

УТВЕРЖДАЮ

Врио генерального директора
ФГБУ «НПО «Тайфун»

А.М. Гариянц

2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун»

на диссертационную работу

«Методы измерения и расчета температуры воздуха, скорости и направления ветра в атмосфере по данным самолета-лаборатории нового поколения»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы,

159 с., г. Долгопрудный

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центральная аэрологическая обсерватория»

Соискатель Живоглотов Дмитрий Николаевич

По итогам обсуждения диссертации на секции № 1 «Физика атмосферы и геофизический мониторинг» Ученого совета ФГБУ «НПО «Тайфун» принято следующее заключение:

Диссертационная работа Живоглотова Дмитрия Николаевича «Методы измерения и расчета температуры воздуха, скорости и направления ветра в атмосфере по данным самолета-лаборатории нового поколения» посвящена актуальной проблеме – разработке методов температурно-ветрового самолётного зондирования атмосферы, т.е. прежде всего точности и качеству измерений с борта самолета-лаборатории температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, турбулентности с борта самолета-лаборатории нового поколения Як-42Д «Росгидромет». Измерения термодинамических параметров атмосферы повышенной точности необходимы для корректной

интерпретации и прогноза распространения загрязнений в атмосфере, обеспечения воздействий на ее нижние слои, расчетов турбулентных потоков тепла и импульса как в свободной от гидрометеоров атмосфере, так и в облачных средах, уменьшения полетного времени зондировок за счет оптимальной организации циклов измерений, а также для решения ряда других научных и прикладных задач, являющимися актуальными в настоящее время.

Диссертационная работа Д.Н. Живоглотова восполняет заметный пробел в области самолетных исследований термодинамических параметров атмосферы и поэтому представляется актуальной.

Тема диссертации соответствует специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, как области науки, включающей в себя экспериментальное и теоретическое изучение феноменологии и физики процессов, происходящих в земной атмосфере и гидросфере, а также разработку методов прогноза явлений в атмосфере с различной степенью заблаговременности. Область диссертационного исследования соответствует пункту паспорта специальности: 1 «Строение и физика нижней атмосферы (тропосферы) Земли».

Методы исследования, использованные автором, включают в себя лабораторные исследования датчиков с помощью специальной аэродинамической установки, модельные компьютерные расчёты параметров обтекания воздушным потоком датчиков и их держателей; проведение натурных лётных исследований на самолёте-лаборатории, в том числе и при маневрах самолета-лаборатории.

Исследования термодинамического строения атмосферы и особенностей распространения аэрозолей в районе мегаполиса осуществлялись при полетах самолета-лаборатории в Московском регионе.

Диссертация состоит из шести глав и списка используемой литературы, общий объем диссертации составляет 159 страниц.

В первой главе проведен достаточно подробный анализ степени разработанности темы исследования и представлен обзор имеющихся в литературе сведений по трем направлениям диссертации: методам измерения термодинамических параметров с борта самолета-лаборатории; методике лабораторного эксперимента в аэродинамических трубах и методам компьютерного расчета параметров воздушного потока вблизи самолетных датчиков. Обзор хорошо иллюстрирован, приведены рисунки, заимствованные из различных источников, представлены также числовые данные о

характеристиках современных измерительных приборов и оборудования.

Приведена степень новизны результатов исследования, научная и практическая значимость результатов. Сформулированы положения, выносимые на защиту, и оценена степень достоверности результатов, описан личный вклад автора в работу и приведен список публикаций автора по теме диссертации.

Оценка научной новизны, научная и практическая значимость работы соответствуют паспорту специальности. Основные положения, выносимые на защиту, являются новыми решениями в данной области.

Во второй главе излагаются цели настоящей диссертационной работы и формулируются задачи, которые необходимо решить для достижения поставленных целей. Приводится краткое описание аппаратно-программного комплекса для измерения навигационных параметров полёта и термодинамических параметров атмосферы, установленного на самолёте-лаборатории нового поколения Як-42Д «Росгидромет».

В третьей главе, являющейся одной из основных в диссертации, приводятся результаты исследований датчиков температуры и давления на созданных калибровочных стендах, в аэродинамической установке и компьютерный расчёт их обтекания. Приведены литературные и расчетные оценки точности измерения с борта самолёта-лаборатории первичных параметров (температуры, давления, вектора путевой скорости, углов положения самолёта и аэродинамических углов). Описывается специальная аэродинамическая установка, созданной автором для исследований самолетных датчиков температуры в чистой и облачной среде при достаточно высоких числах Маха. Представлены результаты лабораторных и модельных экспериментов по определению коэффициента восстановления для датчика температуры. Установлены характер и степень влияния жидкокапельной водности на показания датчика температуры.

