

**Отзыв научного руководителя**  
на диссертацию **Мостового Сергея Дмитриевича**  
**«Исследование фазовых явлений в решеточных моделях физики**  
**конденсированного состояния вещества и теории поля»,**  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 1.3.3. Теоретическая физика.

Диссертация Мостового Сергея Дмитриевича посвящена исследованию фазовых явлений в двух решеточных моделях – четырехмерной калибровочной  $U(1)$ -модели и двумерной расширенной модели Хаббарда на гексагональной решетке.

Наличие фазового перехода конфайнмент-деконфайнмент по возникновению магнитных монополей является одной из ключевых черт четырехмерной компактной электродинамики. Две фазы отличаются друг от друга асимптотическим поведением потенциала взаимодействия монополей, что соотносится с режимами сильной связи дефектов модели и асимптотической свободой.

В диссертации уточняется фазовая диаграмма модели в терминах обратной константы связи и химического потенциала магнитного тока. Подробно исследуется область существования монополей, в которой обнаружены фазы конденсации монополей и формирования их дальнего порядка. Для этой цели используется коррелятор магнитных токов, поведение которого проявляет аналогию с радиальной корреляционной функцией в физике конденсированного состояния. В работе сравниваются характеристики пространственных структур, формируемых магнитными токами в толще решетки, что позволяет выделить несколько подфаз внутри фазы конфайнмента: монополярный газ, монополярные конденсаты с дальним порядком и ближним порядком. С целью дальнейшего анализа пространственных структур Мостовым С.Д. предлагается построение геометрических объектов на основе магнитных токов – нитей и деревьев. В диссертации показывается, что гистограммы распределения полученных объектов проявляют устойчивую взаимосвязь с положением различных фаз. Более того, совместное рассмотрение распределений объектов по различным геометрическим свойствам дает представление о внутренней структуре фаз модели и имеет предсказательную силу при изменении ее параметров.

Во второй части диссертации описываются некоторые алгоритмы анализа временных рядов, генерируемых программами Монте-Карло с марковской цепью. Применение пост-обработки данных позволяет улучшить корреляционные свойства наблюдаемых и оценить погрешность метода и вычислений. Кроме того, рассматривается различие двух подходов, применяемых при моделировании фермионных систем методом Монте-Карло с

континуальным интегралом: псевдофермионные поля и точные фермионные силы. Последний подход открывает возможность внесения оптимизаций в код компьютерной программы, что также было реализовано Мостовым С.Д. в выполненной работе.

В тексте диссертационной работы дается подробный вывод решеточной аппроксимации расширенной модели Хаббарда на гексагональной решетке с помощью трех дополнительных линковых полей. Аргументируется, почему применение дополнительных полей дает преимущество по сравнению со стандартным подходом, использующим лишь узловые поля. Например, показано, что существенно ускоряется процесс достижения вспомогательными полями характерных для выбранных параметров модели значений, уменьшаются автокорреляционные времена рядов наблюдаемых, распределения значений наблюдаемых проявляют менее «тяжелые» полиномиальные хвосты, возникновение метастабильных состояний происходит реже в процессе запусков программ. Следует уточнить, что данная методика публикуется и исследуется впервые.

Другим новшеством работы является активное применение наблюдаемых размерности энергии для изучения коллективных тепловых свойств электронных возбуждений модели. Делается попытка вычисления теплоемкости электронной подсистемы в широком диапазоне температур.

В завершающем разделе диссертации исследуется фазовый переход полуметалл-диэлектрик в условиях нарушения подрешеточной симметрии при помощи задания отличающихся на подрешетках значений интенсивности взаимодействия электронов на одном узле решетки. Показано, что при увеличении величины разделения параметра граница фазового перехода смещается в сторону меньших значений параметра модели. Комментируются коллективные состояния, образуемые электронами в рамках данного изменения. Эффект может позволить добиться возникновения диэлектрического состояния в электронных возбуждениях графена в области, соответствующей физическим параметрам этого материала.

Полученные в диссертации результаты являются интересными и представляют теоретическую и практическую ценность. Результаты опубликованы в ведущих российских и зарубежных журналах, а также докладывались на российских конференциях. Исследования имеют также методологическую ценность в области моделирования систем в режиме сильной связи методами Монте-Карло.

По моему мнению, содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3. Теоретическая физика и критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Я рекомендую диссертацию Мостового Сергея Дмитриевича к защите по специальности 1.3.3. Теоретическая физика в диссертационном совете МГУ.011.2.

Кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник кафедры  
квантовой статистики и теории поля

О.В. Павловский

Подпись О.В. Павловского удостоверяю  
Ученый секретарь Ученого Совета физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
Профессор

В.А. Карavaев