

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Садыкова Наиля Рахматуловича на диссертацию Колбневой Натальи Юрьевны на тему «Капиллярные осцилляции заряженной поверхности капли и генерация электромагнитных волн», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

1. Актуальность темы диссертационного исследования.

В настоящей работе в рамках физико-химической гидродинамики исследуются капиллярные осцилляции заряженных и незаряженных капель идеальной несжимаемой электропроводной жидкости в однородном электростатическом поле и изучаются закономерности генерации радиоизлучения от таких объектов на основе идей и подходов механики сплошной среды.

Исследование возникающего при ускоренном движении заряженной поверхности капель (при капиллярных осцилляциях) электромагнитного излучения вызывает интерес в связи с проблемами радиолокационного зондирования метеорологических объектов. Изменяя тепловой и радиационный режим атмосферы, облака, туманы и осадки оказывают значительное влияние на авиацию. На основе регистрации фонового радиоизлучения от различных жидко-капельных систем естественного и искусственного происхождения можно контролировать тенденцию, стадию развития и местоположение метеорологического явления.

Поскольку диссертационная работа затрагивает широкий круг научных и прикладных проблем в области гидрометеорологии, геофизики, радиофизики, авиации и дает ответ на многое из них, то актуальность данной работы не вызывает сомнений.

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

Высокая степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, обусловлена:

1. использованием классических уравнений механики сплошной среды, гидродинамики, электрогидродинамики, корректной математической постановкой и аккуратным аналитическим асимптотическим решением краевых задач об осесимметричных осцилляциях заряженной поверхности капли, использованием теоретически обоснованных и апробированных методов анализа невязкого затухания капиллярных осцилляций заряженной капли идеальной

несжимаемой электропроводной жидкости во внешнем электростатическом поле (на основе энергетического подхода по Калечицу-Полуэктову и на основе общей теории излучения);

2. получением ряда аналитических результатов, согласующихся с известными теоретическими результатами и экспериментальными данными других исследователей, а также согласованием теоретических расчетов интенсивности возникающего при капиллярных осцилляциях заряженной поверхности капель электромагнитного излучения на основе закона сохранения энергии и на основе общей теории излучения;

3. опубликованием результатов исследований в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК.

3. Достоверность и новизна результатов диссертации.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, основана на использовании методов классической гидродинамики, электрогидродинамики, математической физики, идей и подходов механики сплошной среды.

Диссертация Колбневой Н.Ю. является целостным, самостоятельным научным исследованием, отличающимся своей новизной.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. построена математическая модель капиллярного волнового движения заряженной поверхности капли идеальной несжимаемой идеально проводящей жидкости в асимптотических расчётах линейного приближения по безразмерной амплитуде осцилляций;

2. найдена асимптотическим методом возникающая при капиллярных осцилляциях заряженной капли идеальной жидкости квадрупольная компонента электромагнитного излучения;

3. найдена асимптотическим методом возникающая при капиллярных осцилляциях незаряженной капли во внешнем электростатическом поле дипольная и квадрупольная компоненты электромагнитного излучения;

4. найдена асимптотическим методом возникающая при капиллярных осцилляциях заряженной капли идеальной электропроводной жидкости во внешнем электростатическом поле дипольная компонента электромагнитного излучения;

5. показано, что теоретические расчеты интенсивности излучения на основе закона сохранения энергии по Калечицу-Полуэктову совпадают с расчетами, проведенными в модели общей теории излучения.

Указанные результаты, безусловно, являются новыми и научно обоснованными. Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в научных разработках Ин-

ститута проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Высокогорного геофизического института, Национального исследовательского университета «МЭИ», Научных института Росгидромета.

4. Структура и общая характеристика диссертационной работы.

Диссертационная работа хорошо структурирована, написана понятным научным языком, оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Работа содержит введение, три главы, раздел «Рекомендации экспериментаторам», раздел «Результаты и выводы», библиографический список из 161 источника и приложение. Изложение материала четко подчинено раскрытию поставленных целей и задач исследования.

Во введении указаны объект и предмет исследования, обоснована актуальность темы исследования, её новизна, поставлены цели и задачи работы, отражены степень достоверности, практическая значимость, методология и методы исследования, приведены положения, выносимые на защиту и апробация результатов.

