

ОТЗЫВ

официального оппонента Петрова Александра Николаевича

*на диссертационную работу **Вандеева Вячеслава Павловича** представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3. – «Теоретическая физика» (отрасль наук: «физико-математические») на тему «**Пертурбативный анализ телепараллельной теории относительности Хаяши – Ширафуджи**»*

Многочисленные варианты телепараллельной гравитации, которые, так или иначе, обобщают общую теории относительности (ОТО), чрезвычайно интенсивно развиваются как теоретиками, так и используются исследователями в области астрофизики и космологии. Эти разработки становятся все более востребованными, поскольку наблюдения становятся более точными, а обобщения ОТО могли бы объяснить возможные отклонения от ОТО. Например, для описания недавних наблюдений теней черных дыр в центре галактики М87 и Стрелец А* активно используются также варианты телепараллельных теорий. Диссертационная работа Вандеева В.П., соответствуя этому интенсивному развитию, посвящена изучению свойств одной из таких, теорий: телепараллельной гравитации Хаяши – Ширафуджи, или новой ОТО (NGR), а также построению в ее рамках некоторых важных для астрофизики и космологии решений и их исследованию.

Телепараллельные теории отличаются от ОТО в обычном метрическом представлении, где наличие гравитационного поля определяется ненулевой кривизной, тем, что при нулевой кривизне, ненулевыми являются либо кручение, либо неметричность, либо обе эти геометрические характеристики вместе. В рамках телепараллельного эквивалента ОТО (TEGR) динамическими переменными являются компоненты тетрады, а наличие гравитационного поля определяется только кручением. Сохраняя это описание, NGR является обобщением TEGR, тем самым она является обобщением ОТО. Формально обобщение состоит в том, что три известных слагаемые лагранжиана TEGR (которые могут быть переформатированы как тензорная, векторная и скалярная части) приобретают произвольные постоянные коэффициенты. Необходимо отметить, что NGR, оставаясь координатно ковариантной, не является инвариантной (ковариантной) относительно локальных лоренцевых вращений. С одной стороны – это является недостатком теории, с другой стороны, в теории имеют место дополнительные степени свободы, которые могли бы интерпретироваться как, например, темная материя. Наконец, отметим, что в настоящее время интерес к самой NGR возрос существенно. Все выше сказанное подтверждает актуальность темы диссертационного исследования.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения и списка литературы. Введение полностью соответствует требованиям, предъявленным к диссертациям. Первая глава является вводной, формулируются принципы построения телепараллельных теорий, описываются необходимые геометрические объекты и их свойства, определяется лагранжиан NGR и выводятся соответствующие полевые уравнения. Эти необходимые для работы данные изложены максимально удачно. Есть лишь необходимая для работы информация, при этом сохранена логика и ясность в построениях.

Вторая глава посвящена поиску сферически симметричных статических решений вакуумных уравнений NGR. Для диагонального метрического элемента общего вида была использована тетрада, для которой ненулевыми оказываются только диагональные компоненты уравнений. Эта система уравнений проинтегрирована в элементарных функциях при произвольном наборе постоянных связи в лагранжиане NGR, решения допускают ньютонов предел. Этот результат, будучи совершенно оригинальным, является первым положением, вынесенным на защиту.

В третьей главе рассматриваются линейные вакуумные уравнения NGR на плоском фоне. Изучаются их решения для возмущений компонент тетрады, которые представлены как набор скаляров и псевдоскаляра, пространственных бездивергентных векторов и псевдовектора и пространственного бездивергентного и бесследового тензора. Уравнения NGR рассматриваются по отдельности для скалярного, векторного и тензорного секторов. Решения (возмущения) систематизированы в рамках 9-ти различных моделей NGR, которые определяются различными соотношениями параметров теории, и представлены динамическими, связанными и калибровочными (нефизическими) переменными. Особое внимание уделяется гравитационным волнам. Эти оригинальные результаты очень удачно иллюстрируются таблицей 3.1 и объяснениями к ней, и представляют второе положение, вынесенное на защиту.

В четвертой главе рассматриваются линейные уравнения NGR на пространственно плоском FLRW (Friedmann-Lemaitre-Robinson-Walker) фоне, представленном метрикой с конформным временем и с идеальной жидкостью в качестве наполнителя. Также, как для плоского фона, изучаются их решения для возмущений компонент тетрады в каждом из секторов а) скаляров и псевдоскаляра, б) пространственных бездивергентных векторов и псевдовектора и в) пространственного тензора. Затем они систематизированы в рамках 9-ти моделей, представленных таблицей 4.1 – основным результатом. Сравнивая случаи плоского фона и FLRW фона, были выявлены модели NGR с

так называемыми «сильными связями», отсутствие которых допускает постановку корректную постановку задачи Коши. Оригинальные результаты четвертой главы представлены в третьем и четвертом положениях, вынесенных на защиту.

