

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**  
**Шахманова Викентия Юрьевича**  
**на тему: «Структура петлевых интегралов**  
**в суперсимметричных калибровочных теориях»**  
**по специальности 01.04.02 — «теоретическая физика»**

Можно сказать, что в настоящее время фундаментальная физика находится в состоянии серьезного кризиса. Действительно, не смотря на потрясающие успехи стандартной модели (СМ) в описании изучаемых на эксперименте процессов взаимодействия элементарных частиц, нет сомнений, что эта модель является лишь частью или даже низкоэнергетическим приближением более общей теории. Для поиска так называемой новой физики активно проводятся как современные эксперименты, так и в теоретические исследования. Одним из очевидных кандидатов на роль теории, обобщающей СМ, является ее суперсимметричное расширение. Привлекательность суперсимметричных моделей обусловлена, с одной стороны, возможностью решить ряд проблем, имеющих в СМ и, с другой, их математической красотой. Основным объектом исследований, представленных в диссертации, является как раз анализ математических свойств конкретных суперсимметричных моделей. Причем эти математические свойства напрямую связаны с физическими особенностями систем, которые могли бы описывать эти модели. Действительно, свойства перенормируемости и ренормгрупповое поведение критически важны для всех моделей в квантовой теории поля. Математическая красота суперсимметричных моделей, в частности, сказывается в появлении точных соотношений типа бета-функции Новикова-

Шифмана-Вайнштейна-Захарова (НШВЗ). В диссертации проведены вычисления ряда квантовых петлевых поправок, дающих вклад в соотношение НШВЗ. Проведенные вычисления технически непросты и приводят к нетривиальным результатам. В частности, выявляются условия, необходимые для выполнения рассматриваемого соотношения. Проведенные исследования внесли заметный вклад в теорию суперсимметричных моделей и, на мой взгляд, содержат выводы полезные и для других теорий. **Актуальность** и значимость темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

**Теоретическая и практическая значимость** проведенных автором диссертации исследований несомненна. В диссертации подробно представлено завершённое научное исследование, давшее значительные результаты в области исследования свойств суперсимметричных моделей. Результаты диссертации могут быть использованы при проведении дальнейших теоретических исследований в области квантовой теории поля, проводимых в МГУ, ИЯИ РАН (Москва), ОИЯИ (Дубна), ИФВЭ (Протвино) и других российских и зарубежных научных центрах. **Новизна результатов** диссертации очевидна. Действительно, впервые проведены вычисления нескольких классов квантовых поправок, знание которых необходимо для анализа ренормгруппового поведения соответствующих теоретических моделей. Более того, усовершенствованы методы вычислений, что заложило фундамент для проведения дальнейших исследований в данном направлении. Значимость и новизна результатов подтверждаются тремя публикациями в высокорейтинговых международных журналах.

**Обоснованность полученных результатов** обусловлена тем, что при выполнении программы исследований применялись современные методы квантовой теории поля, отработанные при решении аналогичных задач. В то же время диссертацию можно рассматривать как заметный шаг в развитии и

совершенствовании этих методов. **Достоверность** полученных результатов не вызывает сомнений. Необходимо отметить, что **личный вклад** В.Ю. Шахманова в исследованиях, отраженных в диссертации, был определяющим.

