

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.365.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.09.2024. №1

О присуждении Торгунакову Роману Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка и исследование методов измерения электрических полей атмосферы при помощи летательных аппаратов и их применение при анализе данных контроля электрического состояния облаков» по специальности 1.6.18 Науки об атмосфере и климате принята к защите 01.07.2024 г. (протокол заседания № 8) диссертационным советом 24.2.365.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д.79, созданного приказом № 61/нк от 26.01.2023 г.

Соискатель **Торгунаков Роман Евгеньевич**, «30» марта 1990 года рождения. В 2012 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по

специальности «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы». В 2013-2017 гг. Торгунаков Р.Е. прошел обучение в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова». Справка о сдаче кандидатских экзаменов по научной специальности 1.6.18 «Науки об атмосфере и климате» выдана 22.04.2024 г. В период написания диссертации соискатель работал и работает в настоящее время в комплексном отделе Акционерного общества «КТ-Беспилотные Системы».

Диссертация выполнена в АО «КТ-Беспилотные Системы», г. Санкт-Петербург.

Научный руководитель Синькевич Андрей Александрович, доктор технических наук (научная специальность 11.00.09 «Метеорология, климатология, агрометеорология»), старший научный сотрудник, главный научный сотрудник отдела геофизического мониторинга и исследований Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова», г. Санкт-Петербург.

Официальные оппоненты:

Абшаев Али Магометович, доктор физико-математических наук, доцент, директор «Научно-Производственного Центра «Антиград».

Юсупов Игорь Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, ведущий инженер учебной лаборатории радиофизики, отделения по направлению физика, управления технического обеспечения образовательных программ, ректората Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» в своём положительном отзыве, составленном и подписанном кандидатом физико-

математических наук, доцентом кафедры метеорологии и климатологии геолого-географического факультета Нечепуренко Ольгой Евгеньевной, утвержденном и.о. проректора по научной и инновационной деятельности, доктором физико-математических наук, профессором Ворожцовым Александром Борисовичем, обсужденном на заседании кафедры метеорологии и климатологии геолого-географического факультета, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», протокол от 29.08.2024 г. №153, указала, что диссертация Торгунакова Романа Евгеньевича является научно-квалификационной работой, имеющей значение для развития знаний в области атмосферного электричества, соответствует паспорту специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате» и отвечает требованиям п.9 Положения о порядке присуждения учёных степеней, а её автор, Торгунаков Роман Евгеньевич, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате».

Соискатель имеет 9 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 4 публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации. Наиболее значимые работы по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Торгунаков Р.Е., Михайловский Ю.П., Синькевич А.А. О методике измерения напряженности электрического поля атмосферы и заряда летательного аппарата // Труды ГГО. – 2015. – Вып. 579. – С. 214-231.
2. Торгунаков Р.Е., Михайловский Ю.П., Синькевич А.А. Самолетные исследования напряженности электрического поля и заряда самолета в конвективных облаках на ранней стадии развития // Труды ГГО. – 2017. – Вып. 587. – С. 32-46.
3. Торгунаков Р.Е. О возможности применения беспилотных летательных аппаратов для исследований напряженности электрических полей в атмосфере // Труды ГГО. – 2018. – Вып. 588. – С. 37-46.

4. Синькевич А.А., Михайловский Ю.П., Куров А.Б., Тарабукин И.А., Веремей Н.Е., Дмитриева О.А., Торгунаков Р.Е., Торопова М.Л. Характеристики конвективных облаков Северо-Запада России, формирующих интенсивные осадки // Оптика атмосферы и океана. – 2023. – № 36. – С. 662-669.

Все публикации соответствуют теме диссертации и раскрывают её основные положения, недостоверных сведений об опубликованных соискателем учёной степени работ не выявлено.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные. В них отмечаются высокий уровень работы, ее актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Отмеченные авторами отзывов замечания не влияют на высокую оценку диссертации.

1. Отзыв официального оппонента доктора физико-математических наук Абшаева Али Магометовича, доцента, директора «Научно-Производственного Центра «Антиград».

Отзыв положительный. Замечания:

1) На стр. 4 автореферата и стр. 7 диссертации говорится про предметы и объекты исследования, однако, приведенные формулировки очень близки по смыслу друг с другом. Вероятно, надо более конкретно указать методы и результаты в предметах исследования, чтобы был более понятен смысл, заложенный диссертантом в эти определения.

2) В разделе «положения, выносимые на защиту» говорится, что БПЛА могут применяться для исследования характеристик электрических полей. Несмотря на очевидность такого заявления, на наш взгляд, оно больше является выводом диссертации, нежели положением. Согласно определениям ВАК положения, выносимые на защиту, должны обладать научной новизной и являться вкладом в науку автора диссертации

3) На стр. 14-15 автореферата приводятся данные о напряженности электрического поля 4 облаков типа Cu Cong. Значения на уровне 250 В/м представляются довольно слабыми. По некоторым литературным сведениям, напряженность электрического поля атмосферы хорошей погоды может составлять 100-150 В/м и более. Возможно также, что это была самая ранняя стадия развития конвективных облаков.

