

## 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)»

**Актуальность темы.** При штурвальный и автоматическом управлении вертолетом необходима достоверная информация о воздушных сигналах, определяющих высотно-скоростные параметры его движения относительно окружающей воздушной среды. Однако на весьма ответственных с точки зрения безопасности взлетно-посадочных режимах полета вертолета измерение воздушных сигналов вертолета затрудняется аэродинамическими возмущениями, вносимыми вихревой колонной несущего винта. Это определяет актуальность темы и оригинальность идеи разработки системы воздушных сигналов (СВС-В) для измерения высотно-скоростных параметров вертолета с расширенной нижней границей рабочих скоростей вплоть до режима висения, построенной на основе неподвижного пространственно распределенного аэрометрического приемника

**Объектом исследования** является информационно-измерительная система воздушных сигналов вертолета, **предметом исследования** – создание новых технических средств и программно-алгоритмического обеспечения СВС-В для всенаправленного измерения высотно-скоростных параметров с расширенной нижней границей рабочих скоростей вертолета.

По существу на защиту выносятся следующие основные положения:

1. Методики формирования, анализа и использования информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта для измерения высотно-скоростных параметров, определения места установки СВС на фюзеляже вертолета и снижения погрешностей оценивания с помощью алгоритмической коррекции, автоматической подстройки и комплексирования.
2. Техническая разработка, схемное и конструктивное построение СВС-В на основе неподвижного пространственно распределенного

многофункционального аэрометрического приемника (АМП) и методика ее инженерного проектирования.

3. Математические модели и методы синтеза каналов оценивания СВС-В с учетом искажений первичной информации, обусловленных вращением вертолета и несущего винта.

4. Методы анализа и параметрического синтеза неподвижного пространственно распределенного многофункционального АМП.

5. Результаты трубных и натурных испытаний системы, опыт внедрения и пути совершенствования СВС-В с неподвижным АМП.

**Научная новизна работы** состоит в следующем

1. В результате исследования характеристик аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта найдена зона установки СВС-В, в которой аэродинамические возмущающие воздействия носят наиболее информативный регулярный характер при малых и околонулевых скоростях полета.

2. Впервые предложена концепция построения неподвижного пространственно распределённого многофункционального аэрометрического приемника, а выработанные рекомендации позволяют обоснованно проводить проектирование СВС-В с расширенной нижней границей рабочих скоростей и диапазоном измерения угла скольжения  $\pm 180^\circ$ .

3. Для снижения инструментальных погрешностей предложена оригинальная схема СВС с автоматической подстройкой пневмоэлектрических измерительных каналов с адаптивным управлением периодичностью автоподстройки.

4. Предложено комплексировать СВС-В с информационно-вычислительным устройством, моделирующим движение вертолета и содержащим наблюдатель Люэнбергера, что, как показано, существенно повышает точность оценивания на режиме висения.

5. В качестве отдельной разработки сформированы алгоритмы и даны рекомендации по выбору элементной базы для стартовой СВС одновинтового вертолета, что позволяет значительно повысить безопасность выполнения стартовых и взлетно-посадочных режимов.

**Практическая значимость** полученных результатов заключается в следующем:

1. Разработаны методики анализа погрешностей измерительных каналов СВС-В, их алгоритмической коррекции, автоматической подстройки остаточных статических ошибок оценивания

2. Разработано алгоритмическое и программное обеспечение информационно-вычислительного устройства СВС-В для оценки малых



воздушных скоростей с наблюдателем Люэнбергера

3. Техническая разработка новой СВС-В с неподвижным аэрометрическим приемником доведена до реализации в экспериментальных образцах, испытанных в аэродинамической трубе и на натурном объекте

4. Важным моментом является реализация полученных результатов в учебном процессе подготовки профильных инженерных кадров в КНИТУ-КАИ, при обучении магистров и аспирантов.