Четвертая глава посвящена результатам лётных исследований и апробации методов измерения и определению аэродинамических поправок в показания датчиков экспериментальным и расчётным методами. Приводятся числовые коэффициенты, позволяющие вводить аэродинамические поправки в показания датчиков температуры, давления и высоты. Сравнение данных по температуре, полученных одновременно с импортных Rosemount 102CT2CB и датчиков ВДТ, разработанных в ЦАО, расположенных в аэродинамически различных местах на самолете, показало хорошее совпадение данных с датчиков, причем датчики ВДТ имели наименьшую инерционность.

Исследования, проведённые в условиях реального полёта, на различных высотах и скоростях полёта показали, что выполнение манёвров самолетом по изменению углов курса и крена не приводит к существенным искажениям результирующих величин скорости и направления ветра. Автору удалось существенно снизить погрешности измерений по сравнению с аналогичными зарубежными измерительными системами.

В пятой главе, являющейся одной из основных, представлены результаты самолетных исследований влияния термодинамических условий на характеристики распространения аэрозольных примесей, продуцируемых мегаполисом (г. Москва). Приводятся данные о пространственном распределении концентраций аэрозоля малого и субмикронного размеров и частиц черной сажи в шлейфе выноса примесей, влиянии турбулентных потоков на изменения формы спектров размеров аэрозольных частиц. Приводятся оценки степени влияния характеристик устойчивости пограничного слоя атмосферы на распределения массовой концентрации черной сажи. Проведенный анализ позволил выявить некоторые особенности распространения черной сажи и оценить уровни аэрозольного загрязнения. Рассмотрен временной (суточный) ход изменений вертикальных профилей концентраций сажи, оценено общее содержание массы сажевых частиц в слое атмосферы. Предложен метод построения эмпирической модели распространения сажевых примесей в пограничном слое атмосферы, основанный на теории подобия для конвективных и устойчивых условий. Получены сглаживающие кривые для профилей концентраций черной сажи в устойчивом и конвективном пограничном слое.

Шестая глава является заключением, в котором изложены основные результаты, полученные в данной диссертационной работе, и приведен список публикаций автора.

Сформулированные в заключении основные результаты и выводы, в полной мере отражают содержание диссертационной работы.

Положения, выносимые на защиту, представляют большой научно-технический интерес, поскольку их использование в практике самолетных исследований обеспечивают выполнение измерений температуры, скорости и направления ветра с высокой точностью, в том числе и при выполнении самолетом маневров по крену и тангажу. Комплексные методы определения характеристик самолётных датчиков температуры и аэродинамических поправок, предложенные автором, могут быть использованы для создания

измерительных систем самолетов-лабораторий, а метод экспериментального определения коэффициента зависимости поправки в измеряемую с борта самолёта температуру воздуха от значения жидкокапельной фракции в облаке позволяет проводить измерения температуры в облаках. Результаты исследований степени влияния термодинамических условий в пограничном слое на распространение аэрозольных примесей являются заметным вкладом в оценки загрязнений, продуцируемых мегаполисом.

Научная новизна работы состоит в том, предложен и реализован комплексный метод определения коэффициента восстановления температуры для самолётного термометра, основанный на компьютерном моделировании воздушного потока в термометре и экспериментах в аэродинамической установке. Впервые определён коэффициент зависимости величины поправки в измеряемую с борта самолёта температуру воздуха от значения жидкокапельной водности облака. Создан метод определения величин аэродинамических поправок в показания датчиков давления и температуры, основанный на компьютерных расчётах и натурных измерениях. Проведено определение качества и точности самолётных измерений температуры воздуха, скорости и направления ветра с помощью группы типовых и оригинальных датчиков нового поколения с учётом случайных и систематических ошибок измерения. Выполнено исследование влияния термодинамических условий в пограничном слое атмосферы на характеристики распространения аэрозольных примесей.

Обоснованность и достоверность представленных в диссертации результатов подтверждается наземными калибровками датчиков, теоретическими оценками погрешностей измерения, результатами лётных исследований аппаратуры при манёврах самолёта, сопоставлением данных радиозондирования и самолётных зондировок. Оценки аэродинамических возмущений основаны на сопоставлении экспериментальных данных с результатами компьютерного моделирования. Величина коэффициента зависимости поправки в измеряемую с борта самолёта температуру воздуха от значения жидкокапельной водности облака проверена по данным самолётных наблюдений в конвективных облаках.