4) Диаграммы 9 и 10 в автореферате показали слабую зависимость вертикальной составляющей электрического поля и заряда самолета от водности облака в связи, с чем ценность таких диаграмм вызывает сомнение. Возможно, в качестве независимой переменной следовало бы искать некие комплексные параметры, которые могли бы лучше коррелировать с анализируемыми экспериментальными данными. То же самое относится и к диаграммам 15-16.

5) Электрические нейтралы, как следует из текста диссертации, рассчитываются при однородном или отсутствующем внешнем электрическом поле, окружающем летательный аппарат. Как обстоит дело с однородностью поля при полете, например, сквозь конвективные облака типа Cu Cong и Cumulonimbus? Будут ли эти нейтралы смещаться относительно рассчитанных и как это отразится на калибровочных коэффициентах?

6) Теоретическая модель, по мнению диссертанта, позволяет рассчитать собственный заряд самолета при условии нейтральной среды, где он пролетает, и затем учитывать этот заряд при обработке измерений датчиков электрического поля. Не совсем понятно, является ли рассчитанный заряд самолета величиной, мало зависящей от скорости полета, температуры и влажности, аэрозольного состава и других параметров среды, в которой пролетает самолет? Если такая зависимость имеется, то предлагаемые статические поля заряда самолета могут быть неточными в каждой конкретной ситуации.

7) Вывод о том, что обнаружена тенденция к увеличению напряженности электрического поля и заряда самолета с увеличением

водности в конвективных облаках закономерен. Чем больше облачных частиц участвует в формировании заряда, тем больше сам заряд и наводимые им электрические поля. Вывод же о том, что напряженность электрического поля и заряд самолета ослабевают с уменьшением температуры окружающего воздуха, вызывает у нас много вопросов, о чем свидетельствует низкая корреляция. Проанализированный узкий диапазон температур от $-6,3$ до $-7,2$ градуса представляется слишком маленьким для таких выводов, требуется более обширный статистический материал.

8) Чем объясняется двух-модальность распределения среднего значения модуля вектора напряженности поля в облаках Cb (рис. 53)? Такой же вопрос применим и к рис. 54 для распределения среднего значения заряда самолета.

9) Блок радиолокационных исследований электрических характеристик облаков, приведенный в главе 4, на наш взгляд, носит больше информативный характер и мало связан с основным материалом диссертации.

10) Имеются отдельные грамматические ошибки в тексте диссертации (стр. 4 – «...образовании облаков», стр. 41 – «Входные данными», «Выходным данными алгоритма»). Стр. 98 – «Диаграммы размаха средних значений напряженности поля и ЛА самолета...» (пропущено «заряда»).

2. Отзыв официального оппонента, кандидата физико-математических наук Юсупова Игоря Евгеньевича, ведущего инженера учебной лаборатории радиофизики, отделение по направлению физика, управление технического обеспечения образовательных программ, ректорат, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».

Отзыв положительный. Замечания:

1) Автор отмечает, что распределения на рис. 40-41 не отвечают нормальному распределению, но не проверяет на другие виды распределений. По виду они похожи на логнормальные.

2) Выборка гистограмм на рис. 55-58 слишком мала, чтобы говорить о статистических характеристиках.

3) Хотелось бы узнать, не увеличится ли погрешность определения калибровочных коэффициентов при уменьшении размеров летательного аппарата (при использовании БпЛА).

4) Оптимальное положение датчиков рассчитывается исходя из направления поля, направленного вдоль одной из осей самолета. Не значит ли это, что в реальных полях положение датчиков будет уже не оптимальным?

5) На рис. с 46 по 52 желательно увеличить размер шрифта.

6) В тексте диссертации имеется небольшое количество ошибок и опечаток.

7) Хотелось бы узнать, не увеличится ли погрешность определения калибровочных коэффициентов при уменьшении размеров летательного аппарата (при использовании БпЛА).

8) Оптимальное положение датчиков рассчитывается исходя из направления поля, направленного вдоль одной из осей самолета. Не значит ли это, что в реальных полях положение датчиков будет уже не оптимальным?

3. Отзыв ведущей организации ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», составленный и подписанный Нечепуренко Ольгой Евгеньевной кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры метеорологии и климатологии.

Отзыв положительный. Замечания:

1) В защищаемых положениях отсутствуют количественные оценки анализируемых параметров (например напряженности электрического поля, заряда летательного аппарата).