В заключении подведены итоги. Выявлены модели NGR, которые могли бы стать разумным и перспективным обобщением ОТО, что отражено в таблице 4.2.

После изучения диссертации и работ по теме диссертации (опубликованных в высоко рейтинговых научных журналах) можно утверждать об их полном соответствии. Также отмечается полное соответствие автореферата и диссертации. Новизна исследования и полученных результатов; степень обоснованности и достоверности каждого научного положения, а также заключений соискателя, сформулированных в диссертации, являются несомненными. Значимость выводов диссертанта следует из вышеизложенного, также она определяется тем, что часть результатов имеет перспективы для дальнейшего развития, например, поиск аксиально симметричных стационарных решений на основе техники, разработанной при построении сферически симметричных статических решений; а также анализ найденных возмущений на FLRW фоне в сравнении с классической теорией космологических возмущений Лифшица в ОТО с приложением калибровок типа синхронной и ньютоновой.

Из замечаний необходимо упомянуть следующее. 1) Хотя в целом работа написана на хорошем русском языке, есть некоторые проблемы с совпадением падежей у определений и существительных, с совпадением числительных; есть некоторое количество (незначительное) грамматических ошибок и опечаток. 2) Стилистический недостаток при представлении результатов внутри текста иногда состоит в том, что они звучат в предположительном ключе, хотя должны быть строго утвердительными. 3) Иногда есть избыточные объяснения, например, первые две строки на странице 33. 4) В главах 3 и 4 а) невнятно введены определения, которые бы отметили разницу между скалярами и псевдоскалярами, векторами и псевдовекторами; б) нет определения штриха как производной по временной координате; с) не введены определения лоренцева сектора и лоренцевых переменных. 5) В главе 4 не определен масштабный фактор и постоянная Хаббла. Однако, все замечания никак не сказываются на достижениях диссертационной работы, отмеченных выше, и не должны повлиять на ее оценку.

Считаю, что диссертационная работа Вандеева В. П. «Пертурбативный анализ телепараллельной теории относительности Хаяши – Ширафуджи»,

удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика» (физико-математические науки).

Официальный оппонент: Петров Александр Николаевич,
Доктор физико-математических наук по специальностям
01.03.02 – «Астрофизика и Радиоастрономия»
и 01.04.02 – «Теоретическая физика»,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный университет им. М. В.
Ломоносова», Государственный астрономический институт им. П. К.
Штернберга, отдел релятивистской астрофизики, ведущий научный сотрудник.

Контактная информация:

Адрес: 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1.

Тел. +7 (495) 939-50-06,

Электронная почта: alex.petrov55@gmail.com

Дата: 7 июля 2025 года _____ /А. Н. Петров

Подпись Петрова Александра Николаевича заверяю

И.О. Нач. отдела канцелярии ГАИШ МГУ _____ /О. В. Соболева

Список основных публикаций оппонента по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Emtsova E.D., **Petrov A.N.**, Toporensky A.V. Mass and angular momentum for the Kerr black hole in TEGR and STEGR. // *European Physical Journal C*, 2025, v. 85, №1, 23.
2. Emtsova E.D., **Petrov A.N.**, Toporensky A.V. The equivalence principle for a plane gravitational wave in torsion-based and non-metricity-based teleparallel equivalents of general relativity. // *European Physical Journal C*, 2024, v. 84, №3, 215.
3. Емцова Е.В., **Петров А.Н.** О сохраняющихся величинах для движущейся чёрной дыры в телепараллельном эквиваленте ОТО. // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*, 2023, № 3-4, 77-88.
4. Emtsova E.D., **Petrov A.N.**, Toporensky A.V. Conserved quantities in STEGR and applications. // *European Physical Journal C*, 2023, v. 83, №5, 366.
5. Emtsova E.D., **Petrov A.N.** On gauges for a moving black hole in TEGR. // *General Relativity and Gravitation*, 2022, v. 54, 114.
6. Емцова Е.В., **Петров А.Н.** Движущаяся черная дыра в TEGR как движущийся материальный шар. // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*, 2022, № 2, 18-25.
7. Emtsova E.D., Krssak M., **Petrov A.N.**, Toporensky A.V. On the Schwarzschild solution in TEGR. // *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, v. 2081, 012017.
8. Emtsova E.D., Krssak M., **Petrov A.N.**, Toporensky A.V. On conserved quantities for the Schwarzschild black hole in teleparallel gravity. // *European Physical Journal C*, 2021, v. 81, № 8, 743.
9. Emtsova E.D., **Petrov A.N.**, Toporensky A.V. On the Schwarzschild solution in TEGR. // *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, v. 1557, 012017.
10. Emtsova E.D., **Petrov A.N.**, Toporensky A.V. Conserved currents and superpotentials in teleparallel equivalent of GR. // *Classical and Quantum Gravity*, 2020, v. 38, № 15, 155017.