

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Колбневой Натальи Юрьевны

«Капиллярные осцилляции заряженной поверхности капли и генерация электромагнитных волн», представленную в диссертационный совет Д 002.003.01 на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Актуальность темы диссертационного исследования.

Расчет требования к средствам мониторинга грозовой активности, обеспечивающих решение задач, связанных со своевременным обнаружением и предотвращением возможных последствий вредного воздействия грозовой активности на различные объекты человеческой деятельности. Необходимо не только повышать надежность обнаружения начала и окончания грозы и с высокой точностью осуществлять ее трассирование, но также определять текущую фазу развития грозового процесса, оценивать степень его грозоопасности и, по возможности, осуществлять краткосрочный прогноз последующего развития. Подобные требования к текущему мониторингу электрических явлений в облаках возникают для ряда практических потребностей, связанных с обеспечением безопасности многих объектов, подверженных воздействию не только прямых ударов молний, но и излучения облачной среды в процессе развития. Удовлетворение этим требованиям не может осуществиться без детального исследования характеристик электромагнитных волн (интенсивность, диапазон частот), генерируемых капиллярными осцилляциями заряженной поверхности капель в конвективных облаках и на стадии грозообразования, поэтому актуальность диссертационной работы Колбневой Н.Ю.

«Капиллярные осцилляции заряженной поверхности капли и генерация электромагнитных волн» является несомненной.

Исследования в данной области начались относительно недавно.

В этой связи соискатель Колбнева Н.Ю. поставила цель: провести исследование в рамках физико-химической гидродинамики на основе идей и подходов механики сплошной среды, особенностей невязкого затухания капиллярных осцилляций капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости, используя энергетический подход и общую теорию излучения.

Актуальность задач, исследуемых в диссертации Колбневой Н.Ю., определяется также возрастающим в последнее время интересом к практическим приложениям в области радиолокации, авиации, геофизики, гидрометеорологии. Полученные в диссертационной работе результаты и выводы позволяют значительно упростить анализ многих задач электрогидродинамики, гидродинамики, механики сплошной среды, радиофизики.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выводы и практические рекомендации диссертационной работы сформулированы на основе интерпретации полученных аналитических асимптотических решений краевых задач об осесимметричных капиллярных осцилляциях заряженной капли идеальной несжимаемой идеально проводящей жидкости во внешнем электростатическом поле, аналитического асимптотического исследования возможности появления при этом электромагнитных волн при использовании двух теоретически обоснованных методов расчета (на основе энергетического подхода и в модели общей теории излучения), а также численных оценок интенсивности и диапазона частот радиоизлучения.

Структура и логика изложения материала в диссертационной работе выглядят достаточно обоснованными в контексте раскрытия поставленных целей и задач исследования. Цели и задачи исследования, сформулированные автором, достигнуты. Обоснованность результатов и выводов диссертации также обеспечивается серьезной апробацией работы.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций, сформулированных диссертантом в настоящей работе, обеспечена корректностью математических моделей, соответствующих классическим представлениям механики сплошной среды, электрогидродинамики, математической физики, аккуратным решением поставленных задач в строгой математической постановке, сопоставимостью ряда результатов с известными теоретическими решениями, а также с экспериментальными данными из научных публикаций.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в комплексном подходе к аналитическому асимптотическому решению задач о возникающем при капиллярных осцилляциях заряженных капель в электростатическом поле электромагнитного излучения. В диссертационной работе даны постановки и решения ряда задач о капиллярных осцилляциях заряженной поверхности капель, основываясь на идеализированных моделях и порядках приближений. Впервые проведен расчет и анализ затухания капиллярных осцилляций заряженной капли идеальной электропроводной жидкости во внешнем электростатическом поле при использовании двух эффективных подходов: на основе закона сохранения энергии по Калечицу-Полуэктову и на основе общей теории излучения.

Структура диссертации.

Структура и оформление диссертации соответствуют рекомендованного ВАКом ГОСТа 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Диссертационная работа Колбневой Н.Ю. состоит из введения, трех глав, разделов «Результаты и выводы», «Рекомендации экспериментаторам», списка литературы, состоящего из 161 наименования, включая работы диссертанта по теме исследования, и приложения.

