ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.022.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В.А. СТЕКЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 19.09.2018 № 3

О присуждении **Храмцову Михаилу Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Голографическое описание топологических дефектов и термализация сильновзаимодействующих квантовых систем»** по специальности 01.04.02 – теоретическая физика, принята к защите «21» марта 2019 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 002.022.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российскойакадемии наук (119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 8; приказ № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель Храмцов Михаил Александрович, 1992 года рождения, в 2015 году окончил специалитет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «физика» и с 2015 года по настоящее время обучается в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук.
Диссертация выполнена в отделе теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук.

Научный руководитель – Арефьева Ирина Ярославна, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Белокуров Владимир Викторович - доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики частиц и космологии Отделения экспериментальной и теоретической физики Физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (специальность – 01.04.02)
2. Фурсаев Дмитрий Владимирович - доктор физико-математических наук, профессор, ректор Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Университет «Дубна» (специальность – 01.04.02).

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (г. Москва) в своем положительном заключении, утвержденном заместителем директора по научной работе Физического института им. П.Н. Лебедева РАН доктором физико-математических наук, профессором Савиновым С.Ю., указала, что диссертационная работа выполнена на очень достойном научном уровне. Полученные результаты находятся в передовой области современных теоретических исследований по AdS/CFT соответствию, конформной теории поля, моделям типа SYK, а также содержат новую информацию об общих свойствах термализации в замкнутой квантовой системы при неоднородном возбуждении и свойствах квантовой гравитации. Проведенные исследования и полученные результаты характеризуют соискателя как сложившегося исследователя.

Других отзывов на диссертацию и автореферат не поступило.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях:

1. I. Ya. Aref'eva and M. A. Khramtsov, "AdS/CFT prescription for angle-deficit space and winding geodesics," JHEP 1604, 121 (2016) [arXiv:1601.02008 [hep-th]]

2. M. Khramtsov, "Holographic dictionary and defects in the bulk," EPJ Web Conf. 125, 05010 (2016).

3. И. Я. Арефьева, М. А. Храмцов и М. Д. Тихановская, "Улучшенный метод

изображений для голографического описания конических дефектов,” ТМФ 189, No2, 296 (2016) [Англ.: I. Ya. Aref’eva, M. A. Khramtsov and M. D. Tikhanovskaya, “Improved image method for a holographic description of conical defects,” Theor. Math. Phys. 189, 11 no. 2, 1660 (2016)] [arXiv:1604.08905 [hep-th]]

4. I. Ya. Aref’eva, M. A. Khramtsov and M. D. Tikhanovskaya, “Thermalization after holographic bilocal quench,” JHEP 1709, 115 (2017) [arXiv:1706.07390 [hep-th]]

5. I. Aref’eva, M. Khramtsov, M. Tikhanovskaya and I. Volovich, “On replica-nondiagonal large N saddles in the SYK model,” EPJ Web Conf. 191, 06007 (2018)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией, а также наличием работ по тематике диссертации. В. В. Белокуров является известным специалистом по квантовой теории поля. Его последние работы (см. например V. V. Belokurov, E. T. Shavgulidze, «Correlation functions in the Schwarzian theory», JHEP 1811 (2018) 036; V. V. Belokurov, E. T. Shavgulidze, «Exact solution of the Schwarzian theory», Phys.Rev. D96 (2017) no.10, 101701) тесно связаны с моделью Сачдева-Йе-Китаева, исследование которой входит в диссертацию. Д. В. Фурсаев является известным специалистом по квантовой теории поля, теории гравитации и конформной теории поля. Он работал над доказательством формулы Рю-Такаянаги, которая является одним из основных голографических методов, использованных в данной диссертации (см. D. V. Fursaev, «Proof of the holographic formula for entanglement entropy», JHEP 0609 (2006) 018). Кроме того, в своих работах он активно занимался исследованиями топологических дефектов пространства-времени в различных ситуациях (D. V. Fursaev, S. N. Solodukhin, «On the description of the Riemannian geometry in the presence of conical defects», Phys.Rev. D52 (1995) 2133-2143) и энтропией зацепленности в конформной теории поля (D. V. Fursaev, «Entanglement Renyi Entropies in Conformal Field Theories and Holography», JHEP 1205 (2012) 080). Эти предметы исследований явно пересекаются с данной диссертационной работой. Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук является одним из сильнейших центров в области теоретической физики. В частности, в Отделении теоретической физики работают сотрудники, являющиеся признанными специалистами по квантовой теории поля, конформной теории поля, теории гравитации, теории струн.

