

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Борисова Руслана Андреевича «Датчики давлений на основе оптоэлектронных преобразователей для систем управления высотно-скоростными параметрами воздушного судна», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

1. Актуальность темы диссертации

Безопасное выполнение полета современного воздушного судна зависит от функциональной надежности его системы управления и адекватности действий пилота. Качество системы управления определяется, в первую очередь, качеством первичной информации, получаемой от датчиков и сенсоров, точностью обработки и преобразования первичной информации в управляющие сигналы для механических и гидравлических исполнительных устройств, узлов и агрегатов, а также качеством, достаточностью и достоверностью информации для пилотов, необходимой для принятия правильных решений по управлению воздушным судном. По этой причине повышение качества и надежности современных систем управления высотно-скоростными параметрами воздушного судна, обеспечивающих выбор и поддержание высоты, горизонтальной и вертикальной скоростей полета в различных режимах управления является важной научно-технической задачей.

Решение этой задачи во многом основано на улучшении механических, электрических, метрологических, масса-габаритных и других характеристик, и параметров первичных преобразователей - аэрометрических датчиков полного и статического давления. Разработке и исследованию подобных датчиков, основанных на новых принципах преобразования физических величин в электрические сигналы, обладающих улучшенными метрологическими характеристиками посвящена диссертационная работа Р.А. Борисова.

2. Структура и объём диссертации

Диссертация выполнена на кафедре «Авиационная техника» Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и пяти приложений. Общий объем работы 186 страниц, 109 рисунков, 33 таблицы и 112 наименований литературы.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и аргументирована новизна научных исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

Первая глава диссертации посвящена анализу первичных и вторичных измерительных преобразователей давлений системы управления высотноскоростными параметрами движения воздушного судна.

Автором подробно рассмотрены конструкции аэрометрических датчиков давления, входящих в состав системы воздушных сигналов (СВС). Проанализированы различные виды упругих чувствительных элементов (УЧЭ) определены их достоинства и недостатки. Отмечены неустранимые нестабильности градуировочной характеристики, высокие гистерезисные эффекты под влиянием давлений и температуры, низкая устойчивость при воздействии ударных нагрузок и вибраций.

Показан ряд недостатков частотных датчиков давления, связанных с относительно большой потребляемой мощностью, большими массогабаритными параметрами, влиянием вибраций на точность измерений.

В результате анализа литературных данных показано, что аэрометрические датчики давлений, использующие преобразование пространственного распределения светового поля, создаваемого деформацией упругого элемента, в цифровой сигнал позволяют преодолеть указанные недостатки, повысить эффективность процессов измерения и улучшить целый ряд метрологических характеристик.

Результатом первой главы является аргументированная постановка задач диссертационного исследования в направлении разработки и исследования новых датчиков статического и полного давлений, использующих оптоэлектронные преобразователи на основе линейки фотоэлектронных приемников (ЛФП) с улучшенными метрологическими характеристиками, сниженными массогабаритными параметрами конструкции и уменьшенным собственным потреблением мощности.

Вторая глава посвящена методике моделирования и расчета статических характеристик УЧЭ датчиков давлений, которая учитывает шаг дискретизации вторичного преобразователя и закономерность изменения измеряемых давлений, обеспечивающая получение, при минимально необходимой деформации УЧЭ, заданной чувствительности.

Приводится обоснование выбора методик статического расчета первичного преобразователя - гофрированных мембран. Разработана методика расчета статических характеристик УЧЭ, учитывающая технические характеристики вторичного преобразователя, а именно, порог чувствительности вторичного преобразователя. Предложенная методика дает возможность проводить расчет основных конструктивных параметров УЧЭ практически во всем диапазоне их типоразмеров с учетом технических характеристик вторичного преобразователя, при различных значениях и закономерностях изменения измеряемой физической величины.

На основе методики разработан алгоритм и программа для ЭВМ, обеспечивающая расчет УЧЭ. Получено Свидетельство об официальной регистрации про-

граммы для ЭВМ для расчета упругих чувствительных элементов датчиков аэрометрических давлений.

Третья глава посвящена разработке методов и средств, для проведения исследований метрологических характеристик датчиков давлений. С этой целью разработаны аппаратно-программный комплекс (АПК), а также алгоритмы управления и обработки получаемой информации.

В главе рассмотрены алгоритмы управления работой микроконтроллера, которые обеспечивают, при измерении линейных перемещений жесткого центра мембран, обработку сигналов с выхода ЛФП при воздействии на него одного или двух световых пятен.

Предложен способ математической обработки значений координаты светового пятна с использованием центроид метода, обеспечивающего вычисление координаты «центра тяжести» изображения светового пятна. Предложена также методика математической обработки сигнала, в которой выполняется определение координат оптического пятна по заданному значению амплитуды сигнала.

Все разработанные алгоритмы и методики реализованы в виде АПК, позволяющего оперативно проводить тестирование и исследование экспериментальных образцов датчиков давления.

Четвертая глава представлены результаты экспериментальных исследований по оценке характеристик точности датчиков на основе УЧЭ и ЛФП, а также влияние внутренних и граничных условий на точность измерений.

