

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию В.В. Солдаткина «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)

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа В.В. Солдаткина посвящена важной для авиации проблеме обеспечения безопасности полета гражданских и военных вертолетов на весьма ответственных взлетно-посадочных режимах. Успешное решение указанной проблемы в значительной степени определяется точностью измерения высотно-скоростных параметров вертолета бортовыми средствами в широком диапазоне изменения угла скольжения.

Несмотря на повышенный интерес к задаче измерения воздушных сигналов вертолета, как в России, так и зарубежом, достигнутые показатели бортовых систем измерения высотно-скоростных параметров в диапазоне малых и околонулевых скоростей полета и на режиме висения ограничиваются аэродинамической помехой, вносимой вихревой колонной несущего винта. Разрабатываемая в диссертации идея использования в качестве полезной информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, ее формирование и восприятие с помощью бортового неподвижного многофункционального аэрометрического приемника позволяет повысить точность измерения высотно-скоростных параметров вертолета при малых и околонулевых скоростях полета и на режиме висения в условиях аэродинамических возмущений вихревой колонны несущего винта, при изменении угла скольжения вертолета в диапазоне $\pm 180^\circ$.

Поэтому актуальность диссертации не вызывает сомнений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна

Рецензируемая диссертация содержит введение, семь глав, заключение, список использованных источников и изложена на 440 страницах машинописного текста, хорошо иллюстрирована большим количеством рисунков, графиков и таблиц. В списке использованных источников из 181 наименований достаточно полно представлены работы по теме диссертации отечественных и зарубежных исследователей, а также необходимая научно-техническая литература и патентные материалы.

Введение достаточно четко характеризует актуальность темы, цель и научную

проблему диссертационного исследования, основные направления и методы исследования, научную новизну и практическую ценность работы, достоверность полученных научных результатов и положения, выносимые на защиту, уровень апробации, опубликования, реализации и внедрения результатов, личный вклад автора.

Проведенный **в первой главе** анализ современных требований и систематизация концепций и схем построения систем воздушных сигналов вертолета, выполнения приемников первичной аэрометрической информации, методов повышения точности и надежности работы, расширения диапазонов рабочих скоростей и углов скольжения позволил автору предложить идею разработки системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного пространственно распределенного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, в соответствии с которой обоснованы цель работы и проблема научного исследования, направления ее решения.

Во второй главе диссертации получила научное обоснование методология формирования, восприятия, преобразования и обработки информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта в измерительных каналах системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника.

На основе анализа отечественной и зарубежной литературы по аэродинамике вертолета обоснована предпочтительная зона установки неподвижного многофункционального аэрометрического приемника на фюзеляже вертолета для надежного восприятия информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта при малых и околонулевых скоростях полета и на режиме висения. Убедительно обоснован выбор в качестве первичных информативных сигналов аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта параметров вектора скорости результирующего воздушного потока, набегающего на неподвижный аэрометрический приемник, выполненный в виде сферы или полусферы. С учетом возможных кинематических и аэродинамических искажений вектора скорости результирующего воздушного потока в месте установки неподвижного аэрометрического приемника получены оригинальные алгоритмы вычисления высотно-скоростных параметров вертолета по информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта.

Практический интерес представляет предложенная методика обоснования требований к диапазонам измерения и погрешностям датчиков первичной информации параметров аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта.

Новыми научными результатами, полученными **в третьей главе** диссертации,

являются оригинальная конструктивная схема и методика проектирования неподвижного пространственно распределенного многофункционального аэрометрического приемника разрабатываемой системы воздушных сигналов вертолета. Достоверность разработанных моделей информативных сигналов и выработанных рекомендаций по рациональному выбору конструктивных параметров неподвижного многофункционального аэрометрического приемника подтверждена результатами исследования экспериментального образца приемника в аэродинамической трубе ЦАГИ.

Важные научно-технические результаты в виде методик анализа погрешностей и способов повышения точности измерительных каналов системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника получены **в четвертой главе** диссертации.

Практический интерес представляют методика алгоритмической коррекции инструментальных погрешностей каналов системы, обусловленных технологическим разбросом конструктивных параметров пневмоэлектрических измерительных каналов, и оригинальная схема системы воздушных сигналов вертолета с автоматической подстройкой измерительных каналов и адаптивным управлением периодичностью автоподстроек.

Важными научными результатами с точки зрения обеспечения требуемой точности измерения разрабатываемой системы при околонулевых скоростях и на режиме висения являются разработанные **в пятой главе** диссертации принципы построения и алгоритмы, методы анализа и синтеза комплексной системы воздушных сигналов вертолета.

Научно-обоснованным является предложение по построению комплексируемого канала на основе аэромеханической измерительно-вычислительной системы, моделирующей движение вертолета и дополненной наблюдателем Люенбергера.

Разработанные математические модели и имитационные модели аэромеханической измерительно-вычислительной системы измерения составляющих вектора истинной воздушной скорости вертолета, методики анализа и параметрического синтеза комплексной системы, а также полученные оценки остаточных погрешностей убедительно свидетельствуют об эффективности использования принципов комплексирования при околонулевых скоростях полета и на режиме висения вертолета.

