

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Солдаткина Вячеслава Владимировича «Система воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (в приборостроении)

1. Актуальность темы

Непрерывное расширение круга решаемых задач и области применения гражданских и военных вертолетов обуславливает необходимость расширения арсенала средств информационного обеспечения безопасности и эффективности решения полетных задач.

При выполнении полета вертолета в инструментальном и автоматическом режимах пилотирования широко используется информация о воздушных сигналах, определяющих движение вертолета относительно окружающей воздушной среды, достоверность которой позволяет наиболее полно использовать его летно-технические и боевые возможности, обеспечить безопасность на взлетно-посадочных режимах, предотвратить возникновение явления «подхвата» вертолета, попадания в режим «вихревое кольцо», предупредить другие опасные ситуации.

Известная проблема измерения воздушных сигналов вертолета в диапазоне малых и околонулевых скоростей полета и на режиме висения в условиях сильных аэродинамических возмущений, вносимых индуктивными потоками несущего винта, при панорамном изменении угла скольжения определяет актуальность темы рецензируемой диссертации по разработке системы воздушных сигналов вертолета с расширенной нижней границей рабочих скоростей и широким диапазоном измерения угла скольжения, построенной на основе неподвижного аэрометрического приемника и использующей в качестве носителя полезной информации аэродинамическое

поле вихревой колонны несущего винта.

Исследования, проведенные автором диссертации, выполнялись в соответствии с заданиями Федеральной целевой программы «Развитие гражданской авиационной техники России на 2001 – 2010 г.г. и на период до 2015 года» и Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2011 годы)», по техническим заданиям базовых профильных предприятий отрасли.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

На основе анализа современных требований, принципов построения и характеристик, опыта эксплуатации и тенденций развития отечественных и зарубежных систем воздушных сигналов в первой главе работы сформулирована концепция и предложена идея построения системы с расширенными диапазонами рабочих скоростей и углов скольжения на основе неподвижного пространственно-распределенного аэродинамического приемника и использования в качестве полезной информации параметров аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта. Сформулирована цель работы и научная проблема исследования по разработке основ теории, методов проектирования, обеспечения точности, моделирования, изготовления и экспериментального исследования вариантов системы.

На основе анализа особенностей и распределения параметров аэродинамического поля вблизи вертолета, проведенного во второй главе диссертации, обоснован выбор места расположения на фюзеляже неподвижного аэрометрического приемника информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта вертолета. Обоснован выбор и разработана методология формирования и восприятия информативных параметров аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта с помощью неподвижного сферического или полусферического аэрометрического приемника. Разработаны алгоритмы обработки первичной

аэрометрической информации в измерительных каналах системы. Обоснована необходимость и раскрывается методика уточнения алгоритмов определения высотно-скоростных параметров вертолета по информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта по результатам летных испытаний системы применительно к конкретному типу вертолета и месту установки неподвижного аэрометрического приемника.

На основе анализа современных требований к измерительным каналам системы воздушных сигналов вертолета обоснованы требования к метрологическим характеристикам и проведен выбор датчиков первичной аэрометрической информации в соответствии с разработанной методикой.

В третьей главе получили научное обоснование методология построения и методики проектирования неподвижного пространственно-распределенного многофункционального аэрометрического приемника. Практический интерес представляют рекомендации по выбору рациональных значений конструктивных параметров модулей неподвижного многоканального проточного аэрометрического приемника, полученные методом планирования многофакторного эксперимента, и методика выбора конструктивных параметров приемника аэрометрической информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта. Обоснованность и достоверность выработанных рекомендаций и разработанных методик убедительно подтверждены результатами экспериментальных исследований неподвижного аэрометрического приемника в аэродинамической трубе ЦАГИ. Выработанные рекомендации и разработанные методики являются базой для разработки вариантов системы воздушных сигналов вертолета с расширенной нижней границей рабочих скоростей и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

В соответствии с проведенным в четвертой главе работы метрологическим анализом измерительных каналов разрабатываемой системы, при допущении о некоррелированности составляющих погрешностей получены выражения для результирующих систематических и

случайных погрешностей измерения высотно-скоростных параметров вертолета и функций влияния на них погрешностей датчиков первичной аэрометрической информации, адекватность и применимость которых подтверждается проведенными расчетами, результатами исследований и испытаний экспериментальных образцов системы в аэродинамической трубе. В линейной постановке разработаны методики оценки динамических погрешностей каналов системы при детерминированных и случайных воздействиях, позволяющие обоснованно решать задачи оптимизации конструктивных параметров и фильтрации помех с использованием фильтра Винера.

Предложена методика и проведена оценка эффективности алгоритмической коррекции инструментальных погрешностей измерительных каналов, разработана оригинальная схема системы воздушных сигналов с автоматической подстройкой пневмоэлектрических измерительных каналов и адаптивным управлением ее периодичности.

Для обеспечения требуемой точности измерения на режиме висения, когда погрешности разрабатываемой аэрометрической системы существенно возрастают, в пятой главе диссертации обосновываются принципы построения, алгоритмы обработки информации аэромеханической измерительно-вычислительной системы измерения малых воздушных скоростей вертолета с наблюдателем Люэнбергера, методики анализа и синтеза построенной на ее основе комплексной системы воздушных сигналов вертолета. Получены расчетные оценки дисперсий остаточных погрешностей комплексных измерительных каналов системы, убедительно свидетельствующие об эффективности используемых принципов комплексирования.

