

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.04, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18.05.2022 № 5

О присуждении Борисову Руслану Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Датчики давлений на основе оптоэлектронных преобразователей для систем управления высотно-скоростными параметрами воздушного судна» по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» принята к защите 09.03.2022 (протокол заседания № 2) диссертационным советом Д212.277.04, созданным на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (432027, г. Ульяновск, Северный венец, 32) №678/нк от 18.11.2020.

Соискатель Борисов Руслан Андреевич 13 октября 1982 года рождения. В 2019 году соискатель окончил заочную аспирантуру в ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева», работает заместителем начальника летно-испытательного комплекса по инженерно-авиационному обеспечению – начальником отдела в ООО «СТЦ» (ООО «Специальный Технологический Центр»). Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева» на кафедре «Авиационная техника».

Научный руководитель – доктор технических наук, Антонец Иван Васильевич, доцент, профессор кафедры «Авиационная техника» ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева».

Официальные оппоненты:

1. Михайлов Петр Григорьевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»;

2. Новиков Сергей Геннадьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация акционерное общество «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» в своем положительном отзыве, подписанном **Козловым Александром Ипатьевичем**, кандидатом технических наук, начальником научно-исследовательского отдела НИО-22 указала, что диссертационная работа Борисова Руслана Андреевича на тему «Датчики давлений на основе оптоэлектронных преобразователей для систем управления высотнo-скоростными параметрами воздушного судна», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства длительной техники и систем управления», является законченным научно-квалификационным исследованием, в котором решена актуальная задача улучшения метрологических и эксплуатационных характеристик датчиков давлений на основе оптоэлектронных преобразователей. По объему, научно-техническому уровню и практическому значению выполненных исследований, технических и технологических разработок диссертационная работа полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук: п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, а Борисов Руслан Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по заявленной специальности.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 25 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ, получено 5 патентов на изобретения и 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Основные результаты представлены в следующих наиболее значимых работах:

1. Борисов, Р.А. Методология разработки датчика статического и полного давлений на базе упругих чувствительных элементов и оптических линеек / Р. А. Борисов, И. В. Антонец, А. В. Кротов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2021. – № 1 (134). – С. 33-50.

2. Борисов, Р. А. Система измерения статического и полного давлений, использующая ветвление исходной информации на входе вторичного преобразователя / Р. А. Борисов, И. В. Антонец, А. А. Черторийский, А. В. Кротов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2020. – Т. 63, – № 9. – С. 813-822.

3. Антонец, И.В. Датчик статического и полного давления на основе линейки фотоэлектронных приемников / И. В. Антонец, Р. А. Борисов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2020. – Т. 63, – № 3. – С. 222-227.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все отзывы положительные.

1. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань. Отзыв подписан доцентом кафедры автоматике и управления, к.т.н., доцентом Кривошеевым С.В.

Замечания: из автореферата не следует, проводился ли анализ точностных характеристик датчиков давления в динамике при изменении высоты полета с различными вертикальными скоростями. В автореферате подробно представлено построение первичных преобразователей и алгоритмы работы вторичных преобразователей, но не указана разрядность кода выходного сигнала, которая будет определять погрешность формирования измеряемой величины. В автореферате не по ГОСТу указаны номера рисунков и ссылки на них в тексте. А также на рисунках 8-10 не очень понятно изображены шторки и прорези.

2. Институт авиационного приборостроения «Навигатор» (АО «Навигатор»), г. Санкт-Петербург. Отзыв подписан начальником научно-исследовательского сектора, д.т.н., Саутой О.И.

Замечания: не ясно, что представляют собой исследуемые в работе «линейки фотоэлектронных приемников» и каковы их технические характеристики. Не ясно, в чем заключалось «...обоснование выбора методики статистического расчета гофрированных мембран», указанное на стр.9. Нет расшифровки обозначений: “h” в формуле (1), “с” в формуле (7), а также аббревиатур SLK и ROG на стр. 11. На стр.7 предлагается способ обработки с использованием «центроид метода», реализуемого на основе формулы (12), а затем «для повышения точности» предлагается «усреднять результаты» по формуле (14). Это может привести к потере точности измерений при некоторых распределениях ошибок измерений. Не ясен смысл требования: «необходимо обеспечить допустимый его предел» при описании эффекта «блюминга», иллюстрируемого на рис.5. При описании устойчивости разрабатываемых датчиков к воздействию возмущающих факторов (стр. 16), не приводятся конкретные диапазоны (температур, вибрации, давления и др.), в которых предложенные датчики будут эффективны (работоспособны).

3. Филиал ФГКВОУ ВО «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 в г. Сызрани. Отзыв подписан начальником 5 кафедры авиационного радиоэлектронного оборудования, к.т.н., Алексеевым Э.О.

Замечания: отсутствуют в автореферате расшифровки англоязычных аббревиатур CLK и ROG.

4. ООО «Научно-исследовательский центр Радиотехники» (ООО «НИЦ РАДИОТЕХНИКИ»), г. Санкт-Петербург. Отзыв подписан начальником конструкторского бюро «Радиотехника», к.т.н., Рудем В.В.

