

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Евгения Алексеевича Иванова, о диссертации Анатолия Валериевича Корибута «Алгебра деформированных осцилляторов и спин-локальность в теории высших спинов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика.

Теория высших спинов привлекает повышенное внимание теоретиков в течение нескольких десятков лет. Один из источников такого интереса -- гипотеза о том, что эта теория содержит в себе теорию струн как спонтанно нарушенную фазу. Действительно, в спектре обеих теорий имеется бесконечное число полей, но в теории высших спинов (в её исходном варианте) все калибровочные поля безмассовые, в то время как в теории струн безмассовыми является конечное число калибровочных полей, а возникновение масс (порядка массы Планка) у других полей естественно приписать какому-то обобщённому варианту механизма Хиггса. Теория высших спинов (как и теория струн) с необходимостью содержит в себе теорию гравитации, и понимание её квантовой структуры могло бы решить давно стоящую задачу построения самосогласованной квантовой теории гравитации.

До настоящего времени полная лагранжева теория взаимодействующих полей высших спинов неизвестна, хотя для свободных полей такая теория была построена много лет тому назад в работах К. Фронсдала и учеников. Основой современной теории высших спинов являются уравнения М.А. Васильева, которые не выводятся из какого-то принципа минимального действия, а постулируются. Они обладают рядом замечательных геометрических свойств, и, согласно распространённой точке зрения, содержат достаточно информации для построения полной квантовой теории высших спинов и развития эффективных методов работы с такой теорией, включая квантовые вычисления. Уравнения различных суперсимметричных обобщений теории высших спинов также можно рассматривать как один из секторов общей системы Васильева. Характерная черта уравнений Васильева – наличие вспомогательных твисторо-подобных некоммутативных координат u и z , позволяющих объединять поля с разными спинами в одно «гиперполе». «Звёздочное» произведение таких объектов строится на основе скобок типа скобок Мойяла. Исследование и более глубокое понимание связи теории высших спинов с квантовой теорией поля представляет собой важный раздел современной теоретической и математической физики, равно как и физики высоких энергий.

Одним из основополагающих принципов квантовой теории поля является пространственно-временная локальность взаимодействий. Её обобщение на случай теории Васильева – так называемая спин-локальность, предполагающая наличие только конечного числа производных в вершинах взаимодействия любых полей с фиксированными высшими спинами. Спин-локальность тесно связана с разрешением зависимости полей в уравнениях Васильева от Z -координат. Это разрешение неоднозначно, и желательно иметь общие гомотопические методы фиксации этой неоднозначности для гарантированного обеспечения спин-локальности в любом порядке теории возмущений и, далее, обычной x -локальности вершин взаимодействия.

Диссертация Анатолия Валериевича Корибута посвящена исследованию двух важных проблем в теории высших спинов Васильева. В первой половине работы диссертант рассматривает алгебраические аспекты $d=3$ версии этой теории, симметрия которой есть бесконечно-мерная обёртывающая алгебра деформированной алгебры двумерных осцилляторов (факторизованная по некоторому набору идеалов). Найден полный набор структурных констант для произведений функций на этой алгебре высших $d=3$ спинов и определено соответствующее обобщение «звёздочного» произведения недеформированного случая. Вторая часть работы посвящена обобщению ведённых ранее

Васильевым и др. гомотопических методов разрешения Z -зависимости в уравнениях для высших $d=4$ спинов и использованию их для вывода новых вершин взаимодействия, удовлетворяющих критерию спин-локальности.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения и двух приложений. Полный объем диссертации составляет 134 страницы текста с 1 рисунком. Список литературы содержит 134 наименования.

Как уже отмечено мной ранее, исследования по этой тематике являются в высшей степени **актуальными**. Во **введении** обосновывается эта актуальность темы диссертационного исследования, формулируются его цели и задачи. Там же приведены основные положения, выносимые на защиту, информация о новизне, практической значимости, достоверности и апробации полученных результатов.

В **первой и второй главах** автор исследует структурные константы ассоциативного умножения мономов на деформированной алгебре $d=3$ высших спинов, предъясвляет их явный вид и затем определяет звёздочное произведение на этой алгебре. Для нахождения компактного интегрального представления структурных констант Анатолий использует развитый им изящный метод, основанный на символах Похгаммера.

В **третьей главе** диссертации проводится дальнейшая разработка техники сдвиговых гомотопий, предложенной ранее в работе Васильева и Гельфонд для получения спин-локальных вершин. Представлена классификация вершин, получаемых этим методом, и показано, что (анти)голоморфные вершины автоматически удовлетворяют требованию спин-локальности, без необходимости дальнейшего нелокального переопределения полей.

В **четвертой главе** аналогичный результат получен для вершин смешанного типа, в младшем порядке теории возмущений. Они также удовлетворяют принципу спин-локальности.

В **заключении** суммированы основные результаты диссертационной работы. Два **приложения** содержат технические детали проведенных в основном тексте вычислений.