Диссертационный совет отмечает, что соискателем при выполнении исследований в рамках голографического подхода разработаны новые методы исследования квантовых систем в режиме сильной связи. Развит формализм для вычисления корреляционных функций и энтропии зацепленности в двухмерной конформной теории поля в состояниях, дуальных топологическим дефектам в трехмерном пространстве анти-де Ситтера. Предложена и детально исследована новая модель термализации в двухмерной конформной теории поля, и показано, что новые методы, описанные выше, позволяют полностью описать аналитически динамику распространения зацепленности в данном процессе термализации. Кроме того, соискателем построены новые решения в модели Сачдева-Йе-Китаева, выходящие за рамки общепринятых приближений, и на их основе расширены представления о применимости этих приближений и голографического описания модели.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. С помощью голографического подхода Габсера-Клебанова-Полякова/Виттена (GKPW) вычислена двухточечная корреляционная функция в теории, дуальной пространству AdS3 с коническим дефектом. Построено решение задачи Дирихле для уравнения скалярного поля в этом пространстве. Показано, что в частном случае, когда пространство является орбифолдом, коррелятор совпадает с коррелятором в конформной теории поля. Произведен сравнительный анализ результата вычисления GKPW с коррелятором, получающимся в результате геодезического приближения, что позволило уточнить границы применимости последнего в случае присутствия топологических дефектов в гравитационном двойнике.

2. Построено обобщение голографического геодезического приближения в пространстве AdS3 для вычисления корреляторов на случай наличия дефектов, которое применимо для произвольных временных интервалов и учитывает $i\varepsilon$-предписание. Произведено вычисление двухточечного коррелятора по этому предписанию на примере случая массивной движущейся частицы в AdS3 .

3. Показано, что сталкивающиеся безмассовые частицы, образующие черную дыру BTZ в пространстве AdS3, реализуют точно решаемую голографическую модель термализации замкнутой квантовой системы в результате эволюции неоднородного возбужденного начального состояния. Получены явные формулы, описывающее термализацию энтропии зацепленности в таком процессе. Проанализирована

динамика зацепленности в сравнении с другими моделями термализации. Показано, что в неравновесном режиме при больших временах система теряет память о нарушении трансляционной симметрии в начальном состоянии, и что голографическое вычисление явно связывает эту потерю памяти с геометрией внутри черной дыры.

4. В модели термализации, дуальной образованию черной дыры при столкновении частиц, голографически вычислена взаимная информация и проанализирована ее динамика. В рамках геодезического приближения вычислены двухточечные корреляторы. Показано, что при учете наматывающихся геодезических они чувствительны к неравновесным эффектам поздних времен термализации всей системы в целом.

5. В модели Сачдева-Йе-Китаева (SYK) построены новые реплика-недиагональные решения уравнений седловой точки при больших N. В режиме сильной связи модели SYK получены аналитические реплика-недиагональные решения в пределе нулевого числа реплик. На этих решениях вычислена регуляризованная свободная энергия, и показано, что существуют реплика-недиагональные решения, для которых она ниже, чем у стандартного диагонального решения.

При проведении исследования соискателем использовались и обобщались методы голографического соответствия AdS/CFT, конформной теории поля, теории гравитации и физики конденсированного состояния. Для проведения вычислений были применены аналитические методы дифференциальной геометрии, теории уравнений в частных производных, теории групп Ли, а также разнообразные численные методы.

Исследования, проведенные в рамках настоящей работы, носят чисто теоретический характер. Результаты, полученные в диссертации, могут применяться в исследованиях проблем неравновесной квантовой теории поля в режиме сильной связи, квантовой теории гравитации, черных дыр, квантовой теории информации, а также различных проблем математической физики.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что выносимые на защиту результаты являются новыми, получены соискателем самостоятельно, корректно и с обоснованным применением методов теоретической физики и математики. Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном получении

основных результатов диссертации и решении ряда актуальных задач теоретической физики, а также в активном участии в апробации результатов в докладах на семинарах и международных конференциях.

Диссертационная работа является научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические положения, совокупность которых является существенным научным достижением в области теоретической физики.

На заседании 19 сентября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Храмцову Михаилу Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **16**, против **нет**, недействительных бюллетеней **нет.**

Заместитель председателя диссертационного совета Д 002.022.02

Асеев Сергей Миронович

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.022.02

Дрожжинов Юрий Николаевич

19 сентября 2019 г.