Замечания: в основной части описания работы нет упоминания о методологии разработки датчиков давлений, хотя в списке трудов ключевая статья опубликована как «Методология разработки датчика статического и полного давлений на базе упругих чувствительных элементов и оптических линеек» (Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение). Не раскрыты некоторые термины и основные определения по теме исследования.

5. Ульяновский филиал ФБУН Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (УФирЭ им. В.А. Котельникова РАН)», г. Ульяновск. Отзыв подписан заместителем директора по научной работе, к.т.н., доцентом **Черторийским А.А.** и старшим научным сотрудником, к.т.н., **Низаметдиновым А.М.**

Замечания: в работе не проведено сравнение метрологических характеристик разрабатываемого датчика давления, использующего оптический способ съема информации о деформации мембраны, с датчиками, использующими для этих же целей другие способы, например, с помощью тензорезисторов. В автореферате не описана методика испытаний разработанного датчика, а также не совсем понятно, какая из конструкций датчиков, предложенных в диссертации, проходила испытания.

6. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписан заместителем заведующего кафедрой АПУ по научной работе, к.т.н., доцентом **Каплуном Д.И.**

Замечания: не очень хорошее качество рисунка 7.

7. Общество с ограниченной ответственностью МИДАУС (МИкроэлектронные ДАтчики и УСтройства), г. Ульяновск. Отзыв подписан ведущим научным сотрудником, к.ф.-м.н., **Пироговым А.В.**

Замечания: в работе заявлено решение упруго-пластической задачи, однако, судя по автореферату, приведенные данные свидетельствуют о выполнении расчета для идеально упругого материала с учетом геометрической нелинейности. Задание пластических характеристик материала позволило бы оценить гистерезисные характеристики проектируемого датчика. Не произведена оценка влияния статистических характеристик шума, вызывающего размытие светового пятна, на точность измерения. Асимметричная плотность вероятности должна приводить к появлению систематической погрешности.

8. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписан профессором кафедры вычислительной

техники, к.т.н., доцентом **Сафьянниковым Н.М.**

Замечания: из автореферата следует, что повышение быстродействия измерительной системы связано с использованием прерываний контроллера ПДП по заполнению половины буфера, возможен ли эффект от других соотношений заполнения буфера (например, на четверть)? Какие криволинейные отражатели оптических излучений используются в датчиках давлений на рис.11?

9. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписан доцентом кафедры № 24 «Авиационная техника и диагностика», к.т.н., доцентом **Иванов Д. А.**

Замечания: из автореферата не вполне ясно, были ли получены по итогам проведённых автором исследований патенты на изобретение, подтверждающие их новизну, также из автореферата не очевидно, проводился ли расчёт экономического эффекта от внедрения результатов исследований.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области разработки элементов и устройств вычислительной техники и систем управления, наличием публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях по теме диссертационной работы, что позволило им определить научную и практическую ценность диссертации. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны датчики статического и полного давлений, использующие оптоэлектронные преобразователи на основе линеек фотоэлектронных приемников у которых, по сравнению с эксплуатируемыми в настоящее время датчиками давлений в составе СВС, время передачи данных уменьшен на 19 % (до 0,25 с), питающее напряжение снижено на 78 % (до 3,3 В), потребляемая мощность снижена на 72% (до 280 мВт), погрешность измерений уменьшена на 59% (до 13,14 Па), время готовности снижено на 47 % (до 1 с); оригинальность разработанных датчиков подтверждена пятью патентами на изобретения;

предложены новое применение фотоэлектронных приемников в качестве

вторичных измерительных преобразователей в датчиках статического и полного давлений и новые подходы к проектированию датчиков статического и полного давлений на основе оптоэлектронных преобразователей, позволяющие учитывать функциональные возможности вторичного преобразователя и закономерности изменения измеряемых давлений;

доказана взаимосвязь метрологических характеристик датчиков статического и полного давлений на основе оптоэлектронных преобразователей с количеством оптических пятен сформированных на фоточувствительной поверхности линейки фотоэлектронных приемников;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны и описаны математические модели взаимосвязей порога чувствительности вторичного преобразователя, геометрического профиля и геометрических размеров упругого чувствительного элемента, а также значений модуля Юнга, коэффициента Пуассона и закономерности изменения измеряемых давлений с дискретностью измерения статического и полного давлений в рабочем диапазоне высот и скоростей полета воздушного судна, соответственно.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методика приближенного статического расчета упругих чувствительных элементов, конечно-элементное моделирование упруго-пластичных задач, методы статистической обработки результатов измерений и алгоритмы расчета метрологических характеристик датчиков давлений (измерительных приборов);

изложены основные научные положения и рекомендации, позволяющие улучшить метрологические характеристики датчиков статического и полного давлений, снизить их массогабаритные параметры и уменьшить собственное потребление мощности;

раскрыты основные факторы, влияющие на точность измерений датчиков давлений на основе оптоэлектронных преобразователей, в частности, влияние интенсивности светового потока и режима работы оптоэлектронного преобразователя, определяющие величину помех, проявляющихся в виде низкочастотных колебаний амплитуды напряжений выходного сигнала линейки