2) Формулировка Второго защищаемого положения является не совсем удачной не сказано, на основе чего сделан данный вывод, чем он подтверждается.

3) В тексте диссертации не объясняется, почему (на основании каких побуждений) в модельных расчетах в качестве значения напряженности внешнего электрического поля было выбрано 1000 В/м.

4) В главе 4.2 на гистограммах не вполне удачно подобрана ширина карманов анализируемых величин – ширина не постоянна для одних и тех же величин (осложняет сравнение рисунков), на некоторых рисунках она является чрезмерно маленькой (вместо сглаженного распределения наблюдаются отдельные «иглы»).

5) В диссертации недостаточно отражено, являются ли найденные автором корреляции напряженности электрического поля и заряда самолета с водностью в конвективных облаках и с температурой окружающего воздуха в облаках As универсальными закономерностями, и почему такие «слабые» и «небольшие», по словам самого автора, корреляции вынесены в защищаемые положения. Не показано, являются ли статистически значимыми полученные коэффициенты корреляции. Причем, связь с температурой окружающего воздуха найдена только для облаков As, что не отражено в защищаемом положении.

6) В заключении не хватает обобщения полученных результатов: «Таким образом, ... и поместить туда либо рекомендации по месту установки прибора, либо рекомендации по поведению летательного аппарата, учитывая различия в значениях электрических характеристик по телу аппарата, либо еще какие-то рекомендации.

7) Рисунки 73 и 74 являются полными копиями рисунков 51 и 52, хотя подрисуночные подписи разные.

8) В тексте диссертации имеются пунктуационные ошибки (например, во многих местах используется знак препинания «дефис» вместо знака препинания «тире»).

9) Применяется нестандартное написание значений величин и единиц измерений (например, в главах 2.4 и 2.5 есть запись $150 \text{ Кл} \cdot 10^{-9} / \text{м}^2$ и подобные). Обычно, сперва пишется мантисса числа, затем порядок числа, а затем единица измерения (например, $150 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$).

10) В главе 4.3 чрезмерное количество подряд идущих рисунков (7 страниц с рисунками без текста), которые слабо описаны в тексте. Их имело бы смысл «разбавить» текстом или перенести в Приложение.

11) Список сокращения и условных обозначений находится в конце диссертации, хотя, обычно, его помещают вначале (читатель замечает его в последний момент, хотя он необходим в процессе чтения диссертации).

12) С. 116, рис. 73, 74 В названии рисунка указана «Диаграмма размаха средних значений напряженности электрического поля в As и Cs», а на рисунке по оси X указаны облака Cu med, Cu cong, Cb.

13) Блок-схемы на рис. 6 оформлена не совсем правильно: нет блока начала и окончания алгоритма, неправильно оформлены блоки ввода/вывода.

4. Отзыв от ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», составленный и подписанный профессором, заведующим отделом стихийных явлений, доктором физико-математических наук Аджиевым А.Х.

Отзыв положительный. Замечания:

1) Из работы не совсем ясно, когда и как проводились автором полевые натурные исследования.

2) Важной характеристикой конвективного облака является значения напряженности электрического поля перед разрядом молнии, во время разряда молнии и после разряда.

В этой связи весьма актуальными являются исследования динамики напряженности электрического поля во взаимосвязи данными датчиков молниевых разрядов, что, по-видимому, будет предметом дальнейших работ автора.

3) В тексте имеются некоторые опечатки стилистического характера.

5. Отзыв от Института компьютерных технологий и информационной безопасности ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», составленный и подписанный заведующим кафедрой физико-математических основ инженерного образования, доктором физико-математических наук Куповых Г.В.

Отзыв положительный. Замечания:

1) Автором выполнен анализ данных самолетных измерений в период с 1961 по 1990 гг., в облаках Cb, Cu cong и Cu med. При этом данные по напряженности электрического поля в облаках Cu cong, полученные с использованием самолета Ил-14, отличаются относительно небольшими значениями по сравнению с аналогичными измерениями с помощью Ту-104 и Ан-12. Это требует дополнительного пояснения.

2) В главе 4 (с. 20-21) и заключении (с. 23) значения компонент напряжённости электрического поля приводятся, как со знаком «плюс», так и «минус». Не вполне понятно, что имел в виду автор?

6. Отзыв от ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», составленный и подписанный доцентом кафедры 305 «Пилотажно-навигационные и информационно-измерительные комплексы», кандидатом технических наук Антоновой Д.А.

Отзыв положительный. Замечания:

1) В автореферате недостаточное внимание уделено оценке погрешностей измерений.

2) Из автореферата трудно понять было ли проанализировано автором влияние неоднородностей электрических структур облаков на погрешность измерений напряженности электрического поля. Возможно, этому вопросу следует посвятить отдельные дальнейшие исследования.