Результаты разработки и моделирования комплексной системы измерения малых воздушных скоростей легкого вертолета «Ансат-У», раскрываемые **в шестой главе** диссертации, также свидетельствуют о высокой эффективности

комплексирования разрабатываемой системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и измерительно-вычислительной системой с наблюдателем Люэнбергера.

Достоверность разработанных научных положений и практических рекомендаций убедительно подтверждаются результатами разработки, экспериментальных исследований и натурных испытаний разработанных вариантов системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, которые приводятся в **седьмой главе** диссертации.

Полученные экспериментально количественные оценки погрешностей измерительных каналов системы согласуются с расчетными значениями и свидетельствуют о том, что решенная в диссертации научная проблема разработки методологии построения, основ теории, методов проектирования и обеспечения точности системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта позволила достигнуть поставленной цели работы – повышение точности измерения высотно-скоростных параметров вертолета при малых и околонулевых скоростях полета и на режиме висения в условиях сильных возмущений, вносимых индуктивными потоками несущего винта и другими факторами.

Значимость для науки и практики полученных результатов

Проведенное автором системное исследование и разработанные принципы построения, математические модели, методы анализа, синтеза и повышения точности измерительных каналов представляют собой методологию построения, основы теории, методы проектирования и экспериментального исследования оригинальной системы воздушных сигналов вертолета с расширенной нижней границей рабочих скоростей вплоть до режима висения и с улучшенными эксплуатационными и метрологическими характеристиками. Применение системы воздушных сигналов на гражданских и военных вертолетах позволяет решить важную для авиации задачу повышения безопасности эксплуатации и эффективности применения вертолетов, что имеет существенное значение для развития страны.

Полученные автором научные и научно-технические результаты являются фундаментальной базой для проведения ОКР по разработке вариантов системы воздушных сигналов для вертолетов различного класса и назначения. Исследования

доведены до уровня инженерных методик, алгоритмов, расчетных соотношений, практических рекомендаций, схмотехнических и конструктивных решений, программ и методик имитационного моделирования, трубных и натурных испытаний экспериментальных и промышленных образцов, что позволяет непосредственно использовать результаты диссертации при разработке вариантов системы.

Научные и практические результаты диссертационного исследования внедрены и широко используются на базовых предприятиях отрасли, и, что весьма важно, получили развитие в новых перспективных разработках авионики вертолетов.

Научные и практические результаты диссертации широко апробированы на многочисленных международных и всероссийских профильных научно-технических и научно-практических конференциях и весьма полно отражены в единоличной монографии автора, в 22 научных статьях, опубликованных в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, в 5 статьях в других изданиях. Новизна предложенных технических решений подтверждается 10 патентами РФ на изобретения и полезные модели.

Результаты диссертации широко использованы при выполнении госбюджетных и хоздоговорных НИР вуза, а также в учебном процессе подготовки инженеров по специальности «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы».

Замечания по диссертации

1. В выражении (2.25), стр. 110-111, для вычисления составляющих вектора истинной воздушной скорости вертолета по информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта входят коэффициенты $K_1(\varphi_2, V_\Sigma)$ и $K_2(\varphi_1, V_\Sigma)$, но не приводится их расшифровка.

2. В методике параметрического синтеза аэрометрического приемника при решении задач оптимизации целесообразно было бы рассмотреть возможность использования минимаксного критерия оптимизации, как наиболее соответствующего сути многокритериальной задачи проектирования.

3. При анализе точности разрабатываемой системы не проведена оценка погрешности из-за неточной начальной ориентации неподвижного аэрометрического приемника при установке его на фюзеляже вертолета. Не раскрывается как может быть уменьшена указанная погрешность.

4. В диссертации не рассмотрен вопрос о влиянии предложенного аэрометрического приемника на аэродинамическое поле вихревой колонны несущего винта с оценкой соответствующих погрешностей.

5. Материалы 5 и 6 глав целесообразно было изложить в одной главе,

исключив имеющееся дублирование уравнений движения вертолета, причем, значительную часть материала главы 6 можно было вынести в приложение.

Указанные замечания не снижают высокий уровень проведенного исследования, научную новизну и практическую значимость полученных результатов.

Заключение

1. Диссертация В.В. Солдаткина является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема разработки методологии построения, основ теории, методов проектирования, обеспечения точности и экспериментального исследования оригинальной системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта с повышенной точностью измерения при малых и околонулевых скоростях полета и на режиме висения, с расширенным рабочим диапазоном угла скольжения, что имеет важное значение для гражданской и военной авиации и развития страны.

2. Материалы диссертации грамотно изложены и хорошо оформлены, автореферат и опубликованные работы достаточно полно соответствуют содержанию диссертации, ее основным положениям и выводам.

3. Актуальность темы и важность решаемой научной проблемы, научная новизна и практическая ценность полученных результатов, их обоснованность и достоверность, апробация, опубликование и внедрение свидетельствуют о том, что рецензируемая диссертация удовлетворяет критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», 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, профессор,
профессор кафедры «Измерительно-
вычислительные комплексы»
Ульяновского государственного
технического университета,
Заслуженный деятель науки
Российской Федерации, Лауреат
премии Правительства РФ
в области науки и техники



В.А. Мишин

27.03.14

НАЧАЛЬНИК УПРАВЛЕНИЯ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СКВОРЦОВ С.В.