

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на диссертационную работу

Котова Александра Владимировича
(Ф.И.О.)

Научная специальность 1.3.19 Лазерная физика

Тема диссертации Управление параметрами фемтосекундного лазерного излучения при
фокусировке на мишень и диагностике лазерно-плазменного взаимодействия

Диссертационная работа посвящена исследованию и разработке методов калибровки адаптивной оптической системы (АОС), оптимизации фокусировки сверхмощных импульсов в штатном режиме работы лазерной установки PEARL и в режиме работы с использованием технологии посткомпрессии фемтосекундных импульсов, а также разработке методов настройки лазерно-плазменного взаимодействия и его диагностики. Работа носит комплексный характер, охватывая как численное моделирование в задаче предсказания волнового фронта и создания ультракороткого зондирующего импульса, так и практическую реализацию методов коррекции и диагностики в реальных экспериментах на лазерном комплексе PEARL.

Особое внимание в диссертации уделено вопросам повышения эффективности фокусировки сверхмощных импульсов, включая режимы, сопровождающиеся нелинейными эффектами, возникающими при посткомпрессии импульса (CafCA – Compression after Compressor Approach). В ходе работы была модифицирована адаптивная оптическая система на основе волнового датчика Шака–Гартмана и биморфного деформируемого зеркала. Рассмотрены и исследованы все ключевые этапы применения АОС: от нахождения эталонного волнового фронта в условиях динамических искажений до коррекции фронта в мощных импульсах и компенсации нелинейных фазовых искажений, возникающих при CafCA.

В частности, был разработан метод калибровки адаптивной оптической системы на основе совместного анализа фокального пятна и волнового фронта пучка, что позволяет повысить качество фокусировки за счет корректного учета динамических искажений волнового фронта в процессе калибровки. Предложена архитектура сверточной нейронной сети для восстановления волнового фронта на основе распределения флюенса в двух плоскостях в окрестности фокуса. Показано, что в сверхмощных лазерных системах с низкой частотой повторений, где различия между пучками в настроенном и разовом режимах больше, чем различия между пучками в разовом режиме, финальная коррекция волнового фронта должна производиться непосредственно в мощном пучке. Экспериментально продемонстрирована возможность коррекции нелинейных фазовых искажений по измерениям волнового фронта как в широком, так и в узком спектральном диапазоне.

Практическая часть работы охватывает также задачи юстировки и позиционирования мишени. Предложен и реализован метод совмещения мишени с областью фокусировки,

основанный на контроле ближнего поля и управляемой дефокусировке пучка средствами АОС. Показано, что данный подход обеспечивает субрелеевскую точность наведения. Также продемонстрирована возможность формирования нестандартного распределения интенсивности (например, вытянутой полосы) в фокусе за счёт управления формой волнового фронта.

Для задач оптической диагностики лазерно-плазменного взаимодействия методом накачка-зондирование предложен и численно исследован метод формирования ультракоротких зондирующих импульсов методом CafCA. Численные расчёты показали возможность сжатия импульса с 47 до 11.8 фс в схеме с несколькими отражениями от коммерческих чирпирующих зеркал. Анализ влияния возникающих при этом пред- и постимпульсов показал, что они снижают разрешающей способности диагностики не существенно.

Работа отличается высокой степенью завершённости: все ключевые результаты подтверждены как численно, так и экспериментально. Отдельно стоит подчеркнуть, что полученные методы применяются в текущих экспериментах на установке PEARL и потенциально могут быть внедрены в аналогичные системы сверхмощных лазеров.

За время учебы в аспирантуре, Котов А.В. проявил себя как высококвалифицированный и инициативный специалист, способный эффективно решать поставленные экспериментальные и теоретические задачи, что позволило получить результаты высокого уровня. Аспирант показал отличные умения работать с литературой и хорошие навыки публичных выступлений.

К положительным качествам работы можно отнести высокую прикладную составляющую исследований, поскольку АОС задействована фактически во всех лазерно-плазменных исследованиях на комплексе PEARL и от эффективности ее работы зависит качество большого числа настоящих и будущих экспериментальных исследований. К отрицательным сторонам работы относятся наличие жаргонизмов, грамматических и стилистических ошибок в тексте работы, присутствующая в некоторых частях "нелинейность" изложения материала, из-за которой иногда сложно понять некоторые логические шаги, иногда совершенно нетривиальные. Вместе с тем, по моему мнению, именно нестандартность мышления Котова стала залогом многих блестящих результатов. Исследования, вошедшие в диссертацию, отмечены в качестве лучших результатов года в ИПФ РАН и на конкурсе молодых ученых. Вне всякого сомнения, Котов демонстрирует потенциал необходимый для получения в будущем научных результатов высочайшего уровня.

Считаю, что представленная А.В. Котовым диссертационная работа «Управление параметрами фемтосекундного лазерного излучения при фокусировке на мишень и диагностике лазерно-плазменного взаимодействия» полностью соответствует специальности 1.3.19 – лазерная физика, а ее автор несомненно заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Согласен на обработку моих персональных данных, связанных с защитой данной диссертации.

Научный руководитель:

зам. зав. отделом 370 по научной
работе, к.ф.-м.н.


(подпись)

Соловьев А.А.
(расшифровка подписи)
« 9 » июня 2025 г.

Телефон 89103827551, адрес электронной почты 7oloviev@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, БОКС-120, ул. Ульянова, 46.

«Подпись Соловьева А.А. заверяю»

Ученый секретарь ИПФ РАН



И.В. Корюкин
(расшифровка подписи)