

ОТЗЫВ

официального оппонента Старикова Федора Алексеевича
на диссертацию Соловьева Александра Андреевича
«Развитие методов диагностики и исследование лазерно-плазменного взаимодействия
на параметрическом петаваттном лазерном комплексе»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 1.3.19 – лазерная физика.

Диссертационная работа Соловьева А.А. по теме "Развитие методов диагностики и исследование лазерно-плазменного взаимодействия на параметрическом петаваттном лазерном комплексе" посвящена формированию и исследованию взаимодействия сверхмощного лазерного излучения с плазмой в различных режимах и геометриях, в частности, при наложении внешнего магнитного поля. Решаются, на первый взгляд, разнородные задачи: исследование динамики наносекундной лазерной плазмы и яркая вторичная генерация из плазмы при воздействии мощного фемтосекундного излучения. Обе задачи заметно различаются во многих аспектах: по экспериментальной постановке, по используемым диагностическим методам и подходам, по методам сопутствующего численного моделирования, по интерпретации экспериментальных данных и данных моделирования.

Объединяющим звеном диссертации является лазерная установка PEARL, на которой проведена большая часть исследований диссертационной работы. Комплекс PEARL в ИПФ РАН (г. Нижний Новгород) является хорошо известной мировой научной общественности экспериментальной платформой для проведения широкого спектра исследований по лазерной физике, нелинейной оптике, лазерно-плазменному ускорению частиц и лабораторной астрофизике. Главы 1 и 2 диссертации посвящены непосредственно лазеру, Глава 3 – методам диагностики плазмы, а Главы 4 и 5 - применениям лазерного излучения в лазерно-плазменных приложениях.

Глава 1 работы посвящена применяемым на лазере PEARL подходам и технологиям, выходным параметрам наносекундного и фемтосекундного пучков, вопросам их синхронизации и управлению параметрами. PEARL является оригинальной разработкой ИПФ РАН. На PEARL впервые среди лазерных систем петаваттного уровня мощности была применена техника параметрического усиления чирпированных импульсов. Техника оказалась весьма удачной – многие современные проекты сверхмощных лазерных систем используют именно ее. Решенные на этапе

разработки лазерной системы вопросы синхронизации сигнального излучения и импульса параметрической накачки во многом определили экспериментальные возможности комплекса. В частности, стали возможными исследования динамики наносекундной лазерной плазмы с экстремально высоким временным разрешением, поскольку задержка между фемтосекундным зондирующим импульсом и наносекундным драйвером строго фиксирована. Глубокое понимание устройства лазерной системы, ее потенциальных возможностей автор демонстрирует в последующих главах, в которых лазер уже фигурирует в качестве инструмента.

В **Главе 2** обсуждаются вопросы повышения качества фокусировки излучения при воздействии на мишень. Автором для повышения качества фокусировки используется адаптивная оптическая система (АОС) на основе биморфного деформируемого зеркала. Автор предложил ряд методов калибровки АОС, позволяющих ускорить рутинную настройку АОС и поднять качество последующей коррекции до уровня, близкого к дифракционному. Коррекция волнового фронта реализована для пучка с исходно высоким качеством излучения комплекса PEARL (число Штреля находится на уровне 0.3). Новая калибровка позволила поднять число Штреля до уровня 0.7. Кроме этого, продемонстрирована возможность коррекции нелинейных фазовых искажений, возникающих после применения технологии нелинейной посткомпрессии импульса. Совместное применение посткомпрессии с калиброванной АОС позволили почти на порядок величины поднять пиковую интенсивность излучения при фокусировке, что является впечатляющим результатом.

Глава 3 диссертации посвящена используемым в исследованиях методам диагностики фемтосекундной и наносекундной лазерной плазмы. Предложенная автором оригинальная двухэкранная схема электронного спектрометра удачно применена для квазимоноэнергетичных электронных пучков, ускоренных кильватерной плазменной волной, при условии неопределенности угла вылета из области взаимодействия. Схема позволила существенно поднять точность измерения и продемонстрировать высокий темп кильватерного ускорения. Реализованная в экспериментах интерференционная диагностика наносекундной лазерной плазмы демонстрирует исключительную четкость изображений, позволяющих рассмотреть детали плазменной динамики. Очевидно, что высокое качество изображений обусловлено не только высоким качеством зондирующего излучения, но и мастерством автора как экспериментатора.

Глава 4 посвящена фемтосекундной лазерной плазме и генерации вторичного излучения. Проведены исследования ускорения в кильватерной плазменной волне, возбужденной фемтосекундным лазерным драйвером, в ходе которых

продемонстрированы электроны с энергиями, близкими к рекордным. Был исследован режим прямого лазерного ускорения электронов с использованием пористых мишеней; при взаимодействии с твердотельными мишенями исследован режим ускорения протонов с поверхности тонкой алюминиевой фольги, режим со скользящим падением "лазерный скребок", затронут аспект воздействия ускоренных лазером протонов на биологические объекты. При этом достоверность результатов поддерживается численным моделированием, проводится сравнение с результатами других международных экспериментальных групп.

