

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.136.01 (Д 002.100.02),
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ
Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19 декабря 2023г. № 15

О присуждении Султановой Мадине Рафаиловне, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Нелинейные волновые и вихревые движения на поверхности и в объеме классической и квантовой жидкости» по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 2 октября 2023г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом 24.1.136.01 (Д 002.100.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН), 142432, г. Черноголовка, Московская область, ул. Академика Осипьяна, д. 2, на основании приказа Минобрнауки от 17.10.2019 г. №965/нк.

Соискатель Султанова Мадина Рафаиловна, 12 августа 1993 года рождения, в 2018 году окончила Магистратуру ИФТТ РАН по направлению подготовки 28.04.04 – Наносистемы и наноматериалы. В 2022 году окончила аспирантуру ИФТТ РАН 03.06.01 – Физика и астрономия. Справка об обучении в аспирантуре №424 выдана ИФТТ РАН в 2023 году. С 2016 года Султанова Мадина Рафаиловна работает младшим научным сотрудником ИФТТ РАН. Диссертация выполнена в Лаборатории квантовых кристаллов ИФТТ РАН.

Научный руководитель:

Левченко Александр Алексеевич, доктор физико-математических наук, член – корреспондент РАН, заведующий лабораторией квантовых кристаллов ИФТТ РАН.

Научный консультант:

Ремизов Игорь Андреевич, кандидат физических наук, научный сотрудник Лаборатории квантовых кристаллов ИФТТ РАН.

Диссертационная работа выполнена на стыке двух направлений: физика низких температур и нелинейная динамика, турбулентность. Научный руководитель является специалистом

в области физики нелинейных процессов и физики низких температур. Специалистом в исследованиях свойств сверхтекучего гелия, является Ремизов Игорь Андреевич, выступающий в роли консультанта.

Официальные оппоненты:

Дьяченко Александр Иванович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук.

Эдельман Валериан Самсонович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физических проблем им. П.Л. Капицы Российской академии наук.

Оба оппонента дали положительные отзывы на диссертацию Султановой М.Р., заключив, что диссертационная работа Султановой М.Р. является законченным научным исследованием и соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук согласно «Положению о присуждении ученых степеней», утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор достоин присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

В качестве замечаний было отмечено:

Во второй главе рассмотрено образование локального максимума в конце инерционного интервала. Объяснение этого эффекта требует более детального исследования. Возможно следует использовать жидкости с разными коэффициентами вязкости.

В первой главе имеется не очень корректное цитирование. Во второй главе не приведены размеры экспериментальной ячейки, отсутствует оценка амплитуды колебаний. Не представлены экспериментальные результаты для других частот накачки. В третьей главе не хватает четкого описания того, где располагался источник зарядов.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН), в своем положительном заключении, подписанном Болтневым Романом Евгеньевичем, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Лаборатории № 17.3 – активных кулоновских систем, указала, что актуальность работы обусловлена необходимостью развития фундаментальных основ и проведения экспериментальных

исследований волновой, вихревой и эластической турбулентности для понимания формирования и эволюции крупномасштабных атмосферных вихревых возмущений, исходя из процессов переноса и диссипации энергии в турбулентных потоках, для решения самых разных современных практических задач. Например, транспортировка на орбиту больших объемов криогенных жидкостей (в связи с использованием жидкого водорода как топлива в аэрокосмической технике и жидкого гелия как хладагента в телескопах космического базирования) и перекачка жидкостей, содержащих длинные полимерные молекулы, в том числе жидких углеводородов, по трубопроводам, различные применения жидкостей с «переключаемой» вязкостью для разработки принципиально новых гидравлических механизмов и микрофлюидных устройств.

В качестве замечаний в отзыве ведущей организации отмечено следующее:

1. Используемые в тексте термины и аббревиатуры не всегда расшифрованы: на странице 40 упоминаются «АЦП» и «PSI», но в работе встречается только расшифровка «АЦП» на странице 41. Автор многократно прибегает к термину «coil-stretch transition» без какой-либо попытки перевода термина на русский язык, либо использования какого-либо из принятых переводов в русскоязычной литературе. При этом Рисунок 4.1 наглядно демонстрирует происходящий переход от скрученной в клубок структуры к линейной.