В первой главе диссертации дан подробный анализ состояния теоретических и экспериментальных исследований в области капиллярных осцилляций и электрогидродинамической устойчивости капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости и излучения ею электромагнитных волн. Проведена систематизация как теоретических, так и прикладных научных результатов. Показано, что дальнейшие исследования возможности появления невязкого затухания капиллярных осцилляций капли идеальной жидкости следует вести в двух направлениях: на основе энергетического подхода и на основе общей теории излучения.

Вторая глава посвящена электрогидродинамическим расчётам затухания капиллярных осцилляций капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости на основе подходов механики сплошной среды и закона сохранения энергии, впервые предложенного В.И. Калечицем, И.Е. Нахутиным, П.П. Полуэктовым.

Вторая глава диссертационной работы состоит из трех разделов.

В разделе 2.1 на основе идей и подходов механики сплошной среды в рамках физико-химической гидродинамики рассмотрена задача о расчете капиллярных осцилляций поверхности заряженной капли и возможности появления при этом электромагнитных волн.

В разделе 2.2 проведено аналогичное исследование для незаряженной капли, осциллирующей во внешнем однородном электростатическом поле.

Раздел 2.3 посвящен исследованию затухания капиллярных осцилляций заряженной капли идеальной жидкости неподвижной в суперпозиции гравитационного и внешнего однородного электростатического полей.

В третьей главе на основе подходов механики сплошной среды проведено исследование невязкого затухания капиллярных осцилляций капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости в рамках общей теории излучения.

В третьей главе имеются четыре раздела.

В разделе 3.1 выполнен анализ средствами математической физики капиллярных осцилляций поверхности заряженной капли и проведено исследование возможности появления при этом электромагнитного излучения квадрупольного типа.

В разделе 3.2 и разделе 3.3 на основе идей и подходов механики сплошной среды проведено исследование возникающих при капиллярных осцилляциях незаряженной капли во внешнем однородном электростатическом поле дипольной и квадрупольной компонент электромагнитного излучения.

В разделе 3.4 уделено внимание капиллярным осцилляциям заряженной капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости неподвижной в суперпозиции гравитационного и внешнего однородного электростатического полей и генерации ими квадрупольного излучения.

5. Наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем.

В диссертационной работе впервые получены следующие научно-значимые результаты:

1. В электрогидродинамических расчетах нулевого порядка малости по отношению амплитуды осцилляций к радиусу ε незаряженной капли идеальной несжимаемой электропроводной жидкости во внешнем электростатическом поле найдена равновесная форма капли, которая может считаться сфероидальной в линейном приближении по величине стационарной деформации. В аналитических асимптотических расчетах первого порядка малости по ε получено дисперсионное уравнение, имеющее комплексные решения. Мнимая часть определяет декремент затухания, невозможный в идеальной жидкости. Из этого обстоятельства делается вывод о возможном источнике потери энергии осцилляций: излучении капель электромагнитных волн. В рамках закона сохранения энергии оценена интенсивность излучения.

2. Для незаряженной капли, осциллирующей во внешнем электростатическом поле, в электрогидродинамических расчетах первого порядка малости по ε определена форма возмущенной поверхности капли, аналитическое выражение поверхностной плотности индуцированного заряда, зависящий от времени дипольный момент и по известным формулам об-

щей теории найдена интенсивность дипольного излучения. Оценка интенсивности дипольного излучения совпала с оценкой из закона сохранения энергии по Калечицу-Полуэктову.

3. В электрогидродинамических расчетах первого порядка малости по отношению амплитуды осцилляций к характерному линейному размеру заряженной капли найдена аналитическая форма возмущения, зависящая от времени поверхностная плотность электрического заряда и рассчитан зависящий от времени квадрупольный момент. По известным формулам общей теории оценена интенсивность квадрупольного излучения, которая по порядку величины совпала с оценкой, выполненной на основе энергетического подхода по Калечицу-Полуэктову.

4. В электрогидродинамических расчетах первого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций заряженной капли неподвижной в суперпозиции гравитационного и однородного электростатического полей, найдена равновесная форма капли, которая в линейном приближении по стационарной деформации может считаться сфероидальной, найдено дисперсионное уравнение и декремент затухания капиллярных осцилляций, связанный с излучением электромагнитных волн. В рамках энергетического подхода оценена интенсивность излучения.

5. Для осциллирующей заряженной капли неподвижной в суперпозиции гравитационного и однородного электростатического полей в математической асимптотической процедуре найдено капиллярное волновое возмущение сфероидальной формы капли, найдены аналитические выражения поверхностной плотности собственного и индуцированного зарядов.