В частности, определено влияние характеристик источника оптического излучения на форму выходного сигнала ЛФП, выявлены оптимальные режимы работы ЛФП для их эффективного использования в качестве вторичных преобразователей в датчиках давлений. Установлено влияние на точность измерения давления используемой методики вычисления «центра тяжести» оптического пятна. Проведена оценка метрологических характеристик датчиков статического и полного давлений на основе ЛФП, а также сравнительная оценка метрологических характеристик датчиков статического и полного давлений. Установлено, что высокое быстродействие и высокая точность линеек фотоэлектронных приемников позволяют получить высокие метрологические характеристики датчиков давлений за счет усреднения результатов измерений при сохранении требуемой частоты измерений.

По результатам исследований даны рекомендации по проектированию и разработке конструкций датчиков давлений на основе ЛФП.

Пятая глава посвящена разработке и совершенствованию датчиков статического и полного давлений на базе УЧЭ и ЛФП в направлении получения оптимального сочетания метрологических, конструктивных, технологических характеристик с максимальной устойчивостью к воздействию возмущающих факторов.

Комплексное использование конструктивных и схемотехнических решений, определение параметров УЧЭ с учетом технических характеристик вторичного преобразователя, ветвление исходной информации, а также новые алгоритмы ее преобразования, позволили разработать измерительные преобразователи с цифровым выходным сигналом и с уменьшенной погрешностью в широком диапазоне температур, способные измерять как статическое, так и полное давления.

В результате предложено пять конструкций датчиков аэрометрических давлений. Каждая из конструкций обладает своими преимуществами и позволяет обеспечить улучшение ряда метрологических параметров и характеристик. Новизна конструкций подтверждается пятью патентами на изобретения, полученными по результатам работы.

В заключении приведены выводы по работе.

3. Научно-технический уровень и научная ценность диссертации

Научная ценность работы заключается в том, что 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. Предложены новые алгоритмы работы микроконтроллера, которые обеспечивают, при измерении линейных перемещений жестких центров мембран, обработку сигналов с выхода ЛФП при воздействии на него одного или нескольких световых пятен, что обеспечивает более высокую точность измерений перемещения жесткого центра мембраны, а также повышение быстродействия измерительной системы.

Также ценность работы заключается в том, что 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. Практическая ценность работы

Одним из наиболее важных практических результатов работы является создание нового аппаратно-программного комплекса для исследований метрологических характеристик датчиков давлений, который может быть использован для технологического и выходного контроля качества продукции на предприятиях-производителях датчиков, а также на входном контроле предприятий-производителей систем воздушных сигналов.

5. Достоверность результатов работы.

Достоверность представленных в работе результатов подтверждается правильным применением математических методов, оценки погрешностей, теории вероятности и математической статистики, а также методов математического моделирования с применением ЭВМ, совпадением результатов измерений с аналитическими и численными расчетами, повторяемостью результатов при повторных экспериментальных измерениях, практической реализацией разработанных способов и средств.

6. Оформление материалов диссертации

Диссертация написана квалифицированно, литературно-техническим языком, снабжена достаточным количеством иллюстративного материала.

7. Замечания по диссертации

1. В положении 2, выносимом на защиту указано, что конструктивные схемы датчиков давлений, полученные путем интеграции оптоэлектронного вторичного измерительного преобразователя, упругих мембран, и устройств управления деформациями, основанных **на законах магнитного притяжения**, а также оптического отражения, обеспечивающих улучшение метрологических характеристик. Не ясно о каких законах идет речь.
2. 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.
3. В тексте диссертации указано, что степень достоверности результатов подтверждаются результатами экспериментов, выполненных на созданном автором экспериментальном стенде, при этом не указано прошел ли стенд метрологическую экспертизу или сертификацию. Кроме того, не указаны метрологические характеристики опорного датчика давления, с которым сравниваются результаты измерений.
4. В выводах по второй главе указано, что впервые разработаны математические модели взаимосвязей информационных элементов с процедурами обработки данных, о которых в тексте диссертации нет упоминаний.
5. Вызывают сомнение утверждения о улучшении метрологических параметров конструкций датчиков давления, у которых линейный фотоприемник располагается на мембране и соединяется с разъемом корпуса при помощи проводов. При этом влияние подвижных проводов на подвижном элементе не принимается во внимание.
6. К сожалению, текст диссертации не лишен орфографических, пунктуационных ошибок и опечаток, например, стр.2, стр. 19, стр. 25, стр. 27 рис. 1.16, рис. 3.14 и др.

8. Заключение

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация Борисова Р.А. является законченной научно-исследовательской работой и может быть квалифицирована как совокупность научно обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых вносит вклад в развитие научно-технического прогресса в области приборостроения.

Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Степень апробации работы путем опубликования основных положений в печати (25 публикаций) и путем использования полученных методик, моделей, алгоритмов и программ при разработке методик и программ летных испытаний беспилотных воздушных судов, в частности, позволили осуществить предварительную оценку характеристик точности СВС.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Как следует из вышеизложенного, представленная работа Борисова Р.А. по актуальности, научно-техническому уровню и практическому значению выполненных исследований, технических и технологических разработок отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Борисов Р.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Официальный оппонент

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
научно-образовательного центра
«Кремний-углеродные нанотехнологии».

Ульяновского государственного университета



Новиков Сергей
Геннадьевич

Подпись Новикова С.Г. заверяю,

Проректор по НР УлГУ



В.Н. Голованов

Сведения об оппоненте

Новиков Сергей Геннадьевич

к.т.н., спец. 05.27.01, старший научный сотрудник Научно-образовательного центра «Кремний-углеродные нанотехнологии». Ульяновского государственного университета. 432017 г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42, тел. (8422) 67-50-54 e-mail: novikovsg@ulsu.ru, web-сайт: www.ulsu.ru.