Диссертация состоит из Введения, четырех Глав, Заключение, списка литературы и трех Приложений. Во **Введении** обсуждается современный статус исследований в области перенормировок в суперсимметричных теориях, и убедительно обосновывается актуальность и новизна поставленных задач. Здесь также приведены основные положения, выносимые на защиту. **Первая Глава** посвящена постановке конкретной задачи по исследованию  $N=1$  суперсимметричной теории Янга-Миллса. В ней представлен лагранжиан этой теории с учетом членов необходимых для проведения регуляризации с помощью высших ковариантных производных. Кроме того, обсуждается используемый в дальнейшем метод квантования с фоновым полем. Во **Второй Главе** производится проверка соотношения НШВЗ, выраженного через функции Грина полей с полным учетом двухпетлевых поправок. При этом используется BRST-неинвариантная версия регуляризации высшими ковариантными производными. Используемая автором графическая интерпретация соотношения НШВЗ очень наглядна и полезна для понимания. В **третьей Главе** автор вычисляет в трехпетлевом порядке теории возмущений специфические вклады в соотношение НШВЗ, пропорциональные четвертым степеням юкавских констант модели. Одним из важных результатов проделанной работы является практическое сравнение BRST-неинвариантной и BRST-инвариантной версий регуляризации высшими ковариантными производными. Показаны преимущества и недостатки обеих версий при вычислении конкретных петлевых вкладов. **Четвертая Глава** представляет вычисления трехпетлевых вкладов в двухточечные функции Грина фонового

калибровочного поля, пропорциональных вторым степеням юкавских констант. Данные вычисления весьма громоздки и сделаны они были впервые. При этом снова существенным оказалось использование графического представления для супердиаграмм рассматриваемых вкладов. Полученные аналитические результаты важны для анализа ренормгруппового поведения изучаемой модели. В **Заключении** перечисляются основные результаты проведенных исследований, и констатируется, что работа была выполнена на кафедре теоретической физики Московского Государственного Университета имени М.В.Ломоносова.

В целом диссертация написана очень хорошим языком практически без грамматических ошибок. Приведены все необходимые формулы и сделаны качественные графические иллюстрации. Детали громоздких вычислений вынесены в Приложения. Используемая литература цитируется аккуратно и исчерпывающе. Показано хорошее знание современного состояния исследований в данной области, и на данном фоне ясно видна новизна и значимость полученных результатов.

По содержанию диссертации есть следующие **замечания**.

- 1) Автору не удалось избежать опечаток и орфографических ошибок. Например, не согласованы падежи в 1-ой строке на стр. 11; отсутствие необходимых знаков пунктуации в формулах (1.51) и (1.58).
- 2) Основным объектом исследования диссертации является соотношение Новикова-Шифмана-Вайнштейна-Захарова. К сожалению, в диссертации систематически используется для его обозначения англоязычное сокращение "NSVZ" (иногда и "nsvz"), которое при первом появлении по тексту не расшифровывается. В других случаях иногда также неоправданно используются англицизмы и их русскоязычные кальки, например, "Стандартная Модель" вместо "Стандартная модель".

3) Одним из ключевых моментов исследований, представленных в Главе 3 является выбор граничных условий. В диссертации показано как это делается, но толком не обсуждается физический смысл этих граничных условий. Определенно было бы полезно понять причину выделенности конкретного выбора и, в частности, доказать его единственность, если таковая имеется.

4) К сожалению, в диссертации практически не обсуждаются возможности использования разработанных методов и полученных результатов в несуперсимметричных моделях, включая КХД и стандартную модель.

В целом, диссертация представляет собой законченное научное исследование – научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для теоретической физики. Высокий научный уровень проведенных исследований впечатляет. Основные результаты диссертации докладывались на международных конференциях и своевременно опубликованы в ведущих международных научных журналах.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Указанные выше замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает всем требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.02 — «теоретическая физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертация оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Шахманов Викентий Юрьевич безусловно

заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
профессор РАН, начальник сектора №5 Научного  
отдела теории фундаментальных взаимодействий  
Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова  
Объединенного института ядерных исследований  
Арбузов Андрей Борисович

Контактные данные:

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация: 01.04.02 – теоретическая физика

Адрес места работы:

141980, Московская обл., Дубна,  
ул. Жолио-Кюри, д.6, ЛТФ ОИЯИ  
Тел.:

Подпись начальника сектора №5 Научного отдела теории фундаментальных взаимодействий Лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Объединенного института ядерных исследований А.Б. Арбузова удостоверяю:

Заместитель директора ЛТФ ОИЯИ

А.П. Исаев