Величина индуцированного внешним электростатическим полем диполя осциллирующей незаряженной капли найдена в расчетах первого порядка малости по ε , а величина диполя, возникающего при осцилляциях положения собственного заряда капли – в электрогидродинамических расчетах второго порядка малости по ε .

6. В электрогидродинамических расчетах второго порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций ε установлено, что в спектре мод, описывающих начальное возмущение поверхности заряженной капли, присутствуют две соседние колебательные моды, то возбуждается первая мода осцилляций, превращая осциллирующую заряженную каплю в излучатель дипольного типа.

7. В аналитических асимптотических расчетах первого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций ε обнаружено, что основной вклад в интенсивность электромагнитного излучения от заряженной капли, осциллирующей во внешнем электростатическом поле, даёт излучение дипольного типа, генерируемое ускоренным движением инду-

цированных зарядов. Оно на 15 порядков величины более интенсивно, чем квадрупольное излучение. Дипольное излучение, связанное с движением собственного заряда капли, обнаруживается только во втором порядке малости по ε .

6. Замечания по диссертации.

Диссертация не лишена недостатков:

1. Рисунки 3.2.1, 3.2.2 (третья глава, раздел 3.2) и рисунки 3.4.1a, 3.4.1b (третья глава, раздел 3.4), следовало бы отобразить в большем диапазоне времени, так как на приведенных рисунках слабо прослеживается характер изменения амплитуды колебаний.

2. В целом по работе: по смыслу следовало бы во всех разделах рассмотреть неподвижно висящую каплю в суперпозиции гравитационного и электростатического полей, но рассмотрены различные ситуации, в том числе и свободная капля. К чему?

3. В работе интенсивность излучения оценена при большой амплитуде осцилляций: параметр $\varepsilon \sim 0.1$. Однако, в разделе 3.4 для получения корректных оценок интенсивности излучения от индуцированных зарядов следует уменьшить величину параметра ε так, чтобы в асимптотических разложениях члены порядка $\sim \varepsilon^2$, однозначно, не давали существенного вклада.

4. В разделе 2.3 и разделе 3.4 принято, что заряженная капля неподвижно висит в грозном облаке в суперпозиции гравитационного и однородного электростатического полей. В остальных разделах диссертационной работы рассмотрена неподвижная капля, подвешенная в грозном облаке, однако в постановке задач отсутствует гравитационное поле. Как наличие гравитационного поля скажется на результатах работы?

5 Как учитывалось взаимодействие капель при оценке интенсивности излучения от облака?

6. Диссертанту следует учитывать тот факт, что в реальности капли в грозном облаке движутся.

7. Название последнего раздела 3.4 некорректно: слово «квадрупольного» следует заменить на «...дипольного».

Следует заметить, что высказанные замечания никак не снижают ценности и весомости диссертационной работы, выполненной Колбневой Н.Ю., и могут рассматриваться как пожелания для дальнейших исследований. В целом диссертационная работа производит положительное впечатление.

7. Соответствие автореферата диссертации.

Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

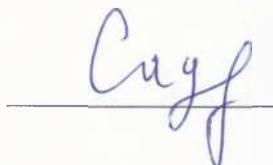
8. Апробация работы и публикации.

Диссертация выполнена автором на высоком научном уровне с использованием современного математического аппарата, прошла достаточную апробацию на всероссийских и международных конференциях и научных семинарах. Полученные в диссертационной работе результаты имеют существенное значение для электрогидродинамики, гидродинамики, механики сплошной среды. Опубликованные работы соответствуют тематике диссертации. Выносимые на защиту научные положения достаточно полно отражены в 10 работах, из них 5 статей – в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК.

9. Заключение.

Считаю, что представленная диссертация «Капиллярные осцилляции заряженной поверхности капли и генерация электромагнитных волн» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Колбнева Н.Ю. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры общей физики
НИЯУ «МИФИ» Снежинского
физико-технического института



Садыков Н.Р.
« 13 » сентября 2018 г.

Садыков Наиль Рахматуллович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» Снежинского физико-технического института. 456776, г. Снежинск Челябинской области, ул. Комсомольская, 8, +7 (35146) 9-24-22, e-mail: sfti@mephi.ru

e-mail: n.r.sadykov@rambler.ru

тел.: +7-922-756-45-56

Подпись Н.Р. Садыкова заверяю:

Начальник отдела делопроизводства
и документооборота СФТИ НИЯУ МИФИ



Киринович Я. В.