Глава 5 посвящена лабораторной астрофизике, которая является относительно новым направлением исследований. В условиях отсутствия адекватных данных о плазменной динамике на значительно удаленных астрофизических объектах и трудоемкости соответствующего численного моделирования, лабораторное моделирование является одним из ключевых методов, позволяющих сформулировать гипотезы о протекании многих астрофизических явлений. В диссертации, в частности, рассмотрены два аспекта: уточняются механизмы коллимации астрофизических джетов и продемонстрирована способность плазменного потока проникать поперек сильного магнитного поля, несмотря на превосходство магнитного давления над динамическим давлением плазмы.

Таким образом, в совокупности все главы замыкаются в законченную и самосогласованную диссертационную работу.

Актуальность представленных в диссертации исследований различных режимов лазерно-плазменного взаимодействия и методов их диагностики связана с двумя основными аспектами: инновационными источниками вторичного излучения плазмы при воздействии на нее сверхмощным лазерным излучением и изучением плазменной динамики астрофизических объектов.

Особо хочется выделить результаты диссертанта по применению адаптивной оптики, что позволило вплотную приблизиться к критерию Марешаля, в том числе при нелинейной посткомпрессии, и дало два защищаемые положения. Это важно с точки зрения не только повышения интенсивности самой по себе, но и повышения однородности пространственных параметров пятна и определенности в величине интенсивности излучения, взаимодействующего с плазмой.

Результаты диссертационной работы являются новыми, оригинальными, достоверными, они хорошо известны научной общественности. Научные положения, выводы и рекомендации работы обоснованы. Личный вклад автора отражен, его ведущая роль в проведенных исследованиях не вызывает сомнения. Автор принимал активное и ключевое участие во всех фазах проведения исследований.

Автореферат диссертации достаточно полно передаёт смысл диссертации, его содержание в целом соответствует содержанию диссертации.

По работе можно высказать следующие замечания.

1) В тексте присутствует достаточно большое количество опечаток. Некоторые части текста диссертации написаны небрежно. Рисунки 2.9 и 2.10 разные, но имеют одну и ту же подпись, а рисунки 2.10 и 2.15 одни и те же, но с разными подписями. В списке литературы в ссылках 21 и 22 указана одна и та же работа. В тексте работы отсутствует общепринятое Заключение (но во Введении, надо отметить, отдельно перечислены основные результаты работы). В качестве одной из Целей работы (по лабораторной астрофизике) на стр.11 указано «лабораторное исследование ...», тогда как исследование не может быть целью.

2) В Главе 2 приводимые значения числа Штреля с двумя значащими цифрами (например, 0.72, 0.73) выглядят как неоправданное превышение точности, тем более что не указана погрешность измерения.

3) В Главе 2 не приводится анализ пространственно-временных спектров динамических оптических неоднородностей, возмущающих волновой фронт. Он позволил бы сделать определенный вывод и по необходимому количеству полиномов Цернике (в тексте нет информации о их количестве), и по требуемой частоте работы адаптивной системы для коррекции динамических искажений фазы.

4) В Главе 4 при ускорении протонов в режиме УПВК при взаимодействии с тонкой алюминиевой фольгой не поясняется, откуда берутся протоны, ведь в алюминии они отсутствуют.

5) В Главе 5 не описан физический механизм, позволяющей плазме проникать поперек сильного магнитного поля.

Указанные замечания ни в коей мере не снижают общего положительного мнения о диссертационной работе и ее научной значимости.

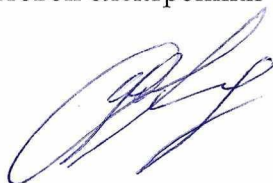
Диссертационная работа Соловьева А.А., таким образом, является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена крупная научная проблема в области физики формирования ультракороткоимпульсного излучения с высокой пиковой мощностью и лазерно-плазменных взаимодействий, имеющая важное значение для науки и создания новой отечественной техники.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.19 «Лазерная физика». Основные результаты диссертации опубликованы в 48 статьях в рецензируемых изданиях, в том числе в высокорейтинговых журналах Q1-Q2 квартилей, а также доложены на более чем 100 научных конференциях.

Диссертационная работа Соловьева А.А. соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Соловьев Александр Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Отзыв составил:

доктор физико-математических наук,
начальник научно-теоретического отдела
Института лазерно-физических исследований
Федерального государственного унитарного предприятия
«Российский Федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт
экспериментальной физики»,
заведующий кафедрой квантовой электроники
СарФТИ НИЯУ МИФИ
06.06.2025



Стариков Федор Алексеевич

607190, г. Саров Нижегородской обл., пр-т Мира, 37,
телефон: 8-83130-2-22-96, e-mail: fastarikov@vniief.ru

Докторская диссертация защищена по специальности 01.04.02– теоретическая физика
Согласен на обработку моих персональных данных, связанных с защитой данной диссертации.

Достоверность подписи Ф.А. Старикова подтверждаю:

Ученый секретарь ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
кандидат физико-математических наук



А.О. Бликов