

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Иевлева Евгения Альбертовича  
на тему: «Динамика неабелевых струн  
в суперсимметричных калибровочных теориях»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических  
наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика.

Важнейшей нерешённой задачей в физике сильных взаимодействий является проблема конфайнмента кварков и глюонов. Кандидатская диссертация Е.А. Иевлева посвящена одному из подходов к этой задаче. В своей работе автор рассматривает суперсимметричные расширения квантовой хромодинамики, а точнее – теории Янга-Миллса с неабелевой калибровочной группой и полями материи в фундаментальном представлении. Проводимое исследование является актуальным и новым.

В первой (вводной) главе диссертации кратко описываются неабелевы струны в теории с расширенной  $N=2$  суперсимметрией. Эти струны соединяют между собой монополи в данной теории, что приводит к конфайнменту монополей. В рассматриваемой модели оказывается возможным построить классические солитонные решения для таких струн и монополей в слабой связи. Затем, пользуясь суперсимметрией, можно перейти к режиму сильной связи, где квантовые флуктуации уже становятся очень важными. При этом можно показать, что картина конфинированных монополей остаётся справедливой.

Основную часть диссертации можно условно разделить на две части. Первая часть посвящена обобщению конструкции неабелевых струн и конфинированных монополей на теорию с меньшим числом суперсимметрий  $N=1$ . Такие теории уже гораздо более приближены к стандартной квантовой хромодинамике, поэтому такое исследование действительно представляет интерес с точки зрения выяснения истинной природы явления конфайнмента. Однако с уменьшением числа суперзарядов сложность задачи также резко возрастает. Подход, использовавшийся в диссертации, заключается в том, чтобы начать с теории с расширенной  $N=2$  суперсимметрией, где рассматриваемая задача уже решена, и ввести в неё мягкое нарушение суперсимметрии, реализуемое как массовый член для мультиплетов со скаляром в присоединённом представлении. При устремлении этой массы к бесконечности теория переходит в  $N=1$  КХД. В диссертации была подробно исследована эволюция неабелевых струн и невылетающих монополей при таком переходе. Было показано, что они действительно выживают в пределе  $N=1$  КХД, правда, лишь в том случае, когда массы кварков одинаковые. Данный вопрос был подробно исследован как с точки зрения четырёхмерной теории, так и с точки зрения теории на мировой поверхности неабелевой струны. Тот факт, что полученные в обоих случаях результаты согласуются, свидетельствует об их достоверности.

Во второй части диссертации автор возвращается к рассмотрению теории с  $N=2$  суперсимметрией. В диссертации рассматривается случай, когда константа связи четырёхмерной теории не перенормируется, и теория на мировой поверхности является суперконформной. Эта модель уже рассматривалась в литературе (при непосредственном участии научного руководителя диссертанта) с позиций теории струн. В частности, уже известен BPS спектр адронных состояний, который начинается с безмассового гипермультиплетов. В данной работе проводится анализ спектра этой модели с позиций теории поля. Было подтверждено существование безмассового состояния, соответствующего струнному гипермультиплету. Кроме того, был наглядно продемонстрирован механизм «вместо конфайнмента», когда заэкранированные кварки и калибровочные бозоны распадаются в сильной связи на конфинированные монополь-антимонопольные пары.

В целом, выбранный подход к теоретическому исследованию проблемы конфайнмента представляется обоснованным и имеющим перспективы, поскольку в известных теориях, допускающих аналитическое доказательство конфайнмента, это явление происходит, как правило, в результате конденсации монополей. Здесь можно упомянуть электродинамику с компактной калибровочной группой, модель Джорджи-Глэшоу и, конечно, модель Зайберга-Виттена, идеи которой вдохновили исследования, представленные в данной диссертации.

Отмечу ряд своих замечаний к диссертации.

1. В диссертации автор совершенно не касался вопроса о спонтанно нарушенной киральной симметрии (хотя сам он признаёт это в Заключении). Правда, справедливо будет отметить, что вопрос о связи этого явления и явления конфайнмента до сих пор остаётся открытым.
2. Серьёзным недочётом является то, что автор постоянно вводит и использует новые понятия, определяя и поясняя их лишь где-то далее по тексту. Либо не поясняя вовсе. Например, параграф 1.1 озаглавлен как «Четырёхмерная  $N=2$  СКХД», однако там эта теория не определена, соответствующий лагранжиан не выписан. Подобное наблюдается и в разных других местах, где вместо слов хотелось бы увидеть конкретные формулы, которые бы всё пояснили лучше всяких слов.
3. На мой взгляд, во вводной главе автор не продемонстрировал достаточного кругозора как в проблеме конфайнмента, так и монопольного подхода к объяснению этого явления. Поэтому остаётся неясным знает ли автор про идеи других подходов к объяснению конфайнмента кварков и глюонов и, соответственно, может ли достаточно глубоко видеть достоинства и недостатки своего подхода в сравнении с другими. Например, в диссертации не обсуждается тот момент, что появление монополей в теориях поля обычно связано с компактностью калибровочной группы, при этом существование фундаментальных скаляров в теории необязательно. Однако скаляры, пусть и в фундаментальном представлении, играют большую роль в представленном исследовании. В итоге возникает серьёзный вопрос о принципиальной возможности обобщить использованный подход на теории без скаляров.
4. В тексте частенько встречаются стилистические ошибки и опечатки.

Однако перечисленные замечания не отменяют научной значимости основных результатов, полученных в диссертации и опубликованных в высокорейтинговых международных научных журналах по физике.

Считаю, что диссертация Иевлева Евгения Альбертовича на тему: «Динамика неабелевых струн в суперсимметричных калибровочных теориях» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Иевлев Евгений Альбертович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – Теоретическая физика. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета  
доктор физико-математических наук

профессор кафедры физики высоких энергий  
и элементарных частиц Физического факультета  
Санкт-Петербургского государственного университета



С.С. Афонин

« 3 » \_\_марта\_\_ 2021 года