7. Отзыв от ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория», составленный и подписанный начальником центра физики облаков и активных воздействий, кандидатом физико-математических наук Данелян Б.Г.

Отзыв положительный. Замечания:

1) В автореферате в основном содержании работы в недостаточной степени отражено исследование влияния окружающих объектов на поверхности летательного аппарата на погрешности измерений.

2) На рис. 1, 3, 5 следует увеличить размер шрифта.

3) На стр. 16, 17 (рис. 9, 10) автор не исследует нелинейные модели зависимости переменных.

4) В автореферате на стр. 22-23 (рис. 15, 16) не изображены линии регрессии.

8. Отзыв от ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Воейкова», составленный и подписанный ведущим научным сотрудником, ученым секретарем, кандидатом географических наук Махоткиной Е.Л.

Отзыв положительный. Замечания:

1) Диссертант справедливо отмечает, что наиболее подходящим способом исследования электрических полей в атмосфере является использование специализированных самолетов-лабораторий. Однако, учитывая реалии настоящего времени, с большой долей вероятности следует ориентироваться на БПЛА. Остается неясным также обеспечат ли БПЛА

измерения электрических характеристик атмосферы в облаках различных форм.

2) Диссертант не указывает проводилось ли ранее детальное обобщение результатов самолетных экспериментов и, если да, то каковы его результаты.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» широко известно своими достижениями в области изучения функционирования глобальной электрической цепи, развития знаний в области атмосферного электричества и физики облаков, что соответствует теме выполненной соискателем работы, и способно определить научную и практическую значимость диссертации.

Выбор официальных оппонентов обосновывается следующим:

Абшаев Али Магометович, доктор физико-математических наук, доцент, директор «Научно-Производственного Центра «Антиград» является ведущим специалистом в области физики облаков и осадков.

Юсупов Игорь Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, ведущий инженер учебной лаборатории радиофизики, отделения по направлению физика, управления технического обеспечения образовательных программ, ректората ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» является ведущим специалистом в области электрических характеристик облаков и физики грозы.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в вопросах исследования атмосферного электричества, достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций, соответствующих тематике диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана математическая модель для моделирования электростатических полей, использующая трехмерную модель летательного аппарата,

предложена и показана возможность использования беспилотных летательных аппаратов в качестве платформы для исследования атмосферного электричества,

доказана возможность получения информации об электрических полях и заряде самолета в облаках различных типов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

решена актуальная научная задача математического моделирования зарядов летательных аппаратов и электрических полей, создаваемых летательным аппаратом,

получены количественные электрические характеристики облаков, обнаружены и подтверждены статистические взаимосвязи между физическими величинами.

Значение полученных соискателем результатов исследования **для практики** подтверждается тем, что:

решена научно-практическая задача, имеющая существенное значение для повышения достоверности самолетных исследований атмосферного электричества за счет применения разработанной методики моделирования электрических полей и оценки калибровочных коэффициентов,

предложенная модель может быть внедрена для упрощения процесса подготовки воздушных судов – летающих лабораторий, оптимизации расположения датчиков, определения калибровочных коэффициентов и уменьшения количества требуемых калибровочных полетов, что приведет к уменьшению затрат при подготовке летающих лабораторий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

все полученные результаты обладают высокой степенью достоверности и являются обоснованными. Достоверность получаемых результатов обеспечивается сопоставлением результатов физико-математического моделирования и аналитических расчетов, анализом предшествующих научных работ. Исследования проводились путем систематизации и статистической обработки больших объемов данных и не противоречат результатам других предшествующих исследований по данной тематике и существующим представлениям. Результаты диссертации опубликованы в рецензируемых российских научных журналах.

Личный вклад соискателя заключается в разработке модели, подготовке и обработке исходных материалов, анализе, обобщении и апробации полученных результатов и подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие **критические замечания**:

не все положения, выносимые на защиту, были достаточно представлены в докладе;

представленные корреляции напряженности электрического поля и заряда самолета с водностью в конвективных облаках и с температурой небольшие и не везде очевидны.

Соискатель Торгунаков Р.Е. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по существу сделанных замечаний.

На заседании 26 сентября 2024 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи при разработке модели распределения зарядов и электрических полей и основанных на ней методов измерения напряженности электрического поля атмосферы при помощи летательных аппаратов и калибровки средств измерения, установленных на них, имеющей значение для развития знаний об атмосферном электричестве, присудить Торгунакову Р.Е. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 11 докторов наук, участвующих в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 10, против 0, недействительных бюллетеней 2.

Председатель диссертационного совета 24.2.365.02

д.ф.-м.н.



Смышляев Сергей Павлович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.365.02

к.ф.-м.н.

Ермакова Татьяна Сергеевна

26 сентября 2024 года