

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук Богуша Игоря Андреевича**  
**на тему: «Ультракомпактные объекты в скалярно-тензорных**  
**теориях гравитации, мотивированных теорией струн»**  
**по специальности 1.3.3. – «теоретическая физика»**

В последнее время фундаментальные исследования гравитации достигли значительного прогресса благодаря лазерно-интерферометрическим гравитационно-волновым обсерваториям и радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой. Наблюдения, доступные этими двумя методами, позволяют проверить предсказания теории гравитации в режиме сильных гравитационных полей в окрестности черных дыр и других ультракомпактных объектов. С другой стороны, нельзя исключить, что гравитация Эйнштейна или модель Эйнштейна-Маквелла не является полной и может включать набор других физических полей. Многие инструменты и результаты были получены лишь для этих двух теорий, и обобщение инструментов и решений теории гравитации на более широкие модели является целью данной диссертации, определяя ее актуальность.

Диссертация Богуша И.А. состоит из введения, шести глав и заключения. Полный объем диссертации – 245 страниц, диссертация содержит 25 рисунков и 6 таблиц. Список литературы включает в себя 385 наименований.

Во **введении** описан круг вопросов, затрагиваемый диссертацией, охарактеризована актуальность, практическая значимость и новизна работы, а также изложено ее краткое содержание. В **заключении** представлены основные результаты диссертационной работы.

В **главе 1** введены модели, которые рассматриваются в диссертации. Представлена общая модель гравитации Эйнштейна с набором скалярных полей и векторных абелевых полей, множителями которых в действии являются произвольные функции скалярных полей. Рассмотрена каждая интересующая модель по отдельности, а именно: скалярно-тензорная теория гравитации с минимальной связью, модель Эйнштейна-Максвелла с полем дилатона (в частности, отдельно рассмотрена модель, получаемая размерной редукцией из пятимерной гравитации), модель Эйнштейна-Максвелла с полями аксиона и дилатона, модель многомерной гравитации Эйнштейна с полем дилатона и антисимметричной формы. Все эти модели, тем или иным образом возникают из теории струн и супергравитации, которые являются возможными кандидатами на более фундаментальную теорию гравитации.

В **главе 2** даны различные методы получения новых решений в теориях гравитации. В качестве основного инструмента описаны скрытые симметрии сигма-модели для стационарного сектора решений. Если пространство мишени (или пространство потенциалов) сигма-модели обладает изометриями, то преобразования изометрий можно использовать для генерации новых решений. Отдельно описана подгруппа преобразований Элерса-Харрисона. Для скалярно-тензорной теории с минимальной связью описаны преобразования Эриша-Гюрсеса, метод генерации высших скалярных мультиполей, а также обобщен метод преобразований Клемана, в котором поле Максвелла используется как вспомогательное.

В **главе 3** методы генерации решений из главы 2 находят практическое воплощение для генерации новых решений в моделях Эйнштейна-Максвелла с полем дилатона, скалярно-тензорной теории гравитации и для р-бран. Для всех новых решений произведен анализ. Дана полная классификация неврашающихся решений в модели с полем дилатона по признаку черная дыра/голая сингулярность/кротовая нора. Показано, что с помощью комплексных преобразований для одного из новых решений

скалярно-тензорной теории возможно получить кротовую нору с кольцевой сингулярностью, которая является вращающимся обобщением кротовой норы Гиббонса-Волкова.

В **главе 4** исследуется термодинамика черных дыр для наиболее общей модели, которая рассматривается в диссертации. Строится формула Смарра с помощью подхода Комара-Томиматсу, используя формализм распорок и сигма-модели. Показано, что формула Смарра не включает в себя скалярных вкладов, если правильно определить электрические заряды источников. Применение полученных результатов приведено на двух примерах для решений в модели с дилатоной и в модели с дилатоном и аксионом.

В **главе 5** рассматривается подкласс суперсимметричного ряда сгенерированных решений. Показано, что среди сгенерированных сингулярных  $p$ -бран не существует других суперсимметричных решений, кроме известного подкласса. Для «ложной» суперсимметрии в модели гравитации с полем дилатона предложен новый подход для получения ограничений на суперсимметричные решения. А именно, предлагается рассматривать условие вырожденности части уравнений на спинор Киллинга. Показано, что асимптотическое разложение ограничений приводит к связи на асимптотические заряды решения. Данная процедура может быть расширена на более широкий круг теорий с суперсимметрией.

В **главе 6** рассматриваются вопросы геодезического движения и скрытых симметрий пространства-времени. В контексте скалярно-тензорной теории рассматривается возможность «квантового устранения» голых сингулярностей на примере пробного скалярного поля. Строятся и анализируются оптические тени, возникающие в сгенерированных решениях скалярно-тензорной гравитации. Предлагается процедура генерации конформных тензоров Киллинга второго ранга с помощью слоений пространства-времени, в рамках которой выведены условия интегрирования

системы уравнений Киллинга для широкого подкласса тензоров. Показана связь тензоров Киллинга с тенями ультракомпактных объектов.

Достоверность полученных результатов и сделанных соискателем выводов не вызывает сомнений, так как в работе использованы современные и наиболее надежные для решения поставленных задач математические методы, а также их комбинации. Основные научные результаты диссертации были опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web Of Science, Scopus, RSCI, и в изданиях из перечня, рекомендованного Минобрнауки России, по специальности 1.3.3 – «теоретическая физика» в соответствии с требованиями Диссертационного совета МГУ.

Между тем, необходимо отметить и ряд недостатков диссертационной работы:

1. В главе 6 не описана численная процедура интегрирования изотропных геодезических, с помощью которой были получены релятивистские изображения и тени ультракомпактных объектов.
2. В главе 4 струны Мизнера и Дирака вносят парциальный вклад в термодинамические величины и формулу Смарра. В тексте диссертации не изложена в полной мере интерпретация струн Мизнера и Дирака, а именно считаются ли они сингулярностями, которые можно искоренить калибровочными (или координатными) преобразованиями, либо они полагаются отдельными физическими объектами (и если да, то какое поле является источником для них).
3. В главе 2 не продемонстрировано преимущество предлагаемого обобщения преобразований Клемана перед методом преобразований Эриша-Гюрсеса.
4. Текст диссертации можно назвать недостаточно структурированным. Например, не совсем очевидно, по какому признаку была разделена часть результатов глав 3 и 6.

5. В тексте диссертации наблюдаются опечатки, пунктуационные и грамматические ошибки.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования, и носят характер пожеланий для будущих исследований. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.3. – «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, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Богуш Игорь Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – «теоретическая физика».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, доцент,  
заведующий кафедрой теоретической физики в ФГАОУ ВО «МФТИ»,  
Ахмедов Эмиль Тофик оглы.

Контактные данные:

тел.: +7 (495) 408-75-90

e-mail: akhmedov.et@mipt.ru

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

Адрес места работы: 141701, Московская область, г. Долгопрудный,  
Институтский пер., 9.

Подпись сотрудника  
ФГАОУ ВО «МФТИ» Ахмедова Э. Т. удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого  
совета МФТИ, кандидат физико-математических  
наук, доцент, Евсеев Е. Г.