

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПРОБНЫХ ИМПУЛЬСОВ ВТОРОГО ЗВУКА В СРЕДЕ С КВАНТОВОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТЬЮ В СВЕРХТЕКУЧЕМ ГЕЛИИ

Орлова А.А., Ефимов В.Б.

*Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка, Московская область, Россия, e-mail: orlova\_lkk@issp.ac.ru, e-mail: efimov@issp.ac.ru*  
Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2019

Экспериментально исследовалось распространение единичных пробных импульсов второго звука в сверхтекучем гелии в длинном капилляре с развитой вихревой системой, формируемой постоянным тепловым потоком. Были исследованы процессы формирования и распада вихревой системы и влияние длины капилляра (суммарного количества вихрей в объеме) на затухание пробных импульсов.

**Ключевые слова:** сверхтекучий гелий, второй звук, квантовая турбулентность

Особенностью сверхтекучего гелия является наличие в нем двух компонент – нормальной и сверхтекучей. Противоток нормальной и сверхтекучей компонент с одной стороны связан с волнами второго звука, с другой стороны – такой противоток, взаимодействуя с остаточной вихревой системой в сверхтекучем гелии, может существенно увеличивать плотность вихрей. В квазиодномерной геометрии (в длинном тонком капилляре) были проведены измерения прохождения пробных импульсов второго звука при пропускании в этом же капилляре постоянного теплового потока. Были определены параметры пробных импульсов, не влияющих на плотность вихрей в системе. Как показали наши эксперименты, при мощности единичных пробных импульсов до  $\sim 50 \text{ W/cm}^2$ , при длительности в 10 ms, такие импульсы не оказывают существенное влияние на состояние вихревой системы. Такие импульсы и были нами использованы в качестве пробных импульсов для изучения процессов генерации и распада вихревой системы при включении и выключении постоянного теплового потока. Результаты измерений были проведены для разных температур при разных коэффициентах нелинейности волн второго звука  $\alpha_2$ , но наиболее просто результаты интерпретируются для  $T = 1.88 \text{ K}$ , где  $\alpha_2 = 0$ , и искажения формы сигнала за счет нелинейности сводятся к минимуму. По записям пробега пробных импульсов по капилляру через заданное время (1, 10, 30, 100 и 300 секунд, рис. 1), после переключения стационарного теплового потока, можно оценить время формирования (при включении тепла) и распада (при выключении) вихревой системы в капилляре.

Так вихревая система формировалась на всех температурах за время короче 1 с после включения теплового потока (левый график), в то время как распад

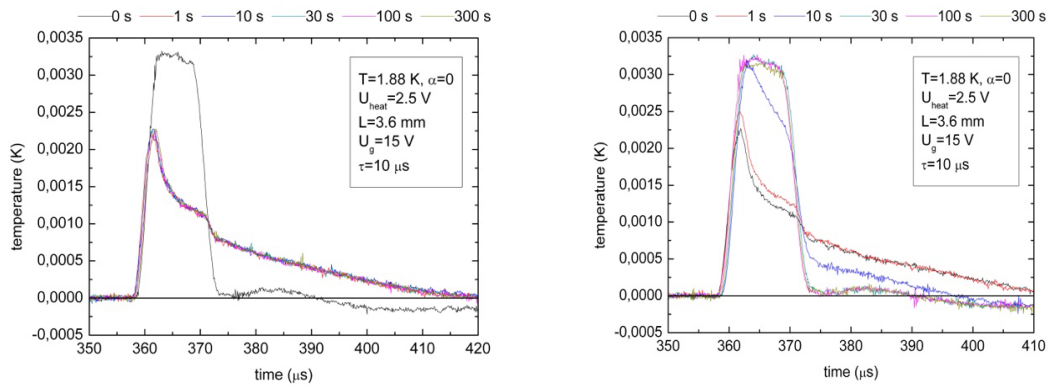


Рис. 1. Записи пробных сигналов с разными временами, записи при включении (левый график) и выключении (правый график) постоянного теплового потока  $T_{\alpha} = 1.88 K$ ,  $\alpha_2 = 0$ . квантовой турбулентности происходил за существенно большее время – десятки секунд (правый).

