

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П. Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13 сентября 2021 г. № 43

о присуждении Алкалаеву Константину Борисовичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Бесконечномерные симметрии и AdS/CFT соответствие в моделях теории поля» по специальности 01.04.02 — «теоретическая физика» принята к защите 18 мая 2021 года, протокол № 42 диссертационного совета Д002.023.02, созданного 9 ноября 2012 года приказом №717/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53 (ФИАН).

Соискатель Алкалаев Константин Борисович, 1977 года рождения, в 2000 году окончил Физический факультет Томского государственного университета по специальности «Физика». В 2004 году в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН защитил диссертацию «Динамика калибровочных полей высших спинов в пространстве анти-де Ситтера размерности $d \geq 5$ » на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 — «теоретическая физика». С 2004 года по настоящее время К.Б. Алкалаев работает в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, в настоящее время в Лаборатории квантовой теории поля Отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма в должности старшего научного сотрудника.

Диссертационная работа К.Б. Алкалаева выполнена в Лаборатории квантовой теории поля Отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1) Арефьева Ирина Ярославна, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук

2) Горский Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук

3) Зиновьев Юрий Михайлович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института высоких энергий им. А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (город Дубна, Московская область), в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук С.О. Кривоносом – начальником отдела Современной математической физики Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ, кандидатом физико-математических наук А.В. Андреевым — ученым секретарем ЛТФ ОИЯИ и утвержденном доктором физико-математических наук, академиком Г.В. Трубниковым, директором Объединенного института ядерных исследований, указала, что соискатель заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области современной квантовой теории поля, задач построения и анализа квантовополевых моделей, обладающих расширенными симметриями, такими как конформная симметрия, суперсимметрия, симметрия высших спинов, а также в области исследования голографически дуальных моделей квантовой теории поля.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ по теме диссертации. Все работы опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в базы данных Web of Science, Scopus. Результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. **K. B. Alkalaev**, «FV-type action for AdS₅ mixed-symmetry fields», *Journal of High Energy Physics*, 03 (2011), 031.
2. **K. B. Alkalaev**, M. A. Grigoriev and I. Y. Tipunin, «Massless Poincare modules and gauge invariant equations», *Nuclear Physics B*, 823 (2009), 509-545.
3. **K. B. Alkalaev** and M. A. Grigoriev, «Unified BRST description of AdS gauge fields», *Nuclear Physics B*, 835 (2010), 197-220.
4. **K. B. Alkalaev** and M. A. Grigoriev, «Unified BRST approach to (partially) massless and massive AdS fields of arbitrary symmetry type», *Nuclear Physics B*, 853 (2011), 663-687.
5. **K. B. Alkalaev** and M. A. Grigoriev, «Continuous spin fields of mixed-symmetry type», *Journal of High Energy Physics*, 03 (2018), 030.
6. **K. B. Alkalaev**, «Mixed-symmetry tensor conserved currents and AdS/CFT correspondence», *Journal of Physics A*, 46 (2013), 214007.
7. **K. B. Alkalaev**, «Massless hook field in AdS(d+1) from the holographic perspective», *Journal of High Energy Physics*, 01 (2013), 018.
8. **K. B. Alkalaev**, «On higher spin extension of the Jackiw-Teitelboim gravity model», *Journal of Physics A*, 47 (2014), 365401.
9. **K. B. Alkalaev**, «Global and local properties of AdS₂ higher spin gravity», *Journal of High Energy Physics*, 10 (2014), 122.
10. **K. B. Alkalaev** and X. Bekaert, «Towards higher-spin AdS₂/CFT₁ holography», *Journal of High Energy Physics*, 04 (2020), 206.
11. **K. B. Alkalaev** and X. Bekaert, «On BF-type higher-spin actions in two dimensions», *Journal of High Energy Physics*, 05 (2020), 158.
12. **K. B. Alkalaev** and V. A. Belavin, «Classical conformal blocks via AdS/CFT correspondence», *Journal of High Energy Physics*, 08 (2015), 049.
13. **K. B. Alkalaev** and V. A. Belavin, «Monodromic vs geodesic computation of Virasoro classical conformal blocks», *Nuclear Physics B*, 904 (2016), 367-385.

14. **K. B. Alkalaev** and V. A. Belavin, «From global to heavy-light: 5-point conformal blocks», *Journal of High Energy Physics*, 03 (2016), 184.
15. **K. B. Alkalaev** and V. A. Belavin, «Holographic interpretation of 1-point toroidal block in the semiclassical limit», *Journal of High Energy Physics*, 06 (2016), 183.
16. **K. B. Alkalaev**, «Many-point classical conformal blocks and geodesic networks on the hyperbolic plane», *Journal of High Energy Physics*, 12 (2016), 070.
17. **K. B. Alkalaev**, R. V. Geiko and V. A. Rappoport, «Various semiclassical limits of torus conformal blocks», *Journal of High Energy Physics*, 04 (2017), 070.
18. **K. B. Alkalaev** and V. A. Belavin, «Holographic duals of large- c torus conformal blocks», *Journal of High Energy Physics*, 10 (2017), 140.
19. **K. B. Alkalaev** and V. A. Belavin, «Large- c superconformal torus blocks», *Journal of High Energy Physics*, 08 (2018), 042.
20. **K. B. Alkalaev** and V. A. Belavin, «More on Wilson toroidal networks and torus blocks», *Journal of High Energy Physics*, 11 (2020), 121.

Основной целью диссертационной работы К.Б. Алкалаева является изучение различных моделей квантовой теории поля, обладающих бесконечномерными симметриями в контексте голографической (AdS/CFT) дуальности. В диссертационной работе исследуются модели конформной теории поля с симметрией Вирасоро, модели с полями высших спинов в различном числе измерений.

