

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Сарафанова Олега Васильевича

«Асимптотические и численные методы исследования квантовых волноводов

и приложения к резонансному туннелированию»,

представленную на соискание ученой степени

доктора физико-математических наук

по специальности 01.01.03 – математическая физика

Диссертация О.В.Сарафанова посвящена развитию методов асимптотического анализа процессов распространения волн в квантовых волноводах. Эта тематика весьма актуальна в связи с бурным развитием нанoeлектроники в последние десятилетия и развитие адекватного математического инструментария представляется важной задачей математической физики. Одним из наиболее интересных и значимых направлений в этой области является исследование резонансного туннелирования в квантовых волноводах с барьерами. Изучение особенностей такого туннелирования в зависимости от параметров барьеров и является предметом данной диссертации. В качестве барьеров в данной работе используются геометрические сужения волноводов, наличие этих сужений дает возможность ввести соответствующий малый параметр и включить этот круг задач в сферу приложений асимптотических методов. Таким образом, диссертант должен был развить соответствующую асимптотическую технику для вычисления характеристик резонансного туннелирования и исследовать эти характеристики в зависимости от параметров волновода. Общие подходы к решению подобных задач были предложены в работах Мазьи, Назарова, Пламеневского, и данную работу можно рассматривать как пример реализации и дальнейшего развития этих подходов для новых физически значимых ситуаций.

Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных журналах (10 публикаций), на их основе выдан

патент. Диссертация состоит из Введения, 5 глав, Заключения и Приложения, куда вынесены громоздкие детали доказательств. Общий объем диссертации 208 страниц.

В первой главе диссертации изучается стационарная задача рассеяния для квантовых волноводов, содержащих конечное число цилиндрических выходов на бесконечность. Автор строит и обосновывает стандартные объекты теории рассеяния вблизи порога, т.е. в ситуации, когда спектральный параметр волновода мало отличается от собственного значения поперечной задачи в одном (или нескольких) из ответвлений. Надлежащая переформулировка задачи рассеяния и введение «расширенной» матрицы рассеяния позволяют построить аппарат, аналитически зависящий от спектрального параметра вблизи порога, а также выразить исходную матрицу рассеяния в терминах «расширенной» матрицы рассеяния. Эти результаты позволяют получить явное описание трансформации матрицы рассеяния задачи при переходе через порог.

Во второй главе автор обосновывает метод численного исследования матрицы рассеяния в квантовых волноводах. Для этого он изучает решение вспомогательной задачи, которая близка к исходной, но ставится в конечной области (полученной после соответствующего обрезания исходного бесконечного волновода). Из эвристических соображений следует, что решение исходной задачи должно быть в надлежащем смысле близко к решению вспомогательной, что он и доказывает с помощью подходящего квадратичного функционала. При этом информация о решении вспомогательной задачи дает возможность определить матрицу рассеяния волновода (с соответствующей точностью, определяемой параметром обрезания волновода).

В третьей главе автор обсуждает квантовый двумерный волновод с двумя сужениями специальной формы (в роли барьеров). В данной задаче присутствует естественный малый параметр – диаметр сужений, и автор строит теорию, позволяющую определить асимптотику матрицы рассеяния по этому параметру. Общие подходы к таким задачам, предложенные в работах Мазы, Назарова, Пламеневского, автор применяет для вывода явных асимптотических разложений коэффициентов прохождения и отражения.

Четвертая глава диссертации посвящена развитию теории резонансного туннелирования в трехмерных квантовых волноводах, имеющих сужения разной формы, а также квантовым волноводам при наличии магнитного поля. Для этих задач автору удалось построить соответствующее решение задачи с условиями излучения и получить явное асимптотическое описание основных физически интересных характеристик – коэффициентов прохождения и отражения.

Пятая глава диссертации посвящена сравнению результатов, полученных для двумерного квантового волновода с помощью прямых численных расчетов и с помощью асимптотических методов, развитых в диссертации. Автор описал область значений малого параметра, где оба подхода дают хорошо согласующиеся численные значения, что служит дополнительным обоснованием как асимптотического подхода, так и численной процедуры.

Перечислим основные результаты диссертации. Ее автор сформулировал и обосновал принцип излучения вблизи порога для квантового волновода с конечным числом цилиндрических выходов на бесконечность. Автор обосновал метод вычисления матрицы рассеяния, в том числе и вблизи порогов. В диссертации построена асимптотическая теория резонансного туннелирования для двумерного квантового волновода с сужениями, построена асимптотическая теория трехмерного квантового волновода с неодинаковыми сужениями, а также в присутствии магнитного поля. Все основные результаты полно и строго доказаны. В целом диссертация представляет собой важный вклад в математическую теорию квантовых волноводов.

К замечаниям по тексту диссертации можно отнести следующее. Представляется, что во Введении диссертации следовало бы более подробно обсудить место данной работы среди других работ, посвященных изучению спектральных задач для сингулярно возмущенных областей. Далее, формулировки отдельных теорем могли бы быть более точными, включая более явное описание входящих в формулировку теорем констант (например, константа Λ в теореме 0.0.10), тем более что методы, развитые в диссертации, это позволяют сделать. К недостаткам диссертации можно также отнести отсутствие обсуждения в 5 главе методики численных

расчетов. Эти недостатки не отменяют общую высокую оценку научной значимости диссертации.

Результаты диссертации полностью и своевременно опубликованы в ведущих научных журналах и доложены на научных семинарах и конференциях. Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

Диссертация Сарафанова Олега Васильевича «Асимптотические и численные методы исследования квантовых волноводов и приложения к резонансному туннелированию» полностью соответствует предъявляемым к докторским диссертациям требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.03 – математическая физика.

Официальный оппонент

Казаков Александр Яковлевич,

доктор физико-математических наук, профессор,
зав. кафедры высшей математики и информатики
ВШПМ СПбГУПТД

e-mail: a_kazak@mail.ru, тел. 764-65-56,

191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18

Kaz
19.03.18

Подпись Казакова А.Я. завершено

Заместитель начальника
управления кадров



Вьюгина Н.А.