В шестой главе диссертации применительно к легкому вертолету на основе линеаризованных математических моделей и реальных аэромеханических характеристик вертолета «Ансат-У» разработано алгоритмическое и программное обеспечение аэромеханической

измерительно-вычислительной системы измерения составляющих вектора истинной воздушной скорости вертолета с наблюдателем Люэнбергера. Методом имитационного моделирования системы в среде Simulink – Matlab получены оценки среднеквадратических погрешностей измерения на различных режимах полета, которые использованы для определения остаточных погрешностей комплексной системы при малых и околонулевых скоростях полета и на режиме висения. Полученные оценки среднеквадратических погрешностей комплексной системы согласуются с расчетными значениями и свидетельствуют о высокой эффективности применения комплексной системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта.

Представленные в седьмой главе диссертации результаты разработки, трубных исследований и испытаний экспериментального и экспериментального промышленного образца системы воздушных сигналов на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта убедительно подтверждают обоснованность предложенных подходов, разработанных научных положений, практических рекомендаций и оригинальных технических решений, свидетельствуют о высоких метрологических характеристиках измерительных каналов разработанных вариантов системы, определяют направления дальнейших исследований и разработок.

3. Значимость для науки и практики полученных результатов

Существенным научным результатом диссертации является методология построения, математического описания, анализа и синтеза, имитационного моделирования и экспериментального исследования автономной и комплексной системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта с

улучшенными эксплуатационными и метрологическими характеристиками.

Важным научным результатом являются научно-обоснованные подходы, оригинальные технические решения, рекомендации по построению системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника, методики проектирования и изготовления, расчета и экспериментальной оценки характеристик и составляющих погрешностей измерительных каналов различных вариантов системы.

Научный интерес представляют разработанные методы формирования и восприятия информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта с помощью неподвижного аэрометрического приемника, математическое описание, методика проектирования и экспериментального исследования неподвижного многофункционального аэрометрического приемника.

Научный интерес представляют методики анализа статических и динамических погрешностей, разработанные алгоритмический и структурный методы уменьшения инструментальных погрешностей измерительных каналов системы воздушных сигналов на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника.

Научный интерес представляют разработанные особенности построения, математические модели, алгоритмы и методики моделирования аэромеханической измерительно-вычислительной системы измерения малых воздушных скоростей вертолета с наблюдателем Люэнбергера, комплексной системы измерения составляющих вектора истинной воздушной скорости при малых и околонулевых скоростях и на режиме висения.

Практическую ценность диссертации определяют:

- Научно-обоснованная техническая разработка конкурентоспособной системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта.

- Системотехническая и конструктивная реализация вариантов системы.

- Программы, методики и результаты трубных исследований и натурных испытаний экспериментальных и экспериментальных промышленных образцов вариантов системы.

- Опыт реализации и внедрения результатов исследований и разработок в промышленности и в учебном процессе.

Полученные в диссертации научные и научно-технические результаты представляют реальный интерес для разработчиков авионики вертолетов, а также для предприятий ОАО «Вертолеты России», формирующих технические задания на разработку.

По результатам диссертационного исследования опубликована монография, 22 научные статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов докторских диссертаций (12 из них единолично), 5 статей опубликованы в других изданиях. Научные и практические результаты диссертации широко апробированы на более 40 Международных и Всероссийских научно-технических и научно-практических конференциях. На предложенные оригинальные технические решения получены 10 патентов РФ на изобретения и полезные модели.

По результатам выполненных исследований и разработок оформлены и переданы на профильные предприятия отрасли более 20 отчетов по НИР.

Опубликованные автором научные статьи, монография и автореферат достаточно полно отражают содержание, научные подходы и положения, выводы и рекомендации диссертации.

Замечания по диссертации

1. В разделе 2.2 отмечается возможность фильтрации флуктуационных составляющих вектора скорости результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта в каналах

разрабатываемой системы, но в тексте этот вопрос не затрагивается, не приводится также уровень остаточных флуктуаций после фильтрации.

2. Сформулированная в разделе 3.2 задача параметрического синтеза неподвижного многоканального проточного аэрометрического приемника по выделенным частным критериям не доведена до аналитического решения.

3. Для предложенной оригинальной схемы автоматической подстройки измерительных каналов системы воздушных сигналов вертолета не приводятся значения остаточных погрешностей.

4. Аэромеханические характеристики легкого вертолета «Ансат-У», используемые при имитационном моделировании аэромеханической измерительно-вычислительной системы малых воздушных скоростей с наблюдателем Люэнбергера и приведенные в разделе 6.3, целесообразно оформить в виде приложения, так как они полностью приведены в монографии автора.

Выводы и заключение

1. Указанные замечания не снижают научную новизну и практическую значимость проведенного исследования.

2. В целом, рецензируемая диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена научная проблема разработки принципов построения, основ теории, методов проектирования, изготовления и экспериментального исследования нового класса систем воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта с улучшенными эксплуатационными и метрологическими характеристиками. Решение данной научной проблемы имеет важное хозяйственное и оборонное значение для авиации.

3. По актуальности темы и решаемой научной проблемы, научной новизне и практической значимости полученных результатов, уровню их опубликования, апробации и внедрения диссертация удовлетворяет

критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Солдаткин Вячеслав Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (в приборостроении).

Официальный оппонент

доктор технических наук, генеральный
директор ОАО «Московский институт
электромеханики и автоматики»,
генеральный директор ОАО
«Научно-исследовательский институт
авиационного оборудования»



А.Г. Кузнецов