

**Минобрнауки России**  
Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
**ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ**  
**им. Г.И. Будкера**

Сибирского отделения Российской академии наук  
**(ИЯФ СО РАН)**

Проспект ак. Лаврентьева, д. 11, г. Новосибирск, 630090  
телефон: (383) 329-47-60, факс: (383) 330-71-63  
<http://www.inp.nsk.su>, e-mail: [inp@inp.nsk.su](mailto:inp@inp.nsk.su)  
ОКПО 03533872 ОГРН 1025403658136  
ИНН/КПП 5408105577 / 540801001

от 12 НОЯ 2019 № 15311 – 31/0215.2-2203

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Института ядерной  
физики им. Г.И. Будкера СО РАН

академик

П.В.Логачев

ноября 2019 г.



**Отзыв ведущей организации**

на диссертационную работу Голованова Антона Александровича  
«Сильно нелинейные кильватерные ускоряющие структуры  
в неоднородной плазме»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 01.04.08 - физика плазмы

Диссертационная работа А. А. Голованова посвящена развитию теории нелинейной кильватерной волны, возбуждаемой короткими электронными или лазерными сгустками. В настоящее время такие волны оказались на пике актуальности благодаря прогрессу новых (плазменных) методов ускорения. Рекордные экспериментальные результаты и с лазерными, и с электронными драйверами получены именно в данном режиме взаимодействия. Многочисленные эксперименты, проводимые в десятках лабораторий мира, и поддерживающие их работы по численному моделированию дали огромный объем эмпирической информации, для систематизации и осмысления которой необходимо развитие соответствующей аналитической теории.

Теория сильно нелинейной волны в однородной плазме была разработана до соискателя, в том числе с участием его научного руководителя. Развитие кильватерного ускорения, однако, потребовало перехода к радиально-неоднородным профилям плазмы (плазменным каналам) для увеличения длины взаимодействия лазерного драйвера с плазмой. Появилась необходимость обобщить теорию на