2. В описании экспериментальных установок и представлении полученных результатов повсеместно использованы исключительно термины «положительные заряды» и «отрицательные заряды», словно исследования приводились с различными положительными и отрицательными зарядами. Только из ссылок на цитируемую литературу становится понятно, что, например, отрицательным зарядам в представленной работе соответствуют скорее всего только электроны.

3. В тексте 3-й главы диссертации ничего не сказано об использовании конфигурации измерительной ячейки, представленной Рис. 3.2.6 – не понятно, для чего эта ячейка приведена в диссертационной работе. Описание Рисунка 3.6 в тексте мало соответствует тому, что и как изображено на самом рисунке и отмечено в подписи к рисунку. Создается впечатление, что автором описана как минимум другая версия этого рисунка.

4. Вывод о том, что «Видно, что характерное время τ_0 уменьшается с ростом частоты и близко по величине к «вязкому времени» τ_{vis} » довольно сомнителен – с учётом приведённых на Рисунке 3.10 величин погрешностей вычисления зависимость τ_0 от k может на самом деле и не быть монотонной.

В заключительной части отзыва указывается, что сделанные замечания не снижают высокую оценку работы. Диссертационная работа Султановой М. Р. «представляет собой

законченную научно-квалификационную работу, которая полностью соответствует всем квалификационным требованиям, установленным п.9 Положение о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор Султанова Мадина Рафаиловна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях:

1. Observation of a local maximum in the stationary turbulent spectrum of capillary waves on the surface of liquid hydrogen / I.A. Remizov, M.R. Musaeva, A.V. Orlov [et al.] // *Low Temperature Physics*. – 2019. – Vol. 45, Iss. 4. – P. 363–366.

2. Sultanova, M.R. Registration of vortex motion in the bulk of superfluid helium by injected charges / M.R. Sultanova, I.A. Remizov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Vol. 1560, Iss. 1. – P. 12046.

3. The interaction between injected charges and a vortex flow in normal and superfluid helium near T_λ / I.A. Remizov, M.R. Sultanova, A.A. Levchenko, L.P. Mezhov-Deglin // *Low Temperature Physics*. – 2021. – Vol. 47, Iss. 5. – P. 378–382.

4. Entropic characterization of the coil-stretch transition of polymers in random flows / F. Sultanov, M. Sultanova, G. Falkovich [et al.] // *Physical Review E*. – 2021. – Vol. 103, Iss. 3. – P. 33107.

5. Генерация квантовых вихрей волнами на поверхности сверхтекучего гелия / М.Р. Султанова, И.А. Ремизов, Л.П. Межов-Деглин, А.А. Левченко // *Письма в Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики*. – 2023. – Vol. 118, Iss. 8.

По результатам, представленным в диссертации, оформлены 2 патента на изобретение:

1. «Пат. 2754201 Российская Федерация, МПК G 01 R 19/00. Устройство для измерения малых токов инжектированных зарядов в конденсированных средах / Ремизов И.А., Межов-Деглин Л.П., Султанова М.Р.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН). – № 2020142392 ; заявл. 22.12.2020 ; опубл. 30.08.2021, Бюл. № 25. – 7 с. : 1 ил.

2. «Пат. 2783476 Российская Федерация, МПК G 05 F 1/02. Высоковольтный программируемый стабилизатор напряжения постоянного тока с изменяемой полярностью / Ремизов И.А., Межов-Деглин Л.П., Султанова М.Р. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого

тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН). – № 2021139037 ; заявл. 27.12.2021 ; опубл. 14.11.2022, Бюл. № 32.– 7 с. : ил. 1.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем научных работах.

На автореферат поступило два положительных отзыва.

Первый отзыв Улейского Михаила Юрьевича (кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Лаборатории нелинейных динамических систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук), в котором отмечается, что полученные результаты диссертации Султановой М.Р. являются интересными и новыми, а саму диссертационную работу следует считать завершённой научно-квалификационной работой.

В качестве замечаний отмечено:

В выражении «переход coil-stretch transition», употребляемом во многих местах работы, следует убрать либо «переход», либо «transition», чтобы не получалось тавтологии.

Не показано, в чём преимущество новой энтропийной характеристики coil-stretch transition перехода полимеров. По показателям наклона хвостов распределения длин молекул момент перехода определяется точнее, как следует из рис. 10.

На рис. 7 и 8 непонятно, в каких единицах измеряется длина молекул.

