

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Борисова Р.А. «Датчики давлений на основе оптоэлектронных преобразователей для систем управления высотно-скоростными параметрами воздушного судна», представленной на соискание ученой степени кандидат технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Борисов Руслан Андреевич, 1982 года рождения, в 2004 году окончил технический факультет Сызранского военного авиационного института (в г. Киров) по специальности «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей», в 2011 году окончил Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации (институт) по специальности «Летная эксплуатация воздушных судов», в 2019 году окончил аспирантуру Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева.

В процессе трудовой деятельности (военной службы) награжден медалями «За отличие в военной службе III ст.», «За отличие в военной службе II ст.», «За верность долгу и отечеству», «Медалью Миля», «За верность авиации» и знаком отличия «Во славу русского воинства I ст.». За особые заслуги в труде присвоено почетным званием в Российской Федерации «Ветеран труда».

Актуальность диссертационной работы Борисова Р.А. связана с тем, что повышение технических характеристик цифровых авиационных систем управления существенно зависит от точности и надёжности источников первичной информации. При этом существенная роль отведена датчикам давления, составляющим до 80% всех датчиков, входящих в комплектацию авиационных объектов, которые должны обладать неизменностью метрологических характеристик в течение всего срока их службы и иметь высокую устойчивость к внешним воздействиям. Глубокая интеграция бортового электронного оборудования и бортовых вычислительных средств, необходимость повышения ресурса авиационной

техники, снижения эксплуатационных затрат требует разработки и внедрения высокоточных датчиков. Датчики давления, основанные на оптоэлектронных преобразователях информации, предполагающие наличие линеек фотоэлектронных приемников (ЛФП), позволяющих осуществлять преобразование пространственного распределения светового поля в электрический сигнал, получают в последние годы широкое распространение.

Отличительной чертой, предлагаемых в работе датчиков, является наличие высокочувствительного вторичного преобразователя и упругого элемента с ограниченной амплитудой отклонений, что обеспечивает повышение точности измерения давлений и во многом исключает недостатки аналогов. Отсюда возникает необходимость теоретического исследования процесса обработки первичной информации и разработки математических моделей, в том числе дискретных, позволяющих использовать их в цифровых алгоритмах для повышения точности результатов измерений и оптимизации самого процесса измерения по временным затратам и себестоимости. В связи с вышеизложенным, тема диссертационной работы соискателя Борисова Р.А. **является, несомненно, актуальной.**

Научная новизна, положений, выносимых на защиту соискателем, состоит в следующие:

1. Впервые получены и обоснованы рекомендации для построения конструктивных схем датчиков давлений на базе оптоэлектронных преобразователей, которые отличаются наличием высокочувствительного вторичного преобразователя и упругой мембраны с минимизированной деформацией, а также устройства управления деформациями, основанного на законах магнитного притяжения, обеспечивающих повышение точности измерения аэрометрических параметров.

2. Впервые разработаны математические модели взаимосвязей порога чувствительности вторичного преобразователя с процедурами обработки информационных данных, получаемых при деформации УЧЭ, вызванных

изменением статического и полного давлений и отличающиеся тем, что в них учитывается шаг дискретизации вторичного преобразователя.

4. Предложены алгоритмы работы микроконтроллера, которые обеспечивают, при измерении линейных перемещений жестких центров мембран, обработку сигналов с выхода ЛФП при воздействии на него одного светового пятна, отличающиеся тем, что при опросе ЛФП, аналого-цифровой преобразователь совершает двойное преобразование, что обеспечивает более высокую точность измерения перемещения жесткого центра мембраны.

5. Предложены алгоритмы работы микроконтроллера, которые обеспечивают обработку сигналов с выхода ЛФП при воздействии на нее двух оптических пятен, причем процесс математической обработки полученных данных выполняется до завершения полного цикла опроса, что обеспечивает более высокую точность измерений перемещения жесткого центра мембраны, а также повышение быстродействия измерительной системы.

6. Предложены метод и алгоритм обработки исходной информации, которые осуществляются применением шторок с n щелями и дают возможность сформировать на ЛФП n оптических пятен, перемещающихся в функции измеряемого давления, что позволяет за один период опроса линейки получить n независимых значений измеряемого давления и, усредняя результат, повысить точность измерения, а также свести к минимуму влияние внешних возмущающих факторов, в частности, вибраций.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Разработанная методика математического моделирования статической характеристики УЧЭ, учитывающая функциональные возможности вторичного преобразователя и закономерность изменения статического и полного давлений, может быть использована при оценке точностных характеристик датчиков давлений на этапах предварительного проектирования УЧЭ.