**Ценность для науки и практики** полученных результатов состоит в том, что в ней впервые в системном изложении раскрываются принципы построения, методы проектирования и рекомендации по экспериментальной отработке СВС-В на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника.

Общность и универсального предложенного подхода создает возможность решать другие задачи, в частности, измерять параметры вектора ветра на стоянке, получать нужную информацию для экранопланов и других летательных аппаратов.

Характерной особенностью данной работы является то, что в ней в ряде случаев трудно отделить друг от друга её научную и практическую значимость, в частности:

- анализ погрешностей и способы повышения точности алгоритмическим путем привели как к новым техническим решениям, так и к улучшению метрологических показателей СВС-В;
- комплексирование СВС-В с наблюдателем Люэнбергера имеет теоретическую значимость и в то же время расширяет возможности СВС-В на режиме висения;
- стартовая информационно-измерительная система для СВС одновинтового вертолета является новой разработкой, и она же повышает безопасность действий вблизи земли и т.д.

Все это свидетельствует о цельности предложенного подхода.

**Достоверность полученных научных результатов** базируется на использовании научно обоснованных математических моделей и современных методов анализа и синтеза информационно-измерительных систем. Адекватность полученных моделей и рекомендаций по выбору конструктивных параметров СВС-В убедительно подтверждаются результатами трубных и натурных испытаний, а также опытом внедрения в реальные разработки.

**В качестве замечаний** по диссертационной работе нужно указать

следующее

1. Ссылаясь на сложность задачи параметрического синтеза многоканального АМП, в работе не уделено должное внимание аналитическим методам параметрической оптимизации, хотя вначале можно было бы учесть ряд зависимостей и ограничений, чтобы сократить последующее число планируемых экспериментов.

2. Недостаточное внимание в диссертации уделяется вопросу фильтрации флуктуаций результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта, в том числе атмосферной турбулентности.

3. Результаты разработки аэромеханического измерительно-вычислительного устройства системы оценки малых воздушных скоростей вертолета с наблюдателем Люэнбергера не доведены до практической реализации в изготовленных экспериментальных образцах системы.

4. Ряд пунктов в позиции научной новизны диссертации сформулированы недостаточно конкретно без указания признаков, определяющих отличительную часть новых результатов.

5. Объём диссертации явно преувеличен.

Указанные замечания не снижают научную новизну и практическую ценность проведенного диссертационного исследования.

#### ***Выводы и заключение***

1. В целом диссертация В.В. Солдаткина представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная проблема разработки принципов построения, основ теории, методов проектирования и обеспечения точности конкурентоспособной системы воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного многофункционального аэрометрического приемника с расширенной нижней границей рабочих скоростей вплоть до режима висения и улучшенными метрологическими характеристиками, что имеет важное значение для авиации.

2. Результаты диссертации опубликованы в единоличной монографии и 22 научных статьях в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, а также в 5 статьях в других изданиях, 35 материалах и 6 тезисах докладов на международных и всероссийских научно-технических и научно-практических конференциях и семинарах. На предложенные оригинальные технические решения получены 10 патентов РФ на изобретения

Должен отметить, что я впервые встречаю такое обилие апробаций в печати и на конференциях, подтверждающих признание полученных результатов.

3. Автореферат и опубликованные работы автора весьма полно



отражают содержание и результаты диссертации, которые соответствуют специальности 05.11.16.

4. По актуальности темы, научной новизне и практической ценности полученных результатов, уровню их апробации и опубликования, реализации и внедрения диссертация удовлетворяет критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых 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  
профессор кафедры «Системы автоматического  
и интеллектуального управления» Московского  
авиационного института (национального  
исследовательского университета), доктор  
технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ



Г.Н. Лебедев

Подпись Лебедева Г.Н. заверяю  
Декан факультета №3 МАИ  
(Национального Исследовательского  
Университета)  
к.т.н., доцент



Ю.Г. Следков