

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Пилипчука Артема Сергеевича **«Связанные состояния в континууме в интегрируемых и неинтегрируемых волноводных структурах»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Представленная диссертация посвящена изучению связанных состояний в континууме (ССК), которые представляют собой волны, остающиеся локализованными несмотря на то, что они сосуществуют с непрерывным спектром распространяющихся волн. Их существование впервые было предсказано в квантовой механике, но в дальнейшем выяснилось, что это общее волновое явление, характерное для многих областей физики. В задачах о волновом рассеянии ССК можно рассматривать как резонансы, имеющие нулевую ширину линии (бесконечное время жизни), а следовательно – бесконечную добротность. На практике, конечно, невозможно полностью исключить потери, поэтому время жизни таких резонансных состояний будет определяться их величиной. Тем не менее, результаты проведенных к настоящему времени теоретических и экспериментальных исследований указывают на возможность существенного увеличения добротности за счет явления ССК. С учетом вышеизложенного можно заключить, что исследование Пилипчука А.С., безусловно, является актуальным.

Диссертационная работа содержит введение, пять глав, три из которых содержат оригинальные результаты исследования, и заключение. Во **введении** описывается актуальность проводимых исследований, оценивается их новизна и практическая значимость. Затем формулируются основные цели и задачи, а также приводятся основные положения, выносимые соискателем на защиту.

Первая глава кратко описывает историю изучения связанных состояний в континууме, начиная с 1929 года, когда Фон Нейман и Вигнер предсказали их существование. Основной же акцент делается на описании различных механизмов, приводящих к формированию ССК в различного рода волновых системах.

Вторая глава посвящена описанию методов и подходов, используемых соискателем при проведении расчетов проводимости и поиске ССК.

Основным является метод неэрмитового эффективного Гамильтониана, который уже долгое время успешно применяется для проведения подобного рода расчетов. Поэтому, принимая во внимание сравнение полученных автором результатов с известными предельными случаями, можно с уверенностью говорить о достоверности полученных в работе результатов.

Тот факт, что система, состоящая из двух объектов, имеющих при определенных материальных параметрах нуль проводимости, может играть роль резонатора Фабри-Перо, известен еще с 1994г (Shahbazyan T. V., Raikh M. E. Two-channel resonant tunneling). С тех пор было предложено большое количество подобных систем, например, два квантовых дота, соединенные квантовой проволокой определенной длины, или система, состоящая из двух примесей в электронном волноводе. В **третьей главе** представленной диссертационной работы рассматривается еще один пример: электронные волноводы, имеющие два сгиба под прямым углом, названные П- и Z-образными. Соискатель отмечает, что т.к. волновод с одним сгибом имеет нуль проводимости, два таких волновода, соединенных между собой являются резонатором Фабри-Перо и, следовательно, такая система может поддерживать связанные состояния в континууме. Для удовлетворения условию возникновения стоячей волны между сгибами предлагается, вместо изменения расстояния между ними, менять высоту потенциала управляющего электрода, наложенного на область между сгибами, что в данном случае приводит к тому же конечному результату: в системе образуются ССК, причем не только за счет механизма Фабри-Перо, но также за счет интерференционного механизма Фридриха-Винтгена. В работе отмечается интересный факт: проводимость Z-образных волноводов отличается от проводимости П-образных. Дается следующее объяснение: образующиеся вблизи сгибов вихри потоков ведут себя по-разному в разных типах волноводов: в П-образном они имеют одинаковое направление вращения, а в Z-образном - противоположное, что в конечном итоге сказывается на проводимости системы.

Известно, что в хаотических системах не существует вырождения собственных уровней энергии, поэтому механизм образования ССК должен отличаться механизма полной деструктивной интерференции, предложенного Фридрихом и Винтгеном и рассмотренного в большом количестве работ. В **четвертой главе** впервые проводится последовательное изучение явления ССК в таких системах на примере аналога билиарда

Синяя (с конечным потенциалом). Наглядно демонстрируется образование не защищенных по симметрии ССК за счет описанного в первой главе «Accidental» механизма, то есть за счет «случайного» обращения в нуль коэффициента связи некоторого собственного состояния биллиарда с распространяющимся в волноводе решением при некотором значении высоты потенциала.

Установка диафрагм в районе интерфейса резонатор-волновод до настоящего времени являлась единственным способом управления коэффициентами связи в системе. В **последней главе** диссертационной работы предлагается принципиально иной способ, который заключается во вращении одного из некоаксиально подключенных к цилиндрическому акустическому резонатору волноводов вокруг оси резонатора. Демонстрируется, что при этом коэффициенты связи повернутого волновода становятся комплексными и, несмотря на то, что по модулю они остаются неизменными, приобретенный фазовый множитель оказывает значительное влияние на проводимость системы. Отмечено существенное отличие трехмерных систем от двумерных, которое заключается в том, что их проводимость имеет резонансный характер уже тогда, когда радиус резонатора превышает радиус волновода в 2.5 раза, в то время как двумерные системы всегда находятся в режиме перекрывающихся резонансов, независимо от отношения ширин волноводов и резонатора. Одним из наиболее интересных эффектов, возникающих в этой системе, представляется эффект расщепления вырожденных по азимутальному квантовому числу собственных уровней резонатора под влиянием эванесцентных мод, тем более, что он рассмотрен аналитически.

По представленной работе можно сделать несколько замечаний:

1. Использование терминологии «интегрируемый» и «неинтегрируемый» в названии диссертации мне представляется не очень удачным.
2. К недочетам стоит отнести также тот факт, что в работе не указаны допущения, который были сделаны при проведении расчетов. В частности, нигде не отражен тот факт, что квантовые волноводы в третьей и четвертой главах рассматриваются в рамках одноэлектронного приближения.
3. Дискретные уровни в континууме чувствительны к малым возмущениям, поэтому они имеют ширины и должны распадаться. Хотелось бы иметь оценку времен жизни этих состояний.

