

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Аникина Виктора Андреевича, на диссертационную работу Сысоева Вадима Викторовича по теме «Разработка многофункционального всеракурсного приемника воздушных давлений с аэродинамическими характеристиками, независящими от числа Рейнольдса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов».

Диссертация Сысоева Вадима Викторовича посвящена теме, которой в настоящее время уделяется серьезное внимание среди разработчиков авиационного оборудования. Это связано с тем, что конструкторы вертолетов, как модернизируемых существующих, так и перспективных, стремятся максимально расширить условия их эксплуатации. Соответственно, приближение допустимых режимов полета к критическим повышает требования к точности расчета высотно-скоростных параметров, что, в свою очередь, приводит к необходимости разработки новых систем измерения воздушных параметров (СИВП), источником первичных данных для которых является приемник воздушных давлений (ПВД).

Актуальность выбранной диссертантом темы не вызывает сомнений и потому, что подавляющее большинство существующих на текущий момент ПВД предназначены для использования на самолетах и имеют достаточно узкий диапазон направлений набегающего потока, в котором могут проводиться измерения. Для вертолетной техники характерен существенно более широкий диапазон возможных направлений полета, в результате чего предпочтительным является использование всеракурсного ПВД, один из вариантов которого является предметом исследования диссертации.

Также актуальность диссертации обуславливается тем, что рассматриваемый способ расширения области безотрывного обтекания головной части ПВД с использованием пространственного турбулизатора может быть использован и для проектирования самолетных ПВД с улучшенными техническими характеристиками.

Диссертационная работа Сысоева Вадима Викторовича является целостным, самостоятельным научным исследованием, отличающимся своей новизной. Диссертация представляет определенный интерес не только с теоретической (в работе выполнено экспериментальное исследование обтекания многогранного

пространственного тела потоком газа при малых скоростях потока), но и с прикладной точки зрения. В ней подробно рассмотрен вопрос разработки всеракурсного ПВД с многогранной головной частью, у которого размещенные на головной части ребра играют роль пространственного турбулизатора. Следует отметить, что ребра, образующиеся при сопряжении плоских граней, встречались на ПВД и ранее, но применялись они для фиксации линии глобального отрыва, а не для турбулизации потока. Такого типа ПВД установлены и хорошо себя зарекомендовали на вертолете Ка-52 в составе системы измерения воздушных параметров вертолета.

Использование ребер на поверхности головной части в качестве пространственного турбулизатора является новым элементом в проектировании ПВД.

Использование диссертантом навыков проведения исследований в аэродинамических трубах и обработки экспериментальных данных позволили получить градуировочные характеристики ПВД с многогранной головной частью и разработать математическую модель давлений в виде программной процедуры, позволяющей вычислять коэффициенты измеряемых ПВД давлений, зная значения двух аэродинамических углов.

Также диссертантом был разработан и программно реализован алгоритм, расчета воздушных параметров (высоты и скорости полета, аэродинамических углов) в точке установки ПВД по результатам измерения давлений в приемных отверстиях на поверхности головной части. В работе подробно описана процедура работы всех этапов алгоритма (с результатами промежуточных вычислений), приведены результаты тестовых расчетов.

Практическая ценность диссертации состоит в том, что предложенный автором диссертации метод расширения области безотрывного течения на поверхности головной части может быть использован при разработке новых ПВД, а рассмотренный в диссертации всеракурсный многофункциональный ПВД может быть использован как основа для создания систем измерения воздушных параметров полета вертолета нового поколения.

В целом, представленная к защите диссертация и автореферат Сысоева Вадима Викторовича на тему «Разработка многофункционального всеракурсного приемника воздушных давлений с аэродинамическими характеристиками, независимыми от числа Рейнольдса» представляют теоретическую и практическую ценность, а автор показал себя способным и профессионально состоявшимся научным исследователем. Диссертационная работа является оригинальным исследованием.

