

ОТЗЫВ

официального оппонента Курова Александра Валерьевича
на диссертацию Штенниковой Арины Михайловны «Динамика
космологических возмущений в теории Хорндески», представленную на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика».

Диссертационная работа А.М. Штенниковой «Динамика космологических возмущений в теории Хорндески» посвящена исследованию несингулярных космологических сценариев, таких как модель генезиса и Вселенная с отскоком, над изотропным и анизотропным фонами и анализу их устойчивости. Также в работе строится скалярно-векторно-тензорная теория со старшими производными с помощью редукции Калуцы-Клейна пятимерной теории. Помимо этого, в диссертационной работе уделяется внимание обходу теоремы, запрещающей существование несингулярных космологических решений, устойчивых на протяжении всей эволюции Вселенной.

Актуальность. Хорошо известно, что теория инфляции, согласно которой был период сверхбыстрого, почти экспоненциального расширения Вселенной, решает проблему однородности и изотропности Вселенной, а также объясняет почти нулевую кривизну пространства-времени. Тем не менее, представляет интерес поиска альтернативных решений вышеупомянутых проблем. Альтернативные подходы – это космологическое решение с отскоком и сценарий генезиса. Для реализации обоих этих сценариев требуется нарушение изотропного условия энергодоминантности. Теории, в которых это условие может нарушаться, обычно неустойчивы из-за наличия духов, либо из-за наличия градиентной неустойчивости. Однако, в теории обобщённых галилеонов такое нарушение возможно благодаря наличию высших производных в действии, которое тем не менее не приводит к каким-либо неустойчивостям. Также благодаря нарушению изотропного условия энергодоминантности в сценариях отскока и генезиса отсутствует сингулярность в начальный момент времени, которая является общим свойством расширяющихся космологических решений в рамках общей теории относительности.

Структура диссертации. Диссертация состоит из Введения, трех глав

основного текста, Заключения, списка литературы из 123 наименований и пяти приложений. Во Введении обосновывается актуальность темы диссертационного исследования, формулируются его цели и задачи. Там же приведены основные положения, выносимые на защиту, журнальные статьи, содержащие результаты диссертации, информация о новизне и значимости исследования, об апробации работы.

В первой главе получено квадратичное действие для возмущений над плоским космологическим фоном в общей теории Хорндески. Возмущение четырёхмерной метрики раскладывается на компоненты с помощью АДМ-разложения. Обсуждается условие отсутствия духовых и градиентных неустойчивостей на выбранном фоне и приводится теорема, запрещающая выполнение этого условия на всей временной оси. Далее, в скалярном секторе квадратичное действие было переписано через калибровочно-инвариантные переменные. В этих переменных обсуждается новый способ обхода запрещающей теоремы. В конце главы, построены лагранжианы, которые допускают построение несингулярных космологических сценариев типа генезиса и отскока.

Вторая глава посвящена исследованию устойчивости несингулярных космологических сценариев над однородным анизотропным фоном типа Бьянки I. Для этого было построено квадратичное действие для возмущений метрики над данных фоном в калибровочно-инвариантных переменных для общей теории Хорндески, в лагранжиане которой отсутствуют кубы третьих производных скалярного поля. Было показано, что для космологического решения с отскоком существуют моменты времени, в которых появляются духовые и градиентные неустойчивости.

В Третьей главе изучаются четырёхмерные скалярно-векторно-тензорные теории с высшими производными, уравнения движения которых содержат производные не старше второй. Действие теории строится с помощью редукции Калуцы-Клейна теории обобщённых галилеонов в пяти пространственно-временных измерениях. Из анализа квадратичных возмущений скалярно-векторно-тензорной теории над плоским космологическим фоном было показано, что отказ от постоянства скорости света позволяет сделать в точности равными скорости гравитона и фотона. После этого приводится краткий обзор Вайнштейновского экранирования

дополнительной скалярной моды в масштабах Солнечной системы. Далее, было получено квадратичное действие в скалярном секторе и записаны полные условия отсутствия градиентных и духовых неустойчивостей в теории. Также была сформулирована теорема, запрещающая существование устойчивых космологических решений в скалярно-векторно-тензорных теориях на протяжении всей эволюции.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы. Приложения содержат детали проведенных вычислений.