Общая характеристика работы.

Во введении сформулированы объект и предмет исследования, обоснованы актуальность и новизна исследования, поставлены цели и задачи диссертации, перечислены научные положения, выносимые на защиту, приведено практическое применение результатов работы.

В первой главе диссертации представлен обзор научной литературы по исследуемой проблеме. Рассмотрено историческое развитие подхода к поставленной проблеме. Разобраны ключевые исследования, введенные модели, используемые методы. Указаны основные направления исследований в диссертационной работе.

Вторая глава диссертации посвящена аналитическому асимптотическому исследованию в первом порядке малости по безразмерной амплитуде осцилляций заряженной поверхности капли и генерации при этом электромагнитных волн в рамках энергетического подхода по Калечицу-Полуэктову.

В разделе 2.1 проведен физико-химический анализ возможности затухания капиллярных осцилляций заряженной капли идеальной несжимаемой идеально проводящей жидкости, находящейся в идеальной несжимаемой диэлектрической среде.

В ходе решения задачи первого порядка малости по отношению амплитуды осцилляций к радиусу капли найдено дисперсионное уравнение с комплексными решениями: реальная часть определяет частоту осцилляций, а мнимая часть – декремент затухания капиллярных осцилляций. Поскольку в модели идеальной жидкости затухания быть не может, то из этого обстоятельства сделан вывод о потере энергии осцилляций на излучение каплей электромагнитных волн. В рамках энергетического подхода оценена интенсивность излучения осциллирующей заряженной капли.

Раздел 2.2 посвящен физико-химическому анализу возможности затухания капиллярных осцилляций незаряженной капли идеальной несжимаемой идеально проводящей жидкости в однородном электростатическом поле, находящейся в идеальной несжимаемой диэлектрической среде.

Расчеты нулевого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций показали, что под действием внешнего электрического поля, задающего выделенное направление, в линейном приближении по величине стационарной деформации равновесная форма поверхности капли является сфероидальной.

В электрогидродинамических расчетах первого порядка малости найдены дисперсионное уравнение и декремент затухания капиллярных осцилляций капли. В рамках закона сохранения энергии проведена оценка интенсивности излучения незаряженной капли, осциллирующей в электростатическом поле.

Раздел 2.3 посвящен изучению затухания капиллярных осцилляций заряженной капли идеальной несжимаемой идеально проводящей жидкости неподвижной в суперпозиции гравитационного и внешнего однородного электростатического полей, находящейся в идеальной несжимаемой диэлектрической среде.

При решении задачи нулевого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций найдена равновесная форма капли с точностью до

слагаемых второго порядка малости по величине стационарной деформации. Показано, что искажение сфероидальной формы заряженной капли, неподвижной в суперпозиции гравитационного и электростатического полей, за счёт собственного заряда проявляется во втором порядке малости по квадрату эксцентриситета.

В ходе решения электрогидродинамической задачи первого порядка малости по отношению амплитуды осцилляций к радиусу капли найдены дисперсионное уравнение и декремент затухания капиллярных осцилляций капли. Проведена оценка интенсивности излучения методом на основе закона сохранения энергии.

Третья глава диссертации посвящена физико-химическому анализу невязкого затухания капиллярных осцилляций капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости на основе подходов механики сплошной среды и общей теории излучения.

В разделе 3.1 на основе физико-химической гидродинамики проведен анализ возникающего при капиллярных осцилляциях заряженной капли квадрупольного электромагнитного излучения.

Приведено решение электрогидродинамической задачи об осесимметричных капиллярных осцилляциях поверхности заряженной капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости. В аналитических асимптотических расчетах первого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций найден изменяющийся со временем при капиллярных осцилляциях капли её квадрупольный момент. Для этого найдены образующая возмущенной капиллярным волновым движением свободной поверхности капли, вектор нормали к свободной поверхности капли и аналитическое выражение зависящей от времени поверхностной плотности электрического заряда. В рамках общей теории излучения оценена интенсивность квадрупольного излучения, которая по порядку величины совпала с оценкой, выполненной в разделе 2.1 на основе энергетического подхода.