2. Разработанные алгоритмы работы микроконтроллера, обеспечивают обработку выходных сигналов ЛФП при измерении линейных перемещений жесткого центра УЧЭ и могут быть использованы при разработке аналогичных измерительных систем линейных перемещений.

3. Разработанные новые высокоточные датчики статического и полного давлений, использующие оптоэлектронные преобразователи информации на основе ЛФП в качестве вторичных преобразователей, имеют цифровой выход и подключаются к вычислительному устройству СВС без дополнительных преобразователей.

4. Разработанные метод и алгоритм использования процесса ветвления исходной информации, позволяют за один период опроса линейки получить n независимых значений измеряемого давления и, усреднив результат, повысить точность измерения, а также свести к минимуму влияние внешних возмущающих факторов, в частности, вибраций.

5. На основе проведенных исследований разработаны, обладающие высокими метрологическими характеристиками, опытные образцы датчиков статического и полного давлений, использующие в качестве первичных преобразователей упругие мембраны и ЛФП – в качестве вторичного преобразователя информации.

6. Предложенные в работе способы управления восприятием статического и полного давлений, которые позволяют повысить точность измерений за счет использования высокочувствительного вторичного преобразователя, а также изменения жесткости упругого элемента или вариации сил магнитного притяжения, могут быть использованы в широком спектре датчиков давлений.

Достоверность результатов диссертации определяется корректностью постановки задач, корректным применением математических методов цифровой обработки сигналов, соответствующих известным фундаментальным теоретическим представлениям, соответствием полученных теоретических результатов результатам натуральных

экспериментов, проведенных на созданном автором экспериментальном стенде, а также повторяемостью результатов при многократных измерениях.

Результаты диссертации доложены, обсуждены и получили одобрение специалистов на следующих конференциях: V Международная научно-практическая конференция «Академические Жуковские чтения» (г. Воронеж, 2017 г.), XXXII Научно-практическая конференция «Потенциал современной науки» (г. Липецк, 2017 г.), VI Международная научно-практическая конференция «Академические Жуковские чтения» (г. Воронеж, 2018 г.), 22-ой Международная конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2020» (г. Москва, 2020) и VII Международном форуме «Instrumentation Engineering, Electronics and Telecommunications – 2021» (г. Ижевск, 2021).

Теоретические и экспериментальные исследования, включая апробацию разработанных способов и алгоритмов, **проведены соискателем Борисовым Р.А. самостоятельно.** Обсуждение и интерпретация экспериментальных результатов проводились совместно с соавторами, где **вклад автора диссертации работы был определяющим.**

На основе проведенных исследований автором предложены конструктивные схемы датчиков давлений на базе оптоэлектронного преобразователя, полученные путем интеграции высокочувствительного вторичного преобразователя и упругих мембран, и устройств управления деформациями, основанных на законах магнитного притяжения и оптического отражения, обеспечивающих повышение точности измерения давлений, **предопределили направления для дальнейшего развития исследований:**

1. Разработка и исследование датчика статического и полного давлений на основе оптоэлектронного преобразователя с двухступенчатым упругим чувствительным элементом.

2. Разработка и исследование датчика статического и полного давлений на основе оптоэлектронного преобразователя с магнитным усилителем деформации упругого чувствительного элемента.

3. Разработка и исследование датчика статического и полного давлений на основе оптоэлектронного преобразователя с криволинейным зеркальным усилителем деформации упругого чувствительного элемента.

4. Разработка и исследование датчика статического и полного давлений на основе оптоэлектронного преобразователя и упругих чувствительных элементов на базе манометрических коробок, сопряженных с мембранами.

Содержание результатов исследований позволяет сделать **вывод**, что диссертационная работа представляет собой научный интерес и несомненную практическую ценность и **полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ**, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а соискатель Борисов Р.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидат технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Авиационная техника» Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева,
научный руководитель Борисова Р.А.

« 23 » сентября 2021 г.



Антонец И.В.

Подпись Антонца И.В. заверю

Специалист отдела кадров

М.П.



Зингерко С.А.