фотоэлектронных приемников. Показано и раскрыто, что оптимальное значение интенсивности светового потока и режим работы линейки фотоэлектронных приемников выбирается из условия обеспечения устойчивого формирования оптических пятен (устойчивого выходного сигнала);

изучена форма выходного сигнала линеек фотоэлектронных приемников при воздействии на их поверхность оптического пятна и приведены способы определения его «центра тяжести»;

проведена модернизация и разработка алгоритмов работы микроконтроллера, которые обеспечивают при измерении линейных перемещений жестких центров мембран, обработку сигналов с выхода линейки фотоэлектронных приемников при воздействии на фоточувствительную поверхность линейки одного или двух оптических пятен.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены конструкция датчика и способ оптического измерения перемещения в ООО «МИП «МЭлКон» (г. Ульяновск) при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР) при разработке приспособления для автоматических выключателей ВА50-41, А3790 и ВА50-43 регулировки и контроля провалов между подвижными и малоподвижными контактами. Кроме того, методика расчета упругих чувствительных элементов учитывающая закономерность изменения измеряемых давлений с учетом функциональных возможностей вторичного преобразователя в ООО «СТЦ» (г. Санкт-Петербург) при разработке методик и программ летных испытаний беспилотных воздушных судов, в частности, позволили осуществить предварительную оценку характеристик точности СВС;

определена область применения полученных результатов, в частности, датчики давлений на основе оптоэлектронных преобразователей могут быть использованы в современных системах воздушных сигналов, предложенная методика математического моделирования статической характеристики упругого чувствительного элемента может быть использована при оценке точностных характеристик датчиков давлений на этапах предварительного проектирования

упругих чувствительных элементов, алгоритмы работы микроконтроллера могут быть использованы для обеспечения измерений линейных перемещений первичных измерительных преобразователей различных физических величин;

создан аппаратно-программный комплекс, который может послужить базовой основой для разработки и производства контрольно-проверочной аппаратуры для датчиков полного и статического давлений, использующих оптоэлектронные преобразователи;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию предлагаемого метода измерения давлений в виде конструктивных схем датчиков давлений на основе оптоэлектронных преобразователей с использованием магнитного и зеркального усилителей деформации, а также двухступенчатых упругих чувствительных элементов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана повторяемость и воспроизводимость результатов исследования в различных условиях, в том числе различные алгоритмы и математические методы цифровой обработки сигналов датчиков статического и полного давлений на основе оптоэлектронных преобразователей;

теория соответствует известным фундаментальным теоретическим представлениям и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении передового опыта в приборостроении;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных авторами, заложившими фундаментальные основы в разработку первичных и вторичных измерительных преобразователей давлений;

Личный вклад соискателя состоит в: получении и апробации защищаемых результатов, достигнутых в процессе теоретических и экспериментальных исследований и отраженных в диссертационной работе, в том числе критический анализ конструкций современных датчиков статического и полного давлений, разработка математических моделей упругих чувствительных элементов, разработка алгоритмов и программ работы микроконтроллеров, разработка

способов вычисления давлений при использовании оптоэлектронных преобразователей, разработка аппаратно-программного комплекса, включающая аппаратные и программные компоненты, организация эксперимента, сбор и анализ экспериментальных данных, разработка конструктивных схем датчиков, оформление и публикация в научных журналах, а также обсуждение и интерпретация результатов исследования на научных конференциях и форумах.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. При построении математической модели, представленной во второй главе диссертации, не приведены допущения и приближения, в рамках которых модель является адекватной. Отсутствие данной информации не позволяет определить правомерность ее применения.

2. В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований, при этом не оценивается влияние динамических нагрузок (вибрации, ударов) на точность проводимых измерений.

Соискатель Борисов Р.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: по первому критическому замечанию пояснил, что за основу разработанной методики расчета принята приближенная методика статического расчета упругих чувствительных элементов, выполненных в виде плоских или гофрированных мембрана, предложенная Андреевой Л.Е. В тексте диссертации имеются пояснения и ссылки на работу автора. В ее методике принято допущение, что упругий чувствительный элемент является абсолютной гибкой анизотропной мембраной. Кроме того, при учете закономерности изменения измеряемых давлений принимается допущение, что температура по высоте изменяется линейно; по второму критическому замечанию выделил, что динамические исследования выходят за рамки рассматриваемой работы, и отметил, что высокая чувствительность вторичного оптоэлектронного преобразователя позволила свести к минимуму деформацию упругого чувствительного элемента, тем самым обеспечив применение более жёстких конструкций, обладающих, при прочих равных условиях, высокой устойчивостью к внешним возмущающим воздействиям.

На заседании 18.05.2022 диссертационный совет принял решение: за новые научно-обоснованные технические решения в области разработки датчиков полного и статического давлений на основе оптоэлектронных преобразователей присудить Борисову Р.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Ярушкина Надежда Глебовна

Ученый секретарь

диссертационного совета

Наместников Алексей Михайлович



18.05.2022