Раздел 3.2 и раздел 3.3 посвящены исследованию капиллярных осцилляций незаряженной капли идеальной несжимаемой идеально проводящей жидкости во внешнем однородном электростатическом поле и возможности появления дипольного и квадрупольного электромагнитных излучений.

Сформулирована и решена электрогидродинамическая задача о расчете осесимметричных капиллярных осцилляций незаряженной капли идеальной жидкости во внешнем однородном электростатическом поле. В аналитических асимптотических расчетах нулевого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций и первого по величине стационарной деформации найдена равновесная форма капли, оказавшаяся сфероидальной в рамках используемой точности. В электрогидродинамических расчетах первого порядка малости по отношению амплитуды осцилляций к характерному линейному размеру капли найдены капиллярное волновое возмущение равновесного сфероида, вектор нормали к возмущенной поверхности капли, аналитические выражения поверхностной плотности индуцированного внешним электрическим полем заряда и величины индуцированного внешним полем диполя, изменяющегося со временем при капиллярных осцилляциях, а также аналитическое выражение зависящего от времени квадрупольного момента. Используя формулы общей теории, оценены интенсивности дипольного и квадрупольного излучений. Показано, что оценка интенсивности дипольного излучения незаряженной капли, осциллирующей в электростатическом поле, по порядку величины совпадает с оценкой раздела 2.2, выполненной по методике Калечица-Полуэктова.

В разделе 3.4 проведено исследование капиллярных осцилляций заряженной капли идеальной несжимаемой идеально проводящей жидкости, неподвижно висящей в суперпозиции гравитационного и однородного электростатического полей, и электромагнитного излучения дипольного типа от неё.

Приведено решение электрогидродинамической задачи об осесимметричных капиллярных осцилляциях поверхности заряженной капли идеальной жидкости неподвижной в суперпозиции гравитационного и однородного электростатического полей. Решая задачу нулевого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций, найдена равновесная форма капли, оказавшаяся сфероидальной в линейном приближении по величине стационарной деформации. В математической асимптотической процедуре найдены капиллярное волновое возмущение сфероидальной формы, вектор нормали к возмущенной поверхности капли, аналитические выражения поверхностной плотности собственного и индуцированного зарядов и зависящие от времени дипольные моменты. При этом величина индуцированного электростатическим полем диполя незаряженной капли найдена в электрогидродинамических расчетах первого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций, а величина диполя, возникающего при осцилляциях положения собственного заряда капли – в расчетах второго порядка малости. По известным формулам общей теории оценена по порядку величины интенсивность дипольного излучения осциллирующей заряженной капли в суперпозиции гравитационного и внешнего однородного электростатического полей.

В разделе «Результаты и выводы» приведены важные научные результаты, полученные лично соискателем при выполнении всей работы.

В разделе «Рекомендации экспериментаторам» предложены основные рекомендации для практического обнаружения электромагнитного излучения от различных жидкокапельных систем.

Наиболее важными результатами диссертации, имеющими высокую степень новизны и научной значимости, являются:

1. Построение математической модели капиллярного волнового движения заряженной поверхности капли идеальной несжимаемой идеалью

проводящей жидкости в асимптотических расчётах линейного приближения по безразмерной амплитуде осцилляций при использовании двух методов расчета: на основе энергетического подхода Калечица-Полуэктова и на основе общей теории излучения;

2. Результаты расчета интенсивности возникающего при капиллярных осцилляциях заряженной капли идеальной электропроводной жидкости радиоизлучения квадрупольного типа;

3. Результаты расчета интенсивности возникающего при капиллярных осцилляциях незаряженной капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости во внешнем электростатическом поле электромагнитного излучения дипольного и квадрупольного типов;

4. Полученные значения интенсивности возникающего при капиллярных осцилляциях заряженной капли идеальной несжимаемой идеально проводящей жидкости во внешнем электростатическом поле электромагнитного излучения дипольного типа.

Соответствие автореферата диссертации.

Текст автореферата написан хорошим научным языком и дает полноценное представление о постановке задач и результатов диссертации. В автореферате кратко и достаточно ясно изложено содержание диссертационной работы.