С моей точки зрения наиболее важные результаты работы состоят в следующем:

1. Найдены явные выражения для структурных констант ассоциативных произведений функций на бесконечномерной деформированной алгебре высших спинов в $d=3$ и определены соответствующие звёздочные произведения типа Мойяла.
2. Получены перестановочные соотношения, связывающие звёздочные произведения в $d=4$ теории Васильева с операторами сдвиговых гомотопий и радикально упрощающие анализ локальности теории в младших порядках.
3. С использованием сдвиговых гомотопий над произвольным фоном получены (анти)голоморфные вершины, а также вершины из смешанного сектора, которые автоматически удовлетворяют требованию спин-локальности без необходимости дальнейшего переопределения полей.

Диссертация выполнена на высоком физическом и математическом уровне по **актуальной** тематике и может рассматриваться как существенный вклад в теорию высших спинов. Полученные результаты являются **новыми**, они полностью **обоснованы**, своевременно опубликованы в ведущих международных научных журналах и докладывались на многочисленных представительных научных семинарах и конференциях. **Достоверность** результатов обусловлена корректностью использования математического аппарата теоретической физики. Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации.

По результатам хотелось бы высказать следующие замечания:

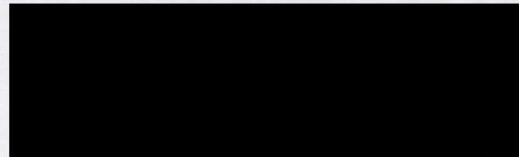
1. Две вышеупомянутые части диссертации представляют собой самостоятельные исследования, относящиеся к теории высших спинов в $d=3$ и $d=4$, возможная связь между которыми автором не прослеживается.
2. Было бы желательно пояснить, как полученные автором результаты модифицируются (или не модифицируются) при подключении суперсимметрии и грассмановых координат.
3. Также стоило бы упомянуть, каким свойствам дуальной $O(N)$ теории (в $d=3$) отвечает требование спин-локальности теории высших спинов.

Однако эти замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы и не снижают научное значение полученных результатов. Их можно рассматривать как пожелания для дальнейшей работы.

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, Анатолий Валериевич Корибут, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — теоретическая физика.

Официальный оппонент:

Иванов Евгений Алексеевич,
доктор физико-математических наук, профессор,
начальник сектора Лаборатории теоретической
физики имени Н.Н. Боголюбова
Объединенного института ядерных исследований
Дубна, ул. Жолио-Кюри, д.6
email: eivanov@theor.jinr.ru

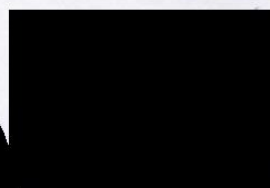
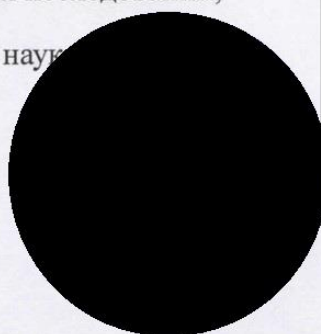


18 апреля 2024 г.

Подпись Иванова Евгения Алексеевича заверяю

Учёный секретарь ЛТФ им. Н.Н. Боголюбова,
Объединенного института ядерных исследований,
кандидат физико-математических наук

18 апреля 2024 г.



А. В. Андреев

Список основных публикаций официального оппонента Иванова Е.А. в рецензируемых научных изданиях по тематике диссертации Корибуга А.В. за последние пять лет:

1. Buchbinder Ioseph, Ivanov Evgeny, Zaigraev Nikita. $N = 2$ higher spins: superfield equations of motion, the hypermultiplet supercurrents, and the component structure // JHEP — 2023. — Vol. 03 — 036 P. — 2212.14114
2. Buchbinder Ioseph, Ivanov Evgeny, Merzlikin Bodirs, Stepanyantz Konstantin. On two-loop divergences of effective action in 6D, $N = (1, 1)$ SYM theory // JHEP — 2023. — Vol. 05 — 089 P. — 2212.03766
3. Buchbinder Ioseph, Ivanov Evgeny, Zaigraev Nikita. Off-shell cubic hypermultiplet couplings to $N = 2$ higher spin gauge superfields // JHEP. — 2022. — Vol. 05. — 104 P. — 2202.08196.
4. Ivanov Evgeny, Sidorov Stepan. Couplings of $N=4$, $d=1$ mirror supermultiplets // Phys. Rev. D. — 2022. — Vol. 105, no. 8. — 086027 P. — 2112.04420.
5. Buyucli Serafim, Ivanov Evgeny. Higher-dimensional invariants in 6D super Yang-Mills theory // JHEP. — 2021. — Vol. 07. — 190 P. — 2105.05899.
6. Delduc F., Ivanov E. $N=4$ supersymmetric $d = 1$ sigma models on group manifolds // Nucl. Phys. B. — 2019. — Vol. 949. — 114806 P. — 1907.09518.
7. Ivanov Evgeny, Lechtenfeld Olaf, Sidorov Stepan. Deformed $N = 8$ Supersymmetric Mechanics // Symmetry. — 2019. — Vol. 11, no. 2. — 135 P. DOI: 10.3390/sym11020135.
8. Ivanov Evgeny, Nersessian Armen, Shmavonyan Hovhannes. CPN -Rosochatius system, superintegrability, supersymmetry // Phys. Rev. D. — 2019. — Vol. 99, no. 8. — 085007 P. — 1812.00930.