАСИЛЬЩИКОВ Михаил Наумович	д.т.н., 05.13.01

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Показано, что с помощью разработанного программно-аппаратного комплекса двухканальной системы измерений (оптический и тензометрический каналы) обеспечиваются измерения положения торца

лопасти на всем круговом диапазоне положения лопастей в связанной системе координат вертолета.

2. Предложена методика комплексирования оптических и тензометрических измерений, включающая математическую модель пересчета тензометрических измерений в отклонения торца лопасти в системе координат видеокамеры (позволяющая пересчитать измерения в систему координат вертолета).
3. Разработан комплекс алгоритмов, позволяющий динамически измерять положения торца лопастей, включающий в себя пересчет значений тензометрических измерений в линейные перемещения торца лопасти, обнаружение и идентификация лопасти на принимаемых видеокадрах, измерения положения торца лопасти в вертикальной плоскости в динамическом режиме, комплексирование тензометрических и оптических измерений.
4. Разработан программно-аппаратный комплекс двухканальной системы измерений, обеспечивающий измерения положения торца лопасти вертолета.

Новизна полученных результатов заключается в предложенной структуре двухканальной системы измерений, включающий в себя оптический и тензометрический каналы, беспроводном способе передачи тензометрических измерений с тензометрической станции на вычислительный блок, методике комплексирования оптических и тензометрических измерений, включающей в себя математическую модель пересчета тензометрических измерений в отклонения торца лопасти в системе координат видеокамеры (связанную с вертолетной системой координат), комплексе алгоритмов для измерений положения лопастей, траектории движения лопастей и их идентификации и программно-аппаратного комплекса, реализующего предложенные алгоритмы измерений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Предложенная и реализованная автором двухканальная система измерений (в виде программно-аппаратного комплекса) обеспечивает измерение положения лопастей несущего винта вертолета на всем круговом диапазоне их положения в системе координат вертолета, что подтверждается результатами экспериментальных исследований на электровинтовом стенде.

Диссертация целостно охватывает основные вопросы рассматриваемой научно-технической задачи. Изложение полученных результатов логически связано. В работе использованы фундаментальные научно-технические подходы и современные методы обработки информации, методы цифровой обработки изображений, аппарат математического моделирования и статистических методов распознавания.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается возможностью использования разработанного программно-аппаратного комплекса (двухканальная система измерений) для:

1. Исследований алгоритмов оптического метода измерения положения лопастей несущего винта вертолета в реальном времени;
2. Согласованного использования тензометрических и оптических методов измерения;
3. Стендовых исследований поведения лопастей в различных режимах работы несущего винта вертолета;
4. Исследований поведения лопастей вертолета в условиях полета при доработке программно-аппаратной структуры оптического канала измерения.

Результаты диссертационной работы были использованы в рабочем процессе АО «Камов» в рамках темы № 43450-07040 «Разработка системы измерения траектории движения лопастей. Разработка принципов построения и создание демонстрационных макетов тензометрической, оптической и радиотехнической систем измерения, входящих в состав комплекса измерений положения лопастей вертолета», а также внедрены в учебный процесс кафедры

«Информационно-управляющие комплексы ЛА» ФГБОУ ВО МАИ. Все результаты использования диссертационной работы подтверждаются соответствующими актами о внедрении, которые имеются в деле.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при проектировании систем измерения положения лопастей несущего винта вертолета.

Диссертационная работа решает актуальную научно-техническую задачу измерения положения лопастей несущего винта вертолета на всем круговом диапазоне положения лопастей.

Изложенные в диссертационной работе **результаты являются новыми научно обоснованными техническими решениями**, имеющими существенное значение для развития вертолетной техники страны в части расширения условий их эксплуатации.

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

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

На заседании 21 декабря 2017 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, и принял решение присудить Прохорову Павлу Дмитриевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» и 7 докторов наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в

заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

Д 212.125.12, д.т.н., профессор


_____ Малышев В.В.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.


_____ Старков А.В.

25.12.2017