К замечаниям к диссертационной работе можно отнести следующее:

1. В диссертации не мало исследован вопрос о местоположении ПВД на летательном аппарате, в частности на вертолете, когда приемник находится в поле турбулентного потока от несущего винта, что в значительной степени определяет эффективность его работы.

2. Погрешности расчета аэродинамических углов в нулевом приближении представляются неоправданно высокими.

3. Имеются определенные шероховатости в терминологии. Например, "линии отрыва", которыми автор оперирует при анализе материалов визуализации, лучше называть оторвавшимися слоями смещения, а близкое к потенциальному течение нет смысла называть ламинарным.

Однако указанные замечания не оказывают существенного влияния на значимость полученных в диссертационной работе результатов и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.5.12. Структура и логика изложения материала в тексте диссертации выглядят достаточно обоснованными в контексте раскрытия поставленной цели и задач исследования. Цели и задачи исследования, сформулированные автором, были вполне достигнуты. Работа написана логично, ясным и строгим научным языком. Сильную сторону диссертации составляет ее ориентация на практическое применение полученных результатов.

Практическую значимость работы могли бы повысить рекомендации по местоположению ПВД на летательном аппарате.

Можно отметить, что к прогрессивным системам определения воздушных параметров, в которых могут использоваться ПВД такого рода, предъявляются

повышенные требования по точностям. Они зачастую превосходят точностные характеристики проверочного оборудования. В связи с этим, для использования результатов работы на практике, были бы весьма целесообразны рекомендации по разработке методики оценки погрешностей измерения воздушных параметров.

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации. В нем изложены все основные результаты, выносимые на защиту, дано достаточно полное представление о научной и практической значимости работы.

В целом, представленная диссертация и автореферат полностью соответствуют требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК при Министерстве образования и науки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Сысоев Вадим Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12 - «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов».

Доктор технических наук,
главный конструктор АО «НЦВ Миль и Камов»



В.А. Аникин

Подпись Аникина Виктора Андреевича удостоверяю
Должность

ФИО удостоверяющего

Подпись, подтверждающая полномочия генерального директора АО «НЦВ Миль и Камов»



ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора
Кусюмова Александра Николаевич,
на диссертационную работу Сыроева Вадима Викторовича по теме
«Разработка многофункционального всеракурсного приемника воздушных
давлений с аэродинамическими характеристиками, независящими от числа
Рейнольдса», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.5.12. – «Аэродинамика и процессы
теплообмена летательных аппаратов».

Диссертация Сыроева Вадима Викторовича посвящена одному из приоритетных направлений развития систем измерения высотно-скоростных параметров (СИВСП) – разработке многофункциональных датчиков, способных осуществлять измерение как кинематических параметров – величины и направления скорости полета, так и параметров состояния воздушной среды – статического и полного давления. Параметры полета летательного аппарата (ЛА) относятся к категории критически важных параметров, необходимых для обеспечения безопасности полета и для эффективного выполнения задач эксплуатации ЛА, в связи с чем тема диссертационной работы является актуальной.

Предложенный в диссертации подход к созданию СИВСП основан на использовании разработанного в диссертации всеракурсного приемника воздушных давлений (ПВД), адаптированного для применения на винтокрылых ЛА. Недостаточное развитие данного направления в отечественной и зарубежной авиапромышленности повышает интерес к тематике диссертационной работы.

Использование предложенного в диссертации многофункционального приемника воздушных давлений позволит создать всеракурсную СИВСП с минимальным количеством выступающих в поток конструктивных элементов.

Содержание диссертационной работы изложено во введения и четырех последующих главах.

Во введении сформулирована актуальность исследования, цели и задачи работы, обоснована научная новизна, показана практическая значимость и потенциальная область применения результатов работы.

В первой главе приведены нормативные требования, предъявляемые к приемникам воздушных давлений и системам измерения воздушных параметров, дан краткий обзор принципов построения и указаны основные достоинства и недостатки существующих приемников воздушного давления и датчиков аэродинамических углов.

