

Отзыв официального оппонента

Савельева-Трофимова Андрея Борисовича

на диссертационную работу Соловьева Александра Александровича:

"Развитие методов диагностики и исследование лазерно-плазменного взаимодействия на параметрическом петаваттном лазерном комплексе",
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19 – лазерная физика

Диссертация Соловьева А.А. является результатом огромных усилий по созданию и оптимизации уникального экспериментально-диагностического комплекса на основе сверхмощной лазерной установки PEARL, разработанной в ИПФ РАН. Работа весьма разноплановая, ключевые результаты получены в целом ряде смежных областей – физике лазеров, адаптивной оптике, физике взаимодействия сверхмощного лазерного излучения с веществом, физике горячей плазмы, однако все они имеют прямое отношение к основной специальности, по которой защищается диссертация – лазерной физике. Диссертацию составляют 5 глав, представлены как работы по управлению и оптимизации параметров лазерного излучения комплекса PEARL, так и исследования взаимодействия излучения этого лазерного комплекса с плазмой и лазерно-индуцированных плазменных потоков с магнитным полем.

Важно отметить диапазон задач, решенных в ходе подготовки диссертации. В Главе 1 досконально описано устройство лазерной системы, выходные параметры каналов излучения в различных режимах работы, обсуждена реализованная схема жесткой временной синхронизации затравочного импульса и импульса накачки параметрических усилителей - сердца комплекса PEARL, расчетным путем

исследована возможность подавления искажения временной формы импульса при усилении в режиме насыщения в спектральном подходе. В целом, в рамках работ, представленных в данной главе, достигнута существенная стабилизация параметров всего лазерного комплекса в целом.

Сильной и сбалансированной является Глава 2, посвященная адаптивной коррекции волнового фронта, позволяющей поднять пиковую интенсивность за счет повышения качества фокусировки фемтосекундного лазерного излучения, в частности после нелинейного укорочения лазерного импульса – важнейшей технологии, развитой также в ИПФ РАН. Экспериментально продемонстрировано существенное улучшение пространственного качества пучка, что предельно важно при фокусировке сверхмощного излучения для достижения режима экстремальных интенсивностей. Как предлагаемые методы и подходы, так и полученные результаты главы являются передовыми и зачастую превосходят мировой уровень.

В Главе 3 рассмотрены созданные при непосредственном участии диссертанта диагностические методики, обеспечивающие проводимые экспериментальные исследования. Отметим, что созданная двухэкранная схема электронного спектрометра стала стандартной методикой в лабораториях по всему миру. В целом, хотя набор реализованных методик достаточно стандартен, создание столь широкого их набора безусловно является важным и необходимым этапом в развитии исследований.

В Главе 4 описаны эксперименты по ускорению электронов и протонов с помощью развитых экспериментальных методов и подходов. Полученные результаты находятся на мировом уровне, хотя и не превосходят их, а для Российской Федерации – уникальны.

Глава 5, описывающая исследования динамики наносекундной лазерной плазмы в сильном магнитном поле и ее интерпретацию в астрофизическом аспекте, заметно отличается как новизной, так и методологией и подходами к интерпретации экспериментальных данных. Эти исследования проведены на высочайшем мировом уровне, что подтверждается публикациями в самых высокорейтинговых научных журналах. Отметим, в частности, наблюдение формирования астрофизических джетов, обусловленных присутствием полоидального магнитного поля, в экспериментах по взаимодействию потоков наносекундной лазерной плазмы с таким полем.

В целом, в диссертации описывается разработка и использование экспериментальной инфраструктуры, позволяющей в полной мере раскрыть экспериментальные возможности, предоставляемые параметрическим петаваттным лазерным комплексом; использовать его технические и технологические особенности в правильном ключе, раскрыть потенциал присутствия в лазерной установке синхронных лазерных импульсов на разной длине волны с различными спектральными характеристиками, на разных стадиях усиления, стретчирования/компрессии.