Стоит отметить техническую сложность проведенных в диссертации вычислений.

Результаты диссертации опубликованы в 4 статьях в рецензируемых журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus. Они были доложены на научных семинарах и на международных конференциях.

Полученные результаты могут быть **использованы** в исследованиях, проводимых в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерных исследований Российской академии наук, федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физическом институте имени П.Н. Лебедева Российской академии наук, а также в других научных учреждениях, где ведутся исследования различных моделей гравитации.

Вместе с тем имеется ряд **замечаний** к данной работе.

1. Что можно сказать про устойчивость несингулярных космологических решений над однородным анизотропным фоном в общей и расширенной теориях Хорндески?
2. Возможен ли обход теоремы, запрещающей существование устойчивых несингулярных космологических решений в скалярно-векторно-тензорных теориях на протяжении всей эволюции?
3. Представляет интерес возможно ли построить скалярно-векторно-тензорную теорию, в которой группа калибровочных симметрий векторного поля будет неабелевой. Что нужно сделать для такого построения?

Приведенные выше замечания ни в коей мере не умаляют значимости диссертационного исследования, они имеют вид уточнений и пожеланий на будущее. Диссертация выполнена на высоком научном уровне, отвечает требованиям к диссертационным работам, установленным ВАК. Обоснованность и достоверность результатов не вызывают сомнений. Список цитированной литературы соответствует

теме исследования. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.3 — «теоретическая физика». Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Таким образом, диссертация «Динамика космологических возмущений в теории Хорндески» удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Штенникова Арина Михайловна бесспорно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — «теоретическая физика».

Дата: 07.08.2025 г.

научный сотрудник лаборатории теории
фундаментальных взаимодействий Федерального
государственного бюджетного учреждения науки
Физический институт имени П.Н. Лебедева
Российской академии наук
кандидат физико-математических наук
(1.3.3 — «теоретическая физика»)

_____ Куров Александр Валерьевич
kurov@td.lpi.ru, +7(499)132-60-49
119991, Москва, Ленинский проспект, д. 53

Подпись Курова А.В. удостоверяю:

Заместитель директора ФИАН,

к.ф.-м.н.

О.В. Иванов

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

1. Barvinsky A. O., Kurov A. V., Sibiryakov S. M. Renormalization group flow of

- projectable Hořava gravity in $(3+1)$ dimensions //Physical Review D. – 2025. – T. 111. – №. 2. – C. 024030.
2. Barvinsky A. O., Kurov A. V., Wachowski W. Commutator technique for the heat kernel of minimal higher derivative operators //Physical Review D. – 2024. – T. 110. – №. 8. – C. 085023.
3. Becker M., Kurov A., Saueressig F. Remarks on the origin of almost-Gaussian scaling in asymptotically safe quantum gravity //Physical Review D. – 2024. – T. 110. – №. 12. – C. 126003.
4. Barvinsky A. O., Kurov A. V., Sibiryakov S. M. Asymptotic freedom in $(3+1)$ -dimensional projectable Hořava gravity: Connecting the ultraviolet and infrared domains //Physical Review D. – 2023. – T. 108. – №. 12. – C. L121503.
5. Barvinsky A. O., Kurov A. V., Sibiryakov S. M. Beta functions of $(3+1)$ -dimensional projectable Hořava gravity //Physical Review D. – 2022. – T. 105. – №. 4. – C. 044009.
6. Kurov A., Saueressig F. On characterizing the quantum geometry underlying asymptotic safety //Frontiers in Physics. – 2020. – T. 8. – C. 187.
7. Houthoff W., Kurov A., Saueressig F. On the scaling of composite operators in asymptotic safety //Journal of High Energy Physics. – 2020. – T. 2020. – №. 4. – C. 1-29.