Во второй главе рассмотрен вопрос разработки головной части всеракурсного приемника воздушного давления (ВПВД), структура обтекания которого остается неизменной в широком диапазоне чисел Рейнольдса, Описана методика построения головной части приемника воздушного давления, в виде вписанного в сферу многогранника, у которого ребра граней являются локальными турбулизаторами потока. Показано, что, положение точки отрыва на поверхности 192-гранной головной части соответствует турбулентному режиму обтекания гладкой сферы. При этом положение точки отрыва практически не меняется в широком диапазоне чисел Рейнольдса (включая докритические числа Рейнольдса, соответствующие обтеканию гладкой сферы).

В третьей главе приведены полученные в результате испытаний градуировочные характеристики многогранного ВПВД в виде зависимостей коэффициентов измеряемых давлений от пространственного угла атаки и аэродинамического угла крена. Предложен алгоритм, позволяющий рассчитать значения коэффициентов 12 измеряемых ВПВД давлений по заданным аэродинамическим углам.

В четвертой главе рассмотрен вопрос разработки алгоритма, позволяющего проводить расчет воздушных параметров (высоты и скорости полета, а также аэродинамических углов) по результатам измерения давлений в приемных отверстиях на поверхности ВПВД. Приведены результаты тестовых расчетов значений воздушных параметров. Интерес представляет также предложенная в этой главе методика определения статического давления.

При выполнении диссертационной работы автор продемонстрировал опыт проведения разнообразных испытаний (исследование распределения давления на поверхности модели, визуализация течения, градуировочные испытания) в аэродинамических трубах. С использованием современных методов обработки экспериментальных данных им были получены результаты, представляющие значительный научный интерес.

Практическая ценность диссертации состоит в том, что автором диссертации предложен приемник воздушных давлений, обладающий улучшенными техническими характеристиками по сравнению с существующими аналогами. На базе данного ВПВД может быть разработана система измерения воздушных параметров полета для вертолета нового поколения.

К диссертационной работе имеются вопросы замечания.

1. График для C_p1 на рис. 2.17 напоминает график для обтекания сферы потоком идеальной жидкости. Как объясняется тот факт, что для данного приемного отверстия не наблюдается область отрыва при больших значениях азимутального угла?
2. Почему нет монотонности при изменении числа Рейнольдса в поведении кривых на рис. 2.18? Поведение кривой при $Re=68493$, $Re=85616$ и $Re=102739$ отличается от поведения всех остальных кривых. Немонотонность по числу Re отмечается также в поведении кривых на рис. 2.19.
3. Не понятно, каким образом решается переопределенная система уравнений (4.2), с учетом обеспечения совместности решения уравнений системы.
4. Не понятно, каким образом матрица 778×12 элементов умножается на столбец из 12 элементов в формуле (4.5) из раздела 4.2.3. Желательно было дать развернутое физическое обоснование методике определения статического давления, предложенной в разделе 4.2.3.

5. В разделе 3.1.3, с. 88, указано: «... аналогично математической модели коэффициентов воспринимаемых ПВД давлений (раздел 3.2), ...» (нарушение последовательности изложения).

Тоже относится и к пункту 4.1, где упоминается методика, изложенная в п. 4.2, и к пункту 4.2, где упоминается методика из п. 4.3.

6. Работа содержит некоторое количество орфографических ошибок и стиливых нарушений. Например, одно из предложений на стр. 72 содержит более 30 слов (не считая предлоги и математические символы).

Указанные замечания не оказывают существенного влияния на значимость полученных в диссертационной работе результатов и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.07.01. Работа прошла достаточную апробацию как по опубликованным работам (включая публикации в изданиях, рекомендованных ВАК), так и участием автора в научно-технических конференциях. Содержание автореферата отражает основные положения диссертации.

В целом, представленная диссертация и автореферат полностью соответствуют требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК при Министерстве образования и науки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Сысоев Вадим Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов».

Доктор физико-математических наук,
профессор КНИТУ-КАИ

дата 20.10.2021

А.Н. Кусюмов

Подпись *А.Н. Кусюмова*
заверяю. Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ

