

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПФ РАН,  
академик РАН Г.Г. Денисов



10 июля 2024 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

по диссертации Котова Александра Владимировича «Развитие методов управления параметрами лазерного излучения при фокусировке сверхмощных импульсов и диагностике лазерно-плазменного взаимодействия» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.19 Лазерная физика.

Работа выполнена в отделе нелинейной и лазерной оптики (370) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный руководитель – Соловьев Александр Андреевич, заведующий лабораторией ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук.

В 2020 г. соискатель учёной степени окончил магистратуру в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" по направлению подготовки 03.04.03. Радиофизика.

Сроки обучения в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»: с 1 сентября 2020 года по 31 августа 2024 года.

Свидетельство об окончании аспирантуры № 105200 00000018 от 10 июля 2024 года.

В период подготовки диссертации соискатель Котов Александр Владимирович работал младшим научным сотрудником в отделе нелинейной и лазерной оптики (370) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

### **Личное участие аспиранта в получении результатов, изложенных в диссертации**

Все приведенные в диссертации результаты получены либо лично аспирантом, либо при его непосредственном участии. В частности, аспирантом выполнены все присутствующие в работе эксперименты и проведены численные расчёты.

## **Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования**

1. Разработан метод динамического переопределения эталонного волнового фронта, позволяющий эффективно производить калибровку адаптивной оптической системы в условиях наличия динамических искажений волнового фронта. При помощи данного метода получена калибровка, соответствующая числу Штреля 0.85.

2. Разработан метод определения волнового фронта по снимкам сфокусированного и дефокусированного пучка на основе сверточной нейросети. В численных экспериментах данный метод показал эффективность порядка 0.8, а в реальном эксперименте – 0.65.

3. Исследована возможность коррекции волнового фронта мощного лазерного импульса посредством настроечных режимов работы лазера. Показано, что из-за разного распределения энергии в ближней зоне в настроечном и разовом режимах, коррекцию необходимо проводить непосредственно по разовому режиму работы лазера. При помощи адаптивной оптической системы в результате коррекции волнового фронта мощных лазерных импульсов число Штреля увеличено с 0.3 до 0.72.

4. Показана возможность компенсации нелинейных фазовых искажений при помощи стандартных адаптивных оптических систем на основе деформируемых зеркал при помощи измерений эффективного волнового фронта или волнового фронта, измеренного в узкой полосе около центральной длины волны. Использование адаптивной оптической системы для компенсации нелинейных искажений после посткомпрессии позволила достичь числа Штреля по интенсивности 0.52.

5. Разработаны оригинальные методы юстировки и наведения лазерного излучения на мишень при помощи адаптивной оптической системы, позволяющие упростить схемы экспериментов, ускорить и увеличить точность процесса позиционирования мишени. Продемонстрирована возможность создания распределения интенсивности на мишени в виде полосы с большим аспектным соотношением.

6. Предложен метод создания ультракоротких зондирующих импульсов при помощи метода компрессии после компрессора. Численно показана возможность сжатия лазерных импульсов лазерного комплекса J-KAREN-P с 47 до 11.8 фс с использованием коммерческих чирпированных зеркал, что обеспечивает четырехкратное уменьшение эффекта размытия движения при зондировании.

## **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Все представленные результаты диссертационного исследования являются достоверными и обоснованными. В работе применялись надежные и апробированные методы и подходы. Разработанные алгоритмы и программы для численного моделирования тщательно тестировались на известных моделях. Полученные экспериментальные и численные результаты хорошо согласуются между собой. Положения и основные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых российских и зарубежных научных журналах и подвергались оценке независимых международных экспертов. Результаты докладывались на всероссийских и международных конференциях, школах и обсуждались на научных семинарах.

## **Практическая и теоретическая значимость результатов исследования**

Разработаны методы, позволяющие осуществлять калибровки адаптивной оптической системы в условиях наличия динамических и разностных искажений. Разработанные методы позволяют повысить пиковую интенсивность на лазерных установках как в линейном режиме работы, так и при использовании метода компрессии после компрессора. Также на основе способности адаптивной оптической системы управлять дефокусировкой в широких пределах разработаны методы совмещения мишени с фокусом лазерного пучка. Показана возможность при помощи адаптивной оптической системы создавать распределение интенсивности на мишени в виде полосы посредством управления волновым фронтом пучка, что в отличие от метода, основанного на использовании маски, позволяет быстро и точно изменять ориентацию и размер полосы, а также переключать между другими распределениями интенсивности на мишени. Предложен метод создания ультракоротких зондирующих импульсов при помощи метода компрессии после компрессора.

### **Список работ, опубликованных в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук**

1. Котов А. В. и др. Адаптивная система коррекции оптических аберраций излучения мощных лазеров с динамическим определением эталонной формы волнового фронта //Квантовая электроника. – 2021. – Т. 51. – №. 7. – С. 593-596.
2. Соловьев А. А. и др. Адаптивная система коррекции волнового фронта лазерного комплекса PEARL //Квантовая электроника. – 2020. – Т. 50. – №. 12. – С. 1115-1122.
3. Soloviev A. et al. Improving focusability of post-compressed PW laser pulses using a deformable mirror //Optics Express. – 2022. – Т. 30. – №. 22. – С. 40584-40591.
4. Kotov A. V. et al. Enhanced diagnostics of radiating relativistic singularities and BISER by nonlinear post-compression of optical probe pulse //Journal of Instrumentation. – 2022. – Т. 17. – №. 07. – С. P07035.
5. Соловьев А. А. и др. Исследования в области физики плазмы и ускорения частиц на петаваттном лазере PEARL //Успехи физических наук. – 2024. – Т. 194. – №. 3. – С. 313-335.

Результаты, представленные в диссертационной работе, изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени. Формулировки результатов изложены в соответствии с личным вкладом автора в каждую из опубликованных статей. Ссылки на источники заимствования материалов оформлены корректно.

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 1.3.19 Лазерная физика.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

Диссертация «Развитие методов управления параметрами лазерного излучения при фокусировке сверхмощных импульсов и диагностике лазерно-плазменного взаимодействия» Котова Александра Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.3.19 Лазерная физика.

Настоящее заключение составлено на основании решения Ученого совета отделения нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН по проведению итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности: 1.3.19 Лазерная физика.

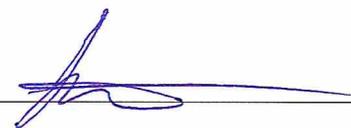
Присутствовало на заседании 15 чел.

Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.  
протокол № 10 от « 25 » июня 2024 г.



---

Стародубцев Михаил Викторович,  
доктор физико-математических наук,  
Председатель Ученого совета отделения  
нелинейной динамики и оптики



---

Шилягин Павел Андреевич,  
кандидат физико-математических наук,  
Учёный секретарь отделения нелинейной динамики  
и оптики, зам. зав. отделом 340