Практическая ценность результатов

В силу новизны полученных результатов исследование имеет вполне определенную фундаментальную и практическую значимость.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования для фундаментальной науки состоит в существенном расширении границ наших знаний о природе радиоизлучения облаков на разных стадиях

развития грозовой деятельности. Результаты теоретического анализа капиллярных волн заряженной поверхности капель, а также полученные оценки интенсивности радиоизлучения, возникающего при капиллярных осцилляциях заряженной поверхности внутриоблачных капель, могут быть использованы в радиолокации, авиации и гидрометеорологических приложениях. Результаты диссертации найдут практическое применение при решении задач радиофизики

Апробация работы и публикации.

Основные результаты по теме диссертационного исследования опубликованы в 5 статьях в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК. Материалы диссертации прошли апробацию на российских и международных конференциях в период с 2014-2018 гг.

Замечания по диссертации.

Мне хотелось бы обратить внимание на ряд вопросов дискуссионного характера, а также высказать некоторые пожелания соискателю для его дальнейших исследований.

1. Работа включает важную метеорологическую составляющую – грозное электричество. В этой связи: в обзорной части работы автор не достаточно внимания уделил исследованиям механизмов электризации облачных частиц. В частности не представлена электризация при замерзании капель воды, захват атмосферных ионов и др.

2. В работе не оценена интенсивность магнитно-дипольного излучения, которая вообще-то сравнима с интенсивностью квадрупольного излучения.

3. Оформление работы (диссертации и автореферата) осуществлено с небольшим отклонением от рекомендованного ВАКом ГОСТа 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила

оформления». В частности список литературы, интервалы и пробелы в текстах, подписи к рисункам и др. представлены с отклонением от указанного ГОСТа. В заголовке раздела 3.4 имеется опечатка: вместо слова «квадрупольного» должно быть «...дипольного».

4. Все оценки, приводимые в диссертации, проделаны на основе модельных представлений об облачных каплях. Реалии грозового облака учтены слабо. Работа выиграла бы при решении поставленных электродинамических задач для различных стадий развития грозового облака (стадии предгроза, гроза и стадия распада), что, по-видимому, будет предметом дальнейших исследований автора.

5. Раздел «Рекомендации экспериментаторам» написан на основе умозрительных предположений о величине напряжённости внутриоблачного электрического поля. В реальности напряженность внутриоблачного поля на два порядка меньше. Что произойдёт с интенсивностью излучения из облака при снижении напряженности поля на два порядка? Здесь следует также учесть и влияние конвективных факторов.

Заключение

Отмеченные недостатки, по мнению оппонента, носят дискуссионный характер и не снижают ценности диссертационной работы.

Полученные теоретические результаты, выполненные на высоком научном уровне, оригинальны и обладают научной новизной. Практическая значимость работы не вызывает сомнений.

Представленная диссертация - это итог плодотворной работы, проводимой автором под руководством научного руководителя. В целом выполненная работа, представляющая собой самостоятельное законченное исследование, характеризует автора как сложившегося исследователя, владеющего всем арсеналом современных средств научного исследования.

Научные результаты диссертации соответствуют пунктам 5, 8 и 16 Паспорта специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Материалы исследования детально изложены в 10 опубликованных работах, из которых 5 статей входят в перечень научных изданий, рекомендуемых ВАК. Основные результаты исследований обсуждались на научных конференциях и семинарах разного уровня. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Таким образом, диссертационная Колбневой Натальи Юрьевны соответствует критериям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждения ученых степеней» (Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), «О внесении изменений в Положение о присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации «Капиллярные осцилляции заряженной поверхности капли и генерация электромагнитных волн» Колбнева Наталья Юрьевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Официальный оппонент,
Заведующий отделом стихийных явлений
ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»
д.ф.-м.н, профессор.360030, КБР, г.Нальчик, пр.Ленина, 2,
adessa1@yandex.ru тел.8(8662)40-19-16

Я, Аджиев Анатолий Хабасович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Аджиев Анатолий Хабасович

Подпись зав. отделом стихийных явлений

д.ф.-м.н., проф. Аджиева А.Х.

ЗАВЕРЯЮ. УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ФГБУ «ВГИ

д.ф.-м.н. Марь (Фареева М.В.)

« 14 » сентября 20 18 г.



« 17.09.2018 »

Подпись