В диссертационной работе анализируются явления голографической дуальности между различными моделями, в особенности, рассматривается соответствие между двумерными конформными теориями поля и трехмерными теориями гравитации, уделяется особое внимание роли конформных блоков — структурным элементам корреляционных функций. Установленное в работе AdS3/CFT2 соответствие в пределе большого центрального заряда дает явный пример связи и применения методов двумерных теорий с бесконечными симметриями для изучения многомерных теории поля.

К.Б. Алкалаевым выполнены важные исследования, направленные на анализ дуальностей в квантовой теории поля с расширенными симметриями. Данное направление исследований актуально в настоящий момент в связи с широким распространением применения методов конформной теории поля и бесконечных симметрий в различных контекстах, таких как AdS/CFT соответствие, конформный бутстрап, квантовая гравитация, интегрируемость, критические явления. Теоретические методы, развиваемые в диссертации, являются современными и перспективными для исследований конформных и калибровочных теорий поля.

Помимо основного содержания диссертации можно отметить ясную структурированность диссертационной работы, идейную связанность излагаемого материала, а также исчерпывающий обзор литературы. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Научная новизна полученных результатов. Новизна полученных результатов позволяет существенно продвинуться в понимании структуры конформных теорий поля и изучении их голографически дуальных партнеров. В представленной диссертации разработаны и реализованы новые методы и подходы, такие как голографическая GKPW процедура для полей смешанного типа симметрии, производящая BRST процедура описания полей

произвольных спинов на пространствах постоянной кривизны, FV метод анализа кубических вершин взаимодействия полей смешанного типа симметрии в пятимерном пространстве AdS, сохраняющиеся токи несимметричного типа в пространстве Минковского произвольной размерности, методы описания двумерных систем с полями высших спинов, монодромный метод анализа классических конформных блоков с произвольным числом операторных вставок, а также техника символов Вигнера при построении конформных блоков в рамках AdS3/CFT2 дуальности между гравитационной теорией Черна-Саймонса и соответствующей двумерной конформной теорией.

Научно-практическая значимость работы. Полученные в диссертационной работе вершины взаимодействия AdS5 полей смешанного типа симметрии в кубическом приближении представляют собой блок структур, необходимых при изучении нелинейных теорий высших спинов общего положения. Они подходят для вычислений трехточечных корреляционных функций примарных операторов граничной конформной теории поля CFT4 в рамках голографического соответствия.

Развитый в диссертационной работе производящий формализм для релятивистских полей смешанного типа симметрии позволяет получать методами гомологической редукции различные формы описания высшеспиновых динамических систем, возникающих в разных контекстах. В частности, предложенный формализм позволяет изучать передел нулевого натяжения струнной динамики на пространствах постоянной кривизны.

В диссертации впервые получено семейство конформных операторов смешанного типа симметрии на пространстве Минковского, реализованных как сохраняющиеся токи фермионных полей. Данный результат позволяет исследовать предполагаемое AdS/CFT соответствие между нелинейными теориями полей высших спинов смешанного типа симметрии и моделями типа Гросса-Неве. Обобщение развитого в диссертационной работе GKPW метода на случай релятивистских полей смешанного типа симметрии позволит эффективно рассматривать различные аспекты дуальности, например, такие как симметричная трансмутация и описание конформных полей высших спинов в четных размерностях.

Построенная в диссертации двумерная гравитация высших спинов, содержащая как топологический сектор, обобщающий гравитацию Джаквива-Тейтельбойма, так и динамический сектор, описывающей бесконечную башню массивных скалярных полей, позволяет анализировать голографическую дуальность с теориями типа SYK, спектр которых имеет аналогичное устройство. Учет высшеспиновых симметричных свойств спектра возбуждений позволяет существенно увеличить эффективность вычислений корреляционных функций на обеих сторонах соответствия.

Проведенные в работе развернутые исследования многоточечных корреляционных функций в контексте AdS3/CFT2 соответствия в режиме большого центрального заряда позволяют изучать широкий класс вопросов в рамках конформного бутстрапа и голографической дуальности. Развитые в диссертации методы вычисления конформных блоков позволяют анализировать конформные корреляционные функции в разных режимах поведения конформных параметров. В частности, развитая техника напрямую применима для анализа

1/с поправок, где s — большой центральный заряд. Полученное в работе вильсоновское представление конформных блоков позволяет анализировать не только двумерные, но также многомерные конформные корреляционные функции.

Личный вклад автора. Вклад К.Б. Алкалаева во всех представленных результатах, полученных в соавторстве, является определяющим, как при формулировке задач, так и при поиске их решения. Тексты публикаций написаны либо лично, либо при непосредственном участии соискателя.

В ходе защиты критических замечаний со стороны членов диссертационного совета и присутствующих в зале высказано не было. Соискатель К.Б. Алкалаев ответил на заданные ему вопросы от членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 13 сентября 2021 года диссертационный совет принял решение за совокупность результатов, описывающих структуру голографической дуальности в теориях с бесконечномерными симметриями, опирающихся на комплекс разработанных техник вычислений, что является научным достижением, имеющим важное значение для современной квантовой теории поля, присудить К.Б. Алкалаеву ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.02 — «теоретическая физика»), участвовавшие в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени – 18,
против присуждения ученой степени – 0,
недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета Д002.023.02,
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Арсеев Петр Иварович

Учёный секретарь
к.ф.-м.н.

Вагин Константин Юрьевич

13 сентября 2021 г.