

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.053.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА
ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ВЕДОМСТВЕННАЯ
ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ФАНО РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.10.2017 г. № 5

О присуждении Андриющенко Владимиру Андреевичу гражданину Российской Федерации учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Процессы реконнекций и стохастическая динамика квантованных вихревых нитей в сверхтекучем гелии» по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 16.08.2017 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 003.053.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), ведомственная принадлежность ФАНО России, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказ о создании диссертационного совета №105/НК от 11.04.2012 года.

Соискатель Андриющенко Владимир Андреевич, 1985 года рождения, в 2008 г. окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирского государственного университета» (НГУ) по направлению «физика», в 2011 г. закончил очную аспирантуру Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Диссертация выполнена в Лаборатории теоретической теплофизики, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, ведомственная принадлежность ФАНО России. Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Немировский Сергей Карпович, главный научный сотрудник Лаборатории теоретической теплофизики ИТ СО РАН.

Официальные оппоненты: Григорьев Юрий Николаевич, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник Лаборатории анализа и оптимизации нелинейных систем ФГБУН Института вычислительных технологий СО РАН и Левченко Александр Алексеевич, д.ф.-м.н., директор ФГБУН Института физики твердого тела РАН, - дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет", г. Казань, в своём положительном заключении, утвержденным Гафуровым Ильшатом Рафкатовичем, д.эк.н, к.ф.-м.н., профессором, ректором Казанского федерального университета и

подписанном Таюрским Дмитрием Альбертовичем, д.ф.-м.н., профессором, проректором Казанского федерального университета, заведующем кафедры общей физики, указала, что «Разработанные в диссертации подходы и используемые методы могут быть использованы в дальнейших исследованиях сверхтекучей турбулентности в гелии. Значительная часть представляемой работы содержит результаты расширяющее представления о динамике и структуре вихревых нитей, что открывает возможность усовершенствования системы уравнений сверхтекучей турбулентности, используемой для расчета теплообмена в таких практически важных системах как: томографах, телескопах, детекторах инфракрасного и высокочастотного излучения, сквид-магнетометрах, сканирующих туннельных микроскопах и др. Полученные в работе результаты могут быть рекомендованы для использования в организациях: ИФТТ РАН, ИТФ РАН им. Ландау, Казанский федеральный университет, ОИЯИ, МЭИ, ИПТМ РАН, МИФИ, МФТИ.»

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 7 работ из них, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК – 7, общим объемом 52 стр.

Вклад автора в опубликованных работах состоит в участии в постановке задач, создании программных комплексов и анализе полученных результатов. Проведение численных расчетов и подготовка статей к публикации выполнены лично автором. В публикациях в полной мере отражены основные научные результаты работы.

Наиболее значимые научные публикации по теме диссертации:

- 1) Немировский С.К., Андрющенко В.А. Энергетический спектр поля скорости, индуцируемого фрактальной вихревой нитью в сверхтекучем гелии // Физика низких температур. – 2008. – Т. 34, № 4/5. – С. 373-379.
- 2) Kondaurova L.P., Andryushchenko V.A., Nemirovskii S.K. Numerical simulation of superfluid turbulence under periodic conditions // Journal of Low Temperature Physics. – 2008. – V. 150, Issue 3/4. – P. 415-419.
- 3) Андрющенко В.А., Немировский С.К. Коллапсирующие вихревые нити и спектр квантовой турбулентности // Физика низких температур. – 2017. – Т. 43, № 1. – С. 150-159.
- 4) Андрющенко В.А., Кондаурова Л.П. Энергетические спектры квантовой турбулентности при наличии противотока для различных температур // Физика низких температур. – 2017. – Т. 43, № 2. – С. 245-252.
- 5) Andryushchenko V.A., Kondaurova L.P., Nemirovskii S.K. Dynamics of non-planar quantized vortex rings before reconnection at finite temperatures // Journal of Low Temperature Physics. – 2017. – V. 187, Issue 5/6. – P. 523-530.

На диссертацию и автореферат поступило 3 отзыва. Все отзывы положительные, из них 1 содержит замечания. В отзывах отмечено, что диссертация выполнена на высоком научном уровне, тема исследования является актуальной, результаты работы имеют теоретическую и практическую значимость и являются полезным для расширения представления о роли квантовых вихрей в переносе энергии по масштабам и развития теории тепломассопереноса в квантовых жидкостях. В отзыве Крюкова А.П. - д.т.н., профессора и Королева П.В. - к.т.н., доцента кафедры низких температур ФГБОУ ВО