Текст работы скомпонован немного необычно. Основные результаты работы сформулированы в подпункте "Основные результаты работы" Введения, вместе с защищаемыми положениями и другими стандартными разделами. Сами результаты, безусловно, являются значимыми, вклад работы в развитие методов исследования лазерной плазмы на субпетаваттном уровне мощности, а также в понимание механизмов генерации вторичного излучения с таким лазерным драйвером не вызывает сомнений. К наиболее существенным результатам стоит отнести:

исследование возможности повышения качества фокусировки излучения после нелинейного укорочения лазерного импульса методом CafCA, полученные экспериментально близкие к рекордным энергии ускоренных лазером электронов и протонов, а также предложенный механизм коллимации астрофизических джетов полоидальным магнитным полем.

На мой взгляд, работа является примером уникального симбиоза мощной экспериментальной базы, сложившегося коллектива и компетенций ИПФ РАН, позволивших не только получить выдающиеся научные результаты, но и создать почву для формирования ученых высочайшей квалификации, к которым, вне всякого сомнения, относится Соловьев А.А.

По работе следует сделать ряд замечаний.

1. В защищаемом положении 3 утверждается, что «использование двухэкранного спектрометра *поднимает точность измерения спектров...*». Представляется, что здесь были бы более уместны некоторые количественные оценки, а не качественное утверждение.
2. При рассмотрении спектрального подхода к подавлению искажения временной формы импульса при усилении в режиме насыщения используется одномерная модель. Насколько предлагаемый подход применим к реальным пучкам (гауссовым и др.)? При этом, к сожалению, в работе отсутствует экспериментальная верификация этих интересных результатов (либо ссылка на верификацию в других научных группах).
3. Приведенное в разделе 2.3.3 описание оригинального динамического метода коррекции волнового фронта мощного лазерного пучка слишком краткое и не

позволяет, по моему мнению, понять его суть. Здесь, следовало бы привести соответствующие формулы, алгоритмы и т.д.

4. При обсуждении результатов главы 5 автор не приводит оценок параметров подобия реализованных экспериментов и астрофизических эффектов. Это, по нашему мнению, важно для оценки значимости полученных результатов. Здесь же говорится о проведении численных расчетов в рамках трехмерного МГД моделирования, однако никакой дополнительной информации об использованных моделях (а их может быть много и разных) нет.
5. В тексте встречаются жаргонизмы «ширину спектра можно сделать достаточно узкой», «произведение времени на полосу пропускания» (видимо, имеется ввиду произведение длительности импульса на спектральную ширину полосы пропускания), «атомы нижнего лазерного уровня», «диаграмма электронов сильно вытянута в сторону лазерного импульса», «размер лазерного импульса», текст также изобилует опечатками. Один из рис. 2.9 или 2.10 – явно лишний (похоже – 2.10) и в тексте не используется. При этом на рис.2.9 цифры не расшифрованы в подписи. А вот в подписи к рис.2.15 много цифр, на рисунке отсутствующих.

Отмеченные недостатки никак не влияют на общую положительную оценку работы, новизну и оригинальность обсуждаемых в ней результатов. Результаты являются важными для мирового научного сообщества, они должным образом апробированы и опубликованы. Диссертация и автореферат удовлетворяют всем требованиям ВАК России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Диссертация соответствует паспорту

специальности 1.3.19 – лазерная физика, Соловьев Александр Александрович – достоин присвоения ученой степени доктора физико-математических наук по этой специальности.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,
профессор, профессор физического
факультета

МГУ имени М.В. Ломоносова

Телефон: 8 (495) 939-53-18

E-mail: abst@physics.msu.ru

Адрес: 119991, Российская
Федерация, г. Москва, ул. Ленинские
горы 1, стр. 62



Андрей Борисович Савельев-Трофимов

« 4 » июля 2025 г.

Подпись Андрея Борисовича Савельева-Трофимова заверяю.

И.о. декана физического факультета
МГУ,
профессор



Белокуров Владимир Викторович



« 4 » июля 2025 г.