

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Федерального государственного

бюджетного учреждения науки

Института теоретической физики

им. Л.Д. Ландау РАН

член.-корр. РАН

И.В. Колоколов

16.09.2026

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Тарусова Александра Андреевича «Развернутые уравнения и их применение в пертурбативном анализе уравнений высших спинов и их мультичастичных обобщений», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — «Теоретическая физика»

Актуальность темы и общая характеристика работы

Одной из фундаментальных задач современной теоретической физики остается построение последовательного описания квантовой гравитации. Существенный интерес в этом контексте представляют теории высших спинов, в которых гравитационное поле включается в бесконечную систему безмассовых полей произвольных спинов, связанных расширенной калибровочной симметрией. Существование непротиворечивых взаимодействующих моделей такого типа само по себе является нетривиальным результатом, поскольку взаимодействия полей высших спинов существенно ограничены известными теоремами запрета. В пространствах постоянной кривизны эти ограничения могут быть обойдены, и теория высших спинов дает редкий пример существенно нелинейной калибровочной теории. Поэтому исследование структуры ее взаимодействий, локальности и допустимых расширений представляет самостоятельный интерес для фундаментальной теоретической физики.

Естественным языком для описания теорий высших спинов является формализм развернутых уравнений — т.е. совместных систем

дифференциальных уравнений первого порядка на дифференциальные формы, в котором уравнения движения и их дифференциальные следствия объединяются в единую согласованную систему. Такой подход позволяет эффективно контролировать калибровочную симметрию и проводить пертурбативный анализ, однако одновременно ставит ряд нетривиальных вопросов: существует ли для заданной развернутой системы вариационный принцип, как выбирать физически приемлемые представители взаимодействий и контролировать их локальность.

Особый интерес представляют также мультичастичные расширения теории высших спинов. Они увеличивают исходную алгебраическую структуру теории и приводят к появлению новых секторов состояний, что делает их перспективными для исследования возможной связи между теориями высших спинов и более общими моделями, в частности теорией струн. Важной задачей поэтому является построение и исследование таких расширений уже на линейном уровне и выяснение того, каким образом в них воспроизводятся стандартные поля высших спинов и возникают новые динамические сектора.

Диссертация А.А. Тарусова посвящена этим взаимосвязанным и актуальным вопросам теоретической физики. В работе исследуются вариационная структура развернутых систем, гомотопическая свобода при пертурбативном анализе четырехмерной теории высших спинов и ее расширения группами Кокстера, непосредственно связанные с мультичастичными обобщениями.

Основные результаты, их научная новизна и значимость

В первой главе вводится вариационный принцип для развернутых систем. На расширенном пространстве полей вводится вариационный дифференциал, который вместе с дифференциалом, задающим правые части оригинальных развернутых уравнений, образует бикомплекс. В этих терминах сформулирован и доказан критерий лагранжевости калибровочно-инвариантных условий, которые при пересечении с системой эквивалентны дифференциальным уравнениям на физические поля. Новизна результата состоит в том, что вопрос

о существовании действия решается непосредственно на пространстве-мишени развернутой системы, без необходимости заранее знать лагранжиан или BV-формулировку. Общая конструкция проверена на примере скалярного поля и позволяет различать лагранжевы и нелагранжевы взаимодействия. Полученный аппарат представляет интерес для любых систем, естественно задаваемых в развернутой форме.

Во второй главе исследуется свобода выбора решения в пертурбативном анализе четырехмерных уравнений высших спинов над AdS-вакуумом. Автором расширен класс допустимых сдвигов в гомотопической процедуре, параметризующих решение и найдены условия, при которых сохраняется каноническая форма свободных уравнений. В частности, выделен шестипараметрический класс сдвигов и обнаружено новое однопараметрическое семейство ультралокальных линейных вершин. Показано также, что чистые сдвиги по аргументам один-формы ω являются тривиальными и не меняют линейные вершины. Эти результаты уточняют, какая часть гомотопической свободы физически содержательна, и тем самым важны для проблемы спин-локальности и выбора удобных полевых переменных в последующих порядках теории возмущений.

В третьей главе рассмотрены теории высших спинов, расширенные конечными группами Кокстера. Для общей группы исследовано вложение AdS_4 -фона и показана его единственность в рассматриваемом классе. Техника сдвиговой гомотопии перенесена на расширенную систему, а линейные вершины получены в форме, явно учитывающей матрицы отражений группы. Для модели B_2 построен полный набор соответствующих ультралокальных линейных вершин и показано, как в расширенной теории возникают стандартные сектора высших спинов наряду с новыми секторами. Тем самым создан необходимый линейный уровень для дальнейшего анализа мультичастичных и кокстеровских моделей и их возможных связей с более общими конструкциями, включая струнные.

Обоснованность, достоверность и апробация результатов

Основные результаты получены аналитически с использованием стандартного аппарата развернутых систем, когомологий, звездочного произведения и гомотопических операторов. Их достоверность подтверждается корректным применением математического аппарата, проверками совместности дифференциалов и специальных пределов, воспроизведением стандартной вариационной структуры скалярного поля, сохранением канонических свободных уравнений над AdS_4 -фоном, а также появлением ожидаемых тензоров Вейля и полей Фронсдала в соответствующих секторах кокстеровского расширения.

Результаты диссертации опубликованы в трех рецензируемых работах в *Physics Letters B* и *Journal of High Energy Physics* (2022, 2023 и 2025 гг.) и соответствуют трем основным направлениям исследования. Представленные в диссертации выводы и вычисления позволяют считать личный вклад соискателя существенным; результаты также прошли апробацию на профильных научных семинарах и конференциях.