"Национальный исследовательский университет "МЭИ" содержится два замечания: «1. Описывая вычислительную схему, автор отмечает, что в качестве начальной конфигурации системы выбирались два кольца одинакового диаметра, и при этом начальные радиусы вихревых колец R_0 варьировались от 10^{-7} до 10^{-5} м". Неясно, почему радиусы вихревых колец были взяты именно такими, и как изменились бы результаты численного решения, если бы эти пределы были иными.»; «2. Важность полученных автором результатов не вызывает сомнений, однако, если бы автор уделил некоторое внимание вопросу о методах применения полученных результатов при построении моделей теплопереноса в гелии-II, которые могли бы непосредственно использоваться в ряде практических приложений, то прикладная ценность работы возросла.» В отзывах Дробышева А. С. д.ф.-м.н., профессора кафедры теплофизики и технической физики Казахского национального университета и Филиппова Ю. П. д.т.н., начальника сектора криофизических исследований Международной межправительственной организации Объединенного института ядерных исследований, замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются признанными специалистами в областях науки, непосредственно связанных с темой диссертационной работы, а именно: д.ф.-м.н. Ю. Н. Григорьев - в теории гидродинамической турбулентности, моделировании организованных структур в турбулентных течениях, исследовании вихрей в несжимаемой жидкости, д.ф.-м.н. А. А. Левченко - в волновых и турбулентных процессах в сверхтекучем гелии. Ведущая организация - Казанский федеральный университет является одним из лидеров в области теплофизики и физики низких температур, в частности, в ведущей организации работают специалисты, которые могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы: д.ф.-м.н. Таюрский Д.А., д.ф.-м.н. Тагиров М.С. и др.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработана математическая модель детально описывающая динамику квантованных вихрей перед реконнекцией при различных температурах. Установлено, что в динамике вихревых нитей перед реконнекцией можно выделить три временных интервала. В этих интервалах найдена скорость сближения ближайших элементов вихревых нитей, а также их геометрическая конфигурация. Найдены связи между количеством реконнекций вихревых нитей и плотностью вихревого клубка, а также плотностью вихревого клубка и скоростью противотока нормальной и сверхтекучей компонент гелия. Установлена зависимость между статистическими характеристиками хаотической вихревой петли и спектрами полей скорости, индуцируемыми петлей. Предложена оригинальная научная гипотеза о значимой роли процессов реконнекции в формировании энергетических спектров полей скорости на межвихревых масштабах, а также найден вид соответствующих энергетических спектров при реконнекции. Определено влияние температуры и скоростей противотока нормальной и сверхтекучей компонент гелия на энергетические спектры полей скорости, создаваемых вихревыми клубками.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что на основании проведенных исследований сформулированы важные выводы и обобщения, показывающие универсальность динамики вихревых нитей при их перезамыкании, которые способствуют построению новых моделей теории квантовой турбулентности. Проведенные исследования вносят существенный вклад в расширение представлений, как о динамике процессов реконнекций квантовых вихревых нитей при ненулевых температурах, так и о влиянии квантовых вихрей на перенос энергии в сверхтекучем гелии. Полученная детальная информация о динамике вихревых нитей перед реконнекцией может быть использована для проведения модернизации существующих критериев реконнекции и повышения точности программ, определяющих рабочие режимы криогенных установок.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные в ней модели расширяют представления о процессах вихреобразования, взаимодействия вихрей и процессов теплопередачи в охлаждающих контурах криогенных устройств. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в научных исследованиях квантовой гидродинамики и при конструировании приборов с использованием сверхтекучего гелия в качестве охлаждающей среды в институтах РАН — ИТФ РАН им. Ландау, ИХФ РАН, ИФТТ РАН, ИПТМ РАН, ИФМ РАН, ИПФ РАН, и в высших учебных заведениях, таких как МГУ, МФТИ, МИФИ, МЭИ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты работы получены с использованием проверенных методик аналитического и численного решения физических задач, таких как: метод вихревой нити, метод структурных функций, метод Рунге-Кутты 4-ого порядка и др. Алгоритм моделирования, используемый при получении результатов, тестировался на согласование с существующими аналитическими решениями, а также прошел тесты на устойчивость и сходимости. Установлено, что полученные численные результаты качественно, а в ряде случаев и количественно, согласуются с достоверными экспериментальными данными и известными аналитическими результатами других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и реализации программы для нахождения энергетического спектра и модулей программ для определения скоростей сближения и геометрических конфигураций вихревых нитей. Все численные и аналитические исследования, представленные в диссертации, а также обработка результатов и их подготовка к публикации выполнены лично автором. Автор участвовал в разработке, отладке и тестировании программы, используемой для моделирования динамики вихревых нитей. Общая постановка задач и обсуждение полученных результатов проводилась совместно с соавторами опубликованных работ.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация Андрющенко Владимира Андреевича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задач о динамике вихревых нитей перед реконнекцией и вычисления энергетических спектров квантованных вихревых нитей, имеющих существенное значение для теории квантовой турбулентности и теории тепломассопереноса в сверхтекучем гелии.

На заседании 25.10.2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Андриющенко В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали за 19, против 0, не действительных бюллетеней 0.

Терехов Виктор Иванович

д.ф.-м.н., профессор

Кузнецов Владимир Васильевич

5