Апробация работы проведена в достаточном объеме, результаты исследований докладывались на всероссийских и международных научных конференциях, семинарах и заседаниях Ученого совета ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория», семинара НИВЦ МГУ. Основной материал

диссертации отражен в научных публикациях диссертанта. Общее число работ 15, из них 3 работы опубликованы в журналах из перечня ВАК, получен патент на полезную модель. Таким образом, все требования, предъявляемые к диссертационным исследованиям, соблюдены.

Результаты работы и её апробация достаточно полно освещены в автореферате и в приведенных публикациях автора. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Результаты диссертации внедрены в практику научно-исследовательских работ самолета-лаборатории Як-42Д «Росгидромет» и научно-технических работ ФГБУ «ЦАО», о чем свидетельствуют акты внедрения.

Научная и практическая значимость результатов, полученных в работе, заключается в том, что разработанные методы расчета используются для получения высокоточных данных о температуре воздуха (в том числе и в облаках с жидкокапельной фракцией), скорости и направлении ветра, определения турбулентных пульсаций скорости ветра и температуры. Данные о температуре воздуха, скорости и направлении ветра, турбулентности, полученные по результатам измерений с борта самолета-лаборатории, используются для исследований переноса загрязняющих примесей различного происхождения, валидации систем дистанционного зондирования атмосферы (спутниковых и радиолокационных).

Разработанная специальная аэродинамическая установка с системой создания воздушного потока с жидкокапельной фракцией применяется для исследований датчиков температуры различной конструкции, калибровок самолётные датчиков водности облаков. Метод определения аэродинамических возмущений, вносимых в поток элементами конструкции самолёта может быть использован для определения систематических ошибок при исследованиях аэродинамических характеристик различных типов самолётов. Метод введения поправки в температуру воздуха послужил основой для создания способа оценки стадии развития конвективных облаков с целью определения их пригодности для воздействий.

По работе могут быть сделаны следующие замечания:

1. Величина поправки в показания термометра на воздействие капель определялась в лабораторных условиях с использованием специальной аэродинамической установки в диапазоне скоростей воздушного потока до 80

м·с⁻¹, но скорости полета самолета могут быть большими. В связи с этим, представляют интерес данные о влиянии жидкокапельной водности на показания датчика температуры при различных скоростях воздушного потока.

2. При описании методов и техники аэродинамических экспериментов перечислены различные системы, но нет четкого обоснования выбора автором именно этого варианта аэродинамической трубы.

3. Попытки учета влияния жидкокапельной водности облака на показания самолетного термометра проводилась в мире с момента начала самолетных измерений температуры в облаках. Из диссертации неясно как предложенный автором метод соотносится с другими методами учета такого влияния.

4. Стиль изложения материала отличается чрезмерной сложностью, громоздкостью. Рекомендуется соискателю, в будущем, сложные предложения и участки текста разбивать на несколько коротких предложений с ясным смыслом.

Указанные недостатки не оказывают существенного влияния на основные результаты работы и не умаляют ценности полученных в диссертационной работе результатов и выводов.

Рассматриваемая диссертация является научно-квалифицированной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение в области физики атмосферы. Она обобщает самостоятельные исследования автора и представляет собой законченный научно-исследовательский труд, выполненный на актуальную тему, и содержит новые научные результаты.

На основании всего изложенного считаем, что представленная диссертационная работа и автореферат удовлетворяют всем требованиям пп. 9 и 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, с изменениями на 28 августа 2017 года, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор – Живоглотов Дмитрий Николаевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросфера (пункт 1 паспорта специальности).

Отзыв обсужден и принят на заседании секции № 1 «Физика атмосферы и геофизический мониторинг» Ученого совета ФГБУ «НПО «Тайфун» 03 сентября 2018 г., протокол № 2018-03.

Присутствовало на заседании 19 чел. Результаты голосования: «за» – 19 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Отзыв подготовил:

Ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун», кандидат физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Юрий Самадович Русаков

Адрес: Россия, 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4

Тел. (484) 397-19-21, E-mail: rusakov@rpatyphoon.ru

Председатель секции № 1 «Физика атмосферы и геофизический мониторинг» Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун», кандидат физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Владимир Николаевич Иванов

Адрес: Россия, 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4

Тел. (484) 397-15-19, E-mail: vivanov@rpatyphoon.ru

Секретарь секции № 1 «Физика атмосферы и геофизический мониторинг» Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-производственное объединение «Тайфун»,

Тамара Евгеньевна Петрунькина

Адрес: Россия, 249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы, 4

Тел. (484) 397-19-78, E-mail: petrunkina@rpatyphoon.ru