Замечания и вопросы

1. Во второй главе общий анализ гомотопических сдвигов мог бы быть дополнен одним-двумя явными примерами для фиксированных спинов, показывающими, как выбор параметров влияет на конкретный вид и число производных в вершинах.
2. Для новых секторов B_2 -модели представляет интерес более полный σ -когомологический анализ и явное выделение независимых динамических полей. Данное замечание относится скорее к естественному продолжению исследования и не умаляет полученных результатов.

Перечисленные замечания имеют дискуссионный и методический характер и не ставят под сомнение основные результаты диссертации.

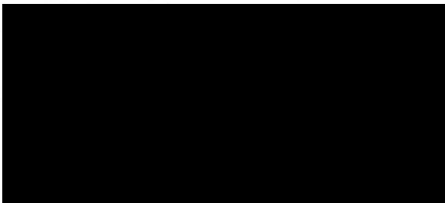
Заключение

Диссертация А.А. Тарусова представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком теоретическом уровне. В ней получены новые результаты по вариационной структуре развернутых систем, гомотопическому анализу уравнений высших спинов и их кокстеровским расширениям. Работа обладает внутренним единством, а результаты имеют существенное значение для развития развернутого формализма и теории высших спинов. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.3 «Теоретическая физика», а опубликованные работы адекватно отражают ее основные результаты.

Доклад по диссертационной работе заслушан на семинаре сектора квантовой теории поля ФГБУН Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН 21 августа 2026 года.

По актуальности, научной новизне, обоснованности результатов и уровню публикаций диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Тарусов Александр Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 «Теоретическая физика».

Отзыв подготовил гл. н.с., д.ф.-м.н., профессор, член-корр. РАН Александр Абрамович Белавин

 /А.А. Белавин/

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук, Россия, 142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр. Ак. Семёнова, д 1ф, тел 8(495)7029317 факс 8(495)7029317 <http://www.itp.ac.ru>, e-mail: office@itp.ac.ru.

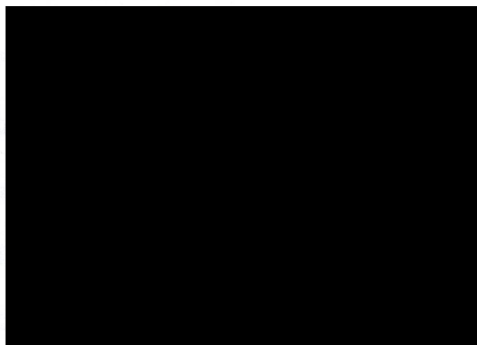
Подписи А.А. Белавина и И.В. Колоколова удостоверяю.

Ученый секретарь

ИТФ им Л.Д. Ландау РАН

д.ф.-м.н. С.В. Аксенов

/Аксенов С.В./



ПРИЛОЖЕНИЕ

Сведения о научной организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им.

Л.Д. Ландау Российской академии наук

Сокращенное название: ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН

Почтовый адрес: Россия, 142432, МО, г. Черноголовка, просп. Академика Семенова, д.1А.

Адрес официального сайта в сети Интернет: <https://www.itp.ac.ru/>

Телефон: +7 (495) 702-93-17

Электронная почта: office@itp.ac.ru

Список основных публикаций сотрудников Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН по теме диссертации в рецензируемых научных журналах за последние 5 лет:

1. Lashkevich M., Lisovyy O., Ushakova T. Semiclassical approach to form factors in the sinh-Gordon model // Journal of High Energy Physics. - 2023. - Т. 2023. - № 7, art. 157.
2. Lashkevich M. The free field representation for the GL (1|1) WZW model revisited //Physica Scripta. - 2022. - Т. 98. - №. 1. - C. 015025.
3. Lashkevich M. et al. Lattice models, deformed Virasoro algebra and reduction equation. //Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical. - 2020. - Т. 53. - №. 24. - C. 245202.
4. Belavin A., Parkhomenko S. Conformal bootstrap and Heterotic string Gepner models //Nuclear Physics B. - 2024. - Т. 1006. - C. 116654.
5. Chistyakova E., Litvinov A., Orlov P. Affine Yangian of $gl(2)$ and integrable structures of superconformal field theory //Journal of High Energy Physics. - 2022. - Т. 2022. - №. 3. - art. 102.
6. Belavin, A., Parkhomenko S. Mirror symmetry and new approach to constructing orbifolds of Gepner models.// Nuclear Physics B. - 2024. - Т.998 - C.116431.
7. Kolyaskin D., Litvinov A., Zhukov A. R-matrix formulation of affine Yangian of $gl(1|1)$ //Nuclear Physics B. - 2022. - Т. 985. - C. 116023.
8. Adler V. E., Kolesnikov M. P. Non-Abelian Toda lattice and analogs of Painlevé III equation //Journal of Mathematical Physics. - 2022. - Т. 63. - №. 10. - art. 103504.
9. Bershtein M., Grigorev A., Shchepochkin A. Hamiltonian reductions in matrix Painlevé systems //Letters in Mathematical Physics. - 2023. - Т. 113. - №. 2. - C. 47.
10. Artemev A. A., Belavin A. A. Five-Point Correlation Numbers in Minimal Liouville Gravity //JETP Letters. - 2022. - Т. 116. - №. 9. - C. 600-607.
11. Artemev A., Belavin A. Five-point correlation numbers in minimal Liouville gravity and matrix models //Nuclear Physics B. - 2022. - Т. 985. - C. 116019.
12. Bogdanov L. V. Matrix extension of multidimensional dispersionless integrable hierarchies //Theoretical and Mathematical Physics. - 2021. - Т. 209. - №. 1. - C. 1319-1330.

Ученый секретарь

ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН

д.-ф.м.н. С.В. Аксенов

/Аксенов С.В./

10.06.2026