

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.м.н. Эдельмана В. С. на диссертационную работу

Султановой Мадины Рафаиловны

на тему

### **НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЛНОВЫЕ И ВИХРЕВЫЕ ДВИЖЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ И В ОБЪЕМЕ КЛАССИЧЕСКОЙ И КВАНТОВОЙ ЖИДКОСТИ**

представленную на соискание учёной степени кандидата физическо-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния»

#### **Актуальность темы**

Диссертация Султановой Мадины Рафаиловны посвящена изучению нелинейных и вихревых процессов в приповерхностных слоях в классических и квантовой низкотемпературных жидкостях, а также взаимодействию больших молекул с потоками в жидкостях. Исследование этих явлений представляют большой интерес для фундаментальной науки и дополняют многочисленные работы по волновой и вихревой турбулентности, важно для понимания процессов, протекающих в природе и для широкого круга технологических процессов.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы.

Во **введении** обоснованы актуальность выбранной тематики, описаны объекты, цели и задачи представленных исследований, перечислены положения, выдвигаемые на защиту, и научная новизна и достоверность полученных результатов. В конце введения изложены научная и практическая значимость работы, сведения об апробация работы в докладах на 14 научных конференциях и перечислены публикации по теме диссертации, а также выделен личный вклад автора.

**Первая глава** посвящена введению в предмет исследований, дано краткое описание колебательных процессов поверхности на границе жидкость - пар в ограниченной геометрии, известных из литературы нелинейных явлений возникновения волновой турбулентности при возрастании амплитуды колебаний. В последнем параграфе описаны волновые и вихревые движения, обусловленные взаимодействием взаимно ортогональных стоячих волн на поверхности жидкого гелия в нормальном и сверхтекучем состояниях.

Некоторым недостатком изложения в этой главе является не очень корректное цитирование, когда вместо ссылок (если они нужны при упоминании классических явлений) на оригинальные публикации даются ссылки на позднейшие обзоры. Так, странно выглядит на с.12 «в рамках двух жидкостной модели Ландау», давно уже вошедшей в учебники, ссылка на обзор 2007 г. То же можно отметить про квантовые вихри, про структуру зарядов в гелии.

**Вторая глава** посвящена волновой турбулентности, возникающей при возбуждении резонансных капиллярных волн большой амплитуды на поверхности жидкого водорода. Описаны оригинальная экспериментальная установка с охлаждаемой ячейкой до рабочих температур 10 К– 20К, способу возбуждения колебаний и применявшийся метод оптической регистрации смещения поверхности и компьютерной обработки данных. Представлены экспериментальные результаты, в которых выявлено ранее не наблюдавшееся явление - возникновение стационарного локального максимума в спектре колебаний на высоких, порядка 5-10кГц частотах. Проведено сравнение на качественном уровне теоретического прогноза с экспериментом.

Замечания по этой главе:

Не приведены размеры экспериментальной ячейки, нет оценки амплитуды колебаний, а указано только электрическое напряжение возбуждающего колебания. Это делает невозможным сравнение результатов с похожими экспериментами других авторов, которое, к сожалению, не проведено и остается не ясным, почему локальный максимум ранее не наблюдался.

Автор пишет, что были проведены измерения на нескольких частотах, жаль, что эти результаты не приведены — диссертация не статья в журнале.

Нельзя признать удачным способ нормировки при представлении результатов на рис. 2.5-2.7. Логичней было бы нормировать на амплитуду основного колебания, деленную на возбуждающее напряжение, когда единице соответствует амплитуда колебаний в линейной области. При этом была бы наглядно видна степень перекачки энергии в гармоники. И хотелось бы видеть спектр колебаний в отсутствие возбуждающего напряжения, характеризующего уровень шумов.

**Третья глава** посвящена исследованию взаимодействия зарядов, инжесктированных в жидкость, с классическими и квантовыми вихрями в нормальном и сверхтекучем гелии в разработанной экспериментальной ячейке при температурах 1.5 — 2.3К.

На стенке ячейки был укреплен бета источник, генерирующий в жидкости

отрицательные и положительные заряды, движение которых в пространстве управлялось системой электродов, и измерялся ток на пяти элементном коллекторе. Было обнаружено, что распределение токов по коллекторам сильно изменяется при резонансном возбуждении двух взаимно перпендикулярных волн на поверхности гелия, при этом знак изменения токов на коллекторах менялся на противоположный, когда при уменьшении температуры от 2.3К (нормальный жидкий гелий) до 1.5 К (сверхтекучий гелий с малой концентрацией нормальной фазы) становится возможным образование квантовых вихрей, способных захватывать электронные заряды. Это абсолютно новое физическое явление. Приведено на качественном уровне объяснение результатов.

Замечания по этой главе:

Нет четкого описания, где располагался источник зарядов. По рис. 3.6 можно догадаться, что он расположен напротив коллекторов, а то, что при описании результатов в параграфе 3.2.2 он расположен на примыкающей грани сбоку от коллектора, можно узнать, только обратившись к публикации [5] из списка публикаций на тему диссертации.

**Четвертая глава** посвящена изучению перехода больших молекул от структуры в виде клубка в растянутое одномерное состояние в потоках жидкости. Эта тема выпадает из основной темы диссертации, она не соответствует не только названию диссертации, но и специальности 1.3.8. Однако ее включение в квалификационную работу М. Р. Султановой представляется оправданным, так как свидетельствует о ее высокой квалификации, позволяющей проведение успешных исследований физическими методами в разных областях науки.

В **заключении** сформулированы основные результаты проделанной работы. Список литературы содержит 94 источника.

Научные результаты, полученные М. Р. Султановой в достаточной степени обоснованы. Основные результаты, выделенные в введении и заключении, получены впервые и вклад диссертанта является решающим. Результаты работы опубликованы в ведущих российских и зарубежных журналах, были представлены на российских и международных конференциях. Автореферат передаёт содержание диссертации. Работа выполнена на высоком уровне. Объем исследований соответствует требованиям к кандидатским диссертациям.

Приведенные выше замечания носят редакционный характер и не отменяют высокую оценку работы. Диссертация Султановой М.Р. соответствует требованиям,

предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук - «быть научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 26.10.2023)). Её автор Султанова Мадина Рафаиловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния».

**Официальный оппонент:**

доктор физико-математических наук по специальности 1.3.10 (физика низких температур), ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физических проблем им. П. Л. Капицы Российской академии наук. (ИФП РАН)

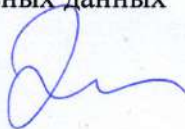
«01» декабря 2023г.



Эдельман Валериан Самсонович

Согласен на обработку персональных данных

«01» декабря 2023г.



Эдельман Валериан Самсонович

Подпись Эдельмана В. С. удостоверяю

Ученый секретарь ИФП РАН, к.ф.м.н.



Андреева Ольга Александровна

Контактная информация:

Адрес: 119334 г. Москва, ул. Косыгина, д. 2

тел.: +74991373248

e-mail: office@kapitza.ras.ru