Конструкция вставки позволяла нам менять расстояние от нагревателя (тонкой пленки на поверхности призмы, плотно входившей в капилляр) до приемника теплового сигнала (сверхпроводящего болометра), перемещая нагреватель вдоль капилляра. Экспериментально было определено влияние длины капилляра на затухание пробных импульсов. Результаты измерений были сравнены с результатами компьютерного моделирования. Оказалось, что экспериментально измеренные величины амплитуды импульсов и их площадей (энергии в импульсе второго звука) показали расхождение с теоретическими расчетами взаимодействия

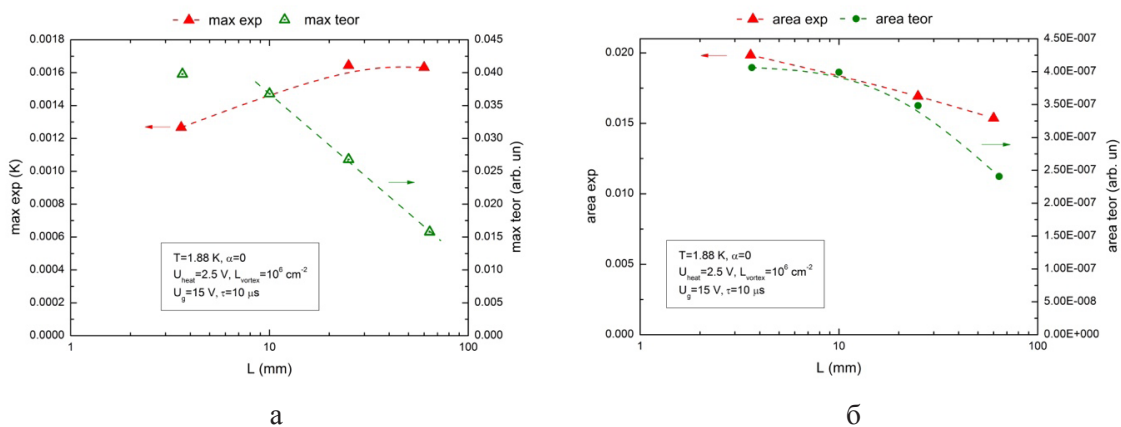


Рис. 2. Сравнение амплитуд пробных импульсов (а) и их площадей (б) для экспериментальных измерений и результатов компьютерного моделирования.

пробных импульсов со стационарной плотностью вихрей (рис. 2) в зависимости от длины пути.

Экспоненциальная зависимость ослабления амплитуды  $A(L)$  от длины пути  $L$  характерна для модельных расчетов, в то время как экспериментальные исследования показали такую же зависимость только для поглощения суммарной

энергии в пробном импульсе, в то время как амплитуда импульсов слабо зависела от  $L$ . Это свидетельствует о сложном взаимодействии импульсов второго звука со сверхтекучими потоками вокруг системы квантовых вихрей. На это же указывает искажение формы пробных прямоугольных импульсов при наличии вихревой системы (рис. 1).

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований президиума РАН «Нелинейная динамика: фундаментальные проблемы и приложения».

## **PROPAGATION OF TEST PULSES OF THE SECOND SOUND IN A QUANTUM TURBULENT ENVIRONMENT IN SUPERFLUID HELIUM**

**Orlova A.A., Efimov V.B.**

*Institute of Solid State Physics RAS, Chernogolovka, Moscow Region, Russia*

*e-mail: [orlova\\_lkk@issp.ac.ru](mailto:orlova_lkk@issp.ac.ru), e-mail: [efimov@issp.ac.ru](mailto:efimov@issp.ac.ru)*

*Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019*

Experimental investigation of the propagation of single probe pulses of a second sound in superfluid helium in a long capillary with a developed vortex system formed by a constant thermal flow was done. The processes of formation and decay of the vortex system and the effect of the capillary length (the total number of vortices in the volume) on the attenuation of probe pulses were studied.

**Keywords:** superfluid helium, second sound, quantum turbulence