

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Юдина Ивана Сергеевича**  
«Длиннобазовые оптические интерферометры как детекторы  
слабых гравитационных возмущений»  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности **01.04.21 Лазерная физика**

Поиск и обнаружение гравитационных волн является одной из самых масштабных экспериментальных современных астрофизических задач. Наблюдения гравитационных волн дадут возможность изучить подробности возникновения черных дыр, найти реликтовые гравитационные волны и др., что, несомненно, откроет новую веху в исследовании космоса. Реализация отечественного гравитационно-волнового проекта ОГРАН, целью которого являлось создание оригинальной опто-акустической гравитационной антенны с глубоким подземным размещением в Баксанской Нейтринной Обсерватории, будет свидетельствовать о значительном достижении отечественной науки.

Представленная к защите диссертация Юдина И.С. является одним из итоговых результатов многолетних совместных работ ученых МГУ и РАН по созданию детекторов слабых гравитационных возмущений. Диссертант участвовал в качестве одного из основных научных исполнителей проекта, концентрируясь на задаче достижения проектной чувствительности установки. Тема диссертационной работы, безусловно, является актуальной.

Первая глава диссертации является обзорной. Во второй (результативной) главе исследуются сигнальные и шумовые характеристики установки ОГРАН. Автор провел детальный анализ факторов, ограничивающих чувствительность антенны, разработал и реализовал ряд технических приемов, понижающих шумовой фон в полосе приема антенны. Исследована природа избыточного шума за счет паразитной амплитудной модуляции в технике стабилизации частоты Паунда-Драйвера. Предложен и внедрен в установку механизм подавления амплитудной модуляции с помощью автоматической юстировки лазерного пучка на вход оптоволокна, выступающего в качестве фильтра мод. В заключении этой главы приведена спектральная плотность шума установки ОГРАН, снятая в тестовом режиме и демонстрирующая достижение проектного уровня чувствительности антенны,  $10^{-19}$  по метрическим вариациям при полосе приема порядка единиц герц. Расширение полосы автор ожидает при использовании Фабри-Перо (ФП) зеркал с резкостью увеличенной на порядок ( $10^4-10^5$ ), что, по-видимому, вполне реалистично. В третьей главе автор переходит к другой задаче, связанной с исследованием особенностей функционирования оптических гравитационно-волновых интерферометров – многозеркальных систем, имеющих в составе длинно-базовые ФП резонаторы. Рабочий частотный диапазон этих установок как приемников гравитационного излучения лежит в области (0.1-1.5) кГц, однако, экспериментально было зарегистрировано наличие квазистатических приливных деформаций в выходном сигнале интерферометра ЛИГО. Диссертантом проводится теоретическое рассмотрение механизма проникновения геофизических сигналов на основной астрофизический выход интерферометрических детекторов. В этой главе автор, используя метод комплексных огибающих, показывает, что механизм проникновения геофизических возмущений связан с параметрической модуляцией



передаточной функции оптической системы. Основная задача диссертанта заключалась в расчете индекса модуляции выходных шумов в двух режимах: в режиме слежения за гармониками межмодовой частоты плечевых интерферометров, и в режиме наблюдения за гармониками в рабочем (астрофизическом) диапазоне частот. Анализируя полученные результаты, автор предложил модернизацию детекторов путем введения дополнительной накачки для увеличения отклика на геофизическую составляющую сигнала.

Насколько можно судить по автореферату главными результатами диссертации являются:

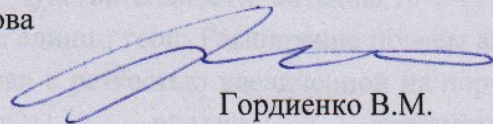
а) Создание опто-акустической антенны ОГРАН, измерителя вариаций гравитационного градиента, в которой оптические шумы регистрации оказываются на два порядка меньше тепловых шумов акустического детектора. При этом абсолютная величина измеряемой амплитуды колебаний детектора оценивается как  $5 \cdot 10^{-16}$  см за время  $\sim 1$  сек, что является рекордом для отечественной измерительной техники и сравнимо с результатами LIGO и VIRGO;

б) Вскрыт механизм появления медленных гравитационных возмущений в выходном сигнале интерферометров на свободных массах-зеркала как параметрическое преобразование электромагнитных волн в связанных оптических резонаторах. Предложен и просчитан метод усиления этого эффекта за счет применения двухкомпонентной оптической накачки, что позволяет использовать гравитационно-волновые интерферометры для параллельной регистрации геофизических сигналов.

Имеется одно общее очевидное замечание: есть упоминание о космических лучах, но никаких оценок их влияния не приводится и, фактически, отсутствует аргументация важности подземного размещения детектора ОГРАН.

Это, конечно, не влияют радикально на общую положительную оценку работы и не ставят под сомнение выводы диссертации. Основные результаты опубликованы в открытой печати в отечественных и зарубежных журналах, внесенных в список ВАК. Эти работы хорошо известны научной общественности. Диссертационная работа Юдина И.С. удовлетворяет требованиям п.9 Приложения (№842 от 24.09.2013), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 лазерная физика.

Зав. лабораторией нелинейной оптики имени Р.В.Хохлова  
физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова  
доктор физико-математических наук,  
профессор



Гордиенко В.М.  
«9» января 2016 г.

Россия, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, д.1, стр. 2  
телефон: (495)-939-47-19  
e-mail: gord@phys.msu.ru  
Подпись удостоверяю