Достаточно странно выглядят графики на рис. 11. Если следовать методике, описанной автором, то каждый график должен состоять из восьми точек, равномерно распределённых в интервале $[1/16; 15/16]$, причём абсциссы этих точек должны быть одинаковы для всех графиков. Однако, ни один из графиков не покрывает полностью этот интервал. Абсциссы точек разных графиков тоже не совпадают, это видно, например, на правом краю, серый, фиолетовый и зелёный пики находятся в разных местах.

Второй отзыв поступил от Вергелеса Сергея Сергеевича (кандидата физико-математических наук, научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук), в котором отмечается высокий уровень проведения всех трёх экспериментальных работ. В качестве замечаний отмечено, что в главе, посвящённой — экспериментальному — исследованию высокочастотного края спектра системы капиллярных волн отсутствует ссылка на хорошо известный эффект бутылочного горлышка (bottleneck effect) в турбулентных спектрах, проявляющийся вблизи высокочастотной границы инерционного интервала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации являются признанными специалистами в области нелинейной физики и физики низких температур.

Дьяченко Александр Иванович является ведущим специалистом в области нелинейной динамики волн и в круг его научных интересов входит изучение волновой турбулентности.

Эдельман Валериан Самсонович является ведущим специалистом в области низких температур, в круг его научных интересов входят экспериментальные исследования сверхпроводящих пленок и туннельных переходов при гелиевых температурах.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук широко известен своими научными достижениями, а его сотрудники способны оценить актуальность, новизну, научную и практическую значимость диссертационной работы. ОИВТ РАН проводит научные исследования по различным направлениям физики конденсированного состояния и является одним из общепризнанных лидеров в указанной области.

Диссертационный совет отмечает, что в процессе выполнения диссертационной работы разработаны: устройство для измерения малых токов инжектированных зарядов в конденсированных средах (Пат. 2020142392) и высоковольтный программируемый стабилизатор напряжения постоянного тока с изменяемой полярностью (Пат. 2021139037).

К наиболее существенным научным результатам диссертации следует отнести следующие положения:

Впервые показано, что при температуре, близкой к температуре перехода He в сверхтекучее состояние, генерация перпендикулярных волн на поверхности жидкости ведет к формированию на поверхности вихревых течений – валов, на которых происходит рассеяние зарядов. Впервые экспериментально показано, что при температурах около $T=1.5\text{K}$ взаимодействие двух перпендикулярных стоячих капиллярных волн на поверхности сверхтекучего гелия He-II приводит к формированию вблизи поверхности квантовых вихрей, которые эффективно захватывают инжектированные отрицательные заряды. Впервые показано формирование стационарного локального максимума в турбулентном спектре на поверхности жидкого водорода в системе радиальных мод вблизи высокочастотного края прямого турбулентного каскада. Предложено использование новой энтропийной характеристики перехода coil-stretch transition из-за сильных флуктуаций длин молекул вблизи перехода.

Теоретическая и практическую значимость исследования обусловлена тем, что: исследования турбулентности в различных ее проявлениях, проведенные в рамках данной диссертационной работы, позволяют расширить представления о механизмах переноса энергии в макро-и микросистемах. Понимание механизмов передачи энергии и диссипации энергии в турбулентности, а также взаимодействие разных подсистем (волновой и вихревой) важно для понимания многих как прикладных, так и фундаментальных задач, например, понимание нелинейного переноса энергии на поверхности нейтронных звезд; динамики крупномасштабных планетарных атмосферных вихрей. Экспериментальное изучение волновых и вихревых течений на поверхности жидкого водорода и сверхтекучего гелия позволяет глубже понять процессы переноса энергии в криогенных жидкостях, что может обеспечить безопасную грузоперевозку таких жидкостей. Результаты исследования эластической турбулентности можно использовать при изучении циркуляции жидкости в живых организмах.

Диссертационный совет заключает, что диссертация М.Р. Султановой является самостоятельно выполненной, завершенной научно-квалификационной работой. Работа М.Р. Султановой полностью отвечает всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук соответствии с п.9 Положения о присуждении учёных степеней Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседание 19 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить М.Р. Султановой учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 22 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвующих в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета проголосовали «за» - 22, «против» - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета
доктор технических наук



Колесников Николай Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук

Гаврилов Сергей Сергеевич

20 декабря 2023г.