

ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора физико-математических наук
Юрия Михайловича Зиновьева, на диссертацию Тарусова Александра Андреевича
«Развернутые уравнения и их применение в пертурбативном анализе уравнений
высших спинов и их мультичастичных обобщений», представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 –
теоретическая физика.

Исследование полей с высшими спинами представляет собой одно из актуальных направлений в области фундаментальных взаимодействий. С одной стороны такие теории представляют собой дальнейшее расширение моделей супергравитации, в надежде на то, что бесконечномерных симметрий окажется достаточно для того, чтобы справиться с расходимостями гравитации и построить перенормируемую или даже конечную квантовую гравитацию. С другой стороны важным вопросом является связь с теорией суперструн, спектр которой с необходимостью содержит бесконечное число массивных полей высших спинов. Наконец огромный интерес в последние годы вызывает так называемое АДС/КТП соответствие, в котором поля высших спинов возникают естественным образом.

Основным результатом в области теории высших спинов являются уравнения Васильева. Одна из нерешенных задач — построение действия, соответствующего этим уравнениям. Поэтому важную роль играет разработка систематической теории возмущений, которая позволяла бы извлекать нелинейные поправки к свободным уравнениям полей высших спинов. Важную роль при этом (из-за присутствия взаимодействий с высшими производными) играет проблема локальности, что требует ограничения на допустимые классы замен переменных. Наконец связь с теорией струн требует существенного расширения спектра безмассовых полей с тем, чтобы в результате (гипотетического) спонтанного нарушения симметрии можно было бы получить бесконечный спектр массивных полей.

Этим актуальным проблемам в теории высших спинов и посвящена диссертация Тарусова А. А.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во **введении** обсуждается актуальность темы, цели и задачи диссертации, положения, выносимые на защиту, методы исследования, научная новизна и практическая значимость, апробация результатов.

Первая глава посвящена решению т.н. обратной задачи, когда для системы развернутых уравнений вне массовой поверхности требуется найти условия, переводящие ее на массовую поверхность и проверить является ли полученная система лагранжевой. Для этого вводятся дополнительные поля, соответствующие вариациям исходных полей, что позволяет построить дополнительный дифференциал де Рама и получить вариационный бикомплекс. Для такой расширенной системы получена когомологическая запись уравнений Эйлера-Лагранжа и сформулирован глобальный критерий лагранжевости условий, переводящих систему на массовую оболочку. Отдельно рассмотрен случай, когда в системе присутствуют фоновые поля, например поля, описывающие

фоновую геометрию. В качестве иллюстрации использован классический пример скалярного поля.

Вторая глава посвящена пертурбативному анализу уравнений высших спинов теории Васильева. Ввиду бесконечности набора полей (а значит бесконечного числа производных) вместо обычного понятия локальности основным требованием является спин-локальность (т.е. конечность числа производных для любого конечного набора спинов). Важную роль в таком анализе играет произвол, связанный с заменами переменных. При этом от выбора переменных зависят не только свойства вершин в данном порядке теории возмущений, но и результаты в следующих порядках. Конкретно этот произвол возникает при решении дифференциальных уравнений первого порядка по некоторой вспомогательной переменной, заданных с помощью нильпотентного оператора. При этом произвол в выборе переменных сводится к выбору гомотопической процедуры, с помощью которой уравнение решается. В данной главе рассмотрен более широкий набор параметров гомотопического сдвига, чем в ранних работах. Подробно исследованы ограничения на эти параметры, возникающие из Лоренц инвариантности и сохранения формы т.н. первой теоремы о массовой оболочке. В результате было построено новое однопараметрическое семейство ультра локальных вершин, которое в дальнейшем может использоваться в следующих порядках.

Третья глава посвящена анализу теории высших спинов, расширенной алгебрами Кокстера. Основная цель — построить теорию с таким широким спектром безмассовых полей, который допускал бы спонтанное нарушение симметрии и приводил к теории с бесконечным числом массивных полей высших спинов, подобных теории суперструн. Естественно, такое расширение требует модификации уравнений, звездочного произведения и процедуры сдвиговой гомотопии. Первоочередной (успешно решенной) задачей было показать, что пространство анти де Ситтера по-прежнему является решением новых уравнений. Далее было исследовано линейное приближение теории над таким фоном, определяющее обобщение первой теоремы о массовой оболочке. Для варианта с алгеброй Кокстера B_2 (считающегося самым перспективным) явно выписаны вершины линейного приближения. Спектр состояний оказывается весьма богатым и их интерпретация не всегда очевидной. Показано, что после унитарной редукции спектр содержит несколько копий полей Фронсдала и стандартных тензоров Вейля.

В **заключении** подведены итоги и сформулированы основные результаты, полученные в диссертации.

Диссертация выполнена на высоком физическом и математическом уровне по актуальной тематике. Полученные результаты являются новыми, они полностью обоснованы, опубликованы в ведущих международных научных журналах и докладывались на нескольких научных семинарах и конференциях. Достоверность результатов обусловлена использованием современного математического аппарата теоретической физики.

Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

Некоторые замечания.

- Пример со скалярным полем, приведенный в первой главе тоже является поучительным. Однако для иллюстрации нового подхода важно было бы привести более богатый пример, когда лагранжиан содержит не только примарные поля, но их потомки, а также фоновые поля.

- В диссертации не раз встречается термин ультра-локальность без объяснения того, что он значит.
- Было бы полезно более подробно описать спектр один-форм и ноль-форм, который получается после унитарной редукции.

Однако, отмеченные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы и не снижают научное значение полученных результатов.

Учитывая вышесказанное, считаю, что рассматриваемая диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Александр Андреевич Тарусов, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — теоретическая физика.

Официальный оппонент:

Зиновьев Юрий Михайлович,
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник
НИЦ "Курчатовский Институт" — ИФВЭ
Протвино, Моск. обл., площадь Науки, д.1
email: yurii.zinoviev@ihep.ru

15 сентября 2026 г.

Подпись Зиновьева Юрия Михайлович заверяю
Ученый секретарь
НИЦ "Курчатовский Институт" — ИФВЭ

Н. Н. Прокопенко

Список основных публикаций официального оппонента Зиновьева Ю. М.
в рецензируемых научных изданиях по тематике диссертации
Тарусова А. А. за последние пять лет.

1. M. V. Khabarov, Yu. M. Zinoviev
"On massive higher spins in $d=3$ ",
JHEP **04** (2022) 055.
2. Yu. M. Zinoviev
"Massless spin 2 interacting with massive higher spins in $d=3$ ",
JHEP **03** (2023) 058.
3. Yu. M. Zinoviev
"On massive higher spin supermultiplets in $d=3$ ",
Nucl. Phys. B **996** (2023) 116351.
4. Yu. M. Zinoviev
"On hypersymmetry in three dimensions"
JHEP **10** (2023) 162.
5. Yu. M. Zinoviev
"On massive higher spin supermultiplets in $d = 4$ "
JHEP **10** (2024) 222.
6. Yu. M. Zinoviev
"On the Fradkin-Vasiliev formalism in $d = 4$ "
Nucl. Phys. **1012** (2025) 116839.
7. Yu. M. Zinoviev
"Partially massless spin 2 and supersymmetry"
JHEP **04** (2025) 019.
8. Yu. M. Zinoviev
"Partially massless spin $5/2$ and supersymmetry"
JHEP **06** (2025) 046.
9. Yu. M. Zinoviev
"On massive higher spins and gravity. IV. Arbitrary spin"
JHEP **06** (2026) 088.