4. Не всегда возможно со 100% уверенностью говорить о том, какой из описанных в первой главе механизмов приводит к формированию ССК. В третьей главе автор утверждает, что ССК под номерами 5, 6 и 7, представленные на рис. 3.10 и ССК №1, 2 и 3, изображенные на рис. 3.13, образуются за счет интерференционного механизма. Однако, нельзя не отметить, что ССК №6, судя по его модальному разложению, представленному на рис. 3.12, напоминает рассмотренные в четвертой главе ССК, образованные за счет «Accidental» механизма.

Однако высказанные замечания не являются принципиальными и не влияют на общую высокую оценку работы. Все полученные результаты опубликованы в престижных научных журналах, входящих в перечень ВАК. Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием современных теоретических методов, хорошо зарекомендовавших себя в данной области исследований, а также сравнением полученных методами численного анализа результатов с результатами аналитических вычислений. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Данная диссертационная работа является законченной научно-исследовательской работой, посвященной исследованию явления связанных состояний в континууме. Считаю, что она удовлетворяет всем предъявляемым к кандидатским диссертациям требованиям ВАК, а ее автор, Пилипчук Артем Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор, профессор кафедры
теоретической физики физического
факультета ННГУ
им. Н.И. Лобачевского,

Проректор ННГУ
им. Н.И. Лобачевского,

10.05 2018 г.



Сатанин А.М.

Н.В. Авралев

Сведения об оппоненте

Фамилия, имя, отчество оппонента	Сатанин Аркадий Михайлович
Ученая степень	доктор физико-математических наук
Ученое звание	профессор
Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация	01.04.07 - физика конденсированного состояния
Полное наименование организации места работы	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" (ННГУ)
Структурное подразделение и должность	профессор кафедры теоретической физики физического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского
Индекс, почтовый адрес организации места работы	603950, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, корп. 3
Телефон	+7 (831) 465-62-55
Адрес электронное почты	sarkady@mail.ru
Список основных публикаций работников структурного подразделения, составляющего отзыв, за последние пять лет по теме диссертации (не более 15 публикаций)	1. Y. S. Joe, V.Vargiamidis, A.M. Satanin, E. R. Hedin, and Y. D. Kim, <i>How a Fano resonance crosses the mobility edge in quantum waveguides</i>, ЖЭТФ, Т. 153, NN5-6 (2018). 2..М.В.Денисенко, Н.В.Клёнов, A.M. Сатанин, <i>Single Flux Pulses Affecting the Ensemble of Superconducting Qubits</i>, AIP Conference Proceedings, 1936, 020009 (2018); doi: 10.1063/1.5025447

3.М.В.Денисенко, Н.В.Клёнов, **А.М.Сатанин**, *Manipulations with qubit states by short control pulses: the interpolation method for evolution operator and fidelity*, Journal of Physics Conference Series, 955, 012004 (2018).

4.Н.В. Клёнов, С.В. Бакурский , М.В. Денисенко, **А.М. Сатанин**, *Потоковый кубит в цепях быстрой однокуантовой логики: управление и считывание*, Физика низких температур, том 43,стр. 991–1002 (2017).

5.C.S. Kim, D.S. Pashin, **A. M. Satanin**, *Quantum Dissipative Dynamics a Particle in a Double-Well Potential*, Lobachevskii Journal of Mathematics, v. 38, p. 931-935 (2017).

6.M. V. Denisenko and **A. M. Satanin**, *Mesoscopic Fluctuations of the Population of a Qubit in a Strong Alternating Field*, Journal of Experimental and Theoretical Physics, 2016, Vol. 123, No. 6, pp. 919–927

7.V. Denisenko and **A. M. Satanin**, *Selective measurement of quantronium qubit states by using of mesoscopic non-linear oscillator*, Proc. of SPIE Vol. 10224 102242Z-1(2017).

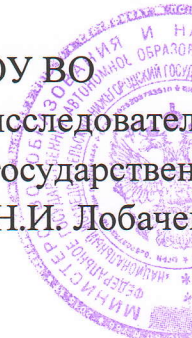
8.M. V. Denisenko, V. O. Munyaev, and **A. M. Satanin**, *Parametric Frequency Transformation in a Superconducting, Waveguide Line with an Integrated Josephson Oscillator*, Physics of the Solid State, 2016, Vol. 58, No. 11, pp. 2207–2211.

9.В.П. Гергель, М.В. Денисенко, А.В. Линёв, **А.М. Сатанин**, *Селективные измерения состояний*

	сверхпроводникового кубита нелинейным джозефсоновским осциллятором, Физика твердого тела, 2016, том 58, вып. 11, с. 2109. 10.M.V.Denisenko, V.O.Munyaev, A.M.Satanin, <i>Quantum fractional resonances in superconducting circuits with an embedded Josephson junction</i>, Journal of Physics: Conference Series, v. 664 (2015). 11.A.M. Satanin, M.V. Denisenko, A.I. Gelman, and F. Nori, <i>Amplitude and phase control of Josephson qubits by biharmonic electromagnetic pulses</i> // Phys. Rev. B 90, 104516 (2014).
--	--

Официальный оппонент,
ФГАОУ ВО "Национальный
исследовательский Нижегородский
государственный университет им.
Н.И. Лобачевского" (ННГУ)
профессор,
доктор физ.-мат. наук (01.04.07)

Проректор ФГАОУ ВО
"Национальный исследовательский
Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского"
(ННГУ)



Сатанин А.М.

И.В.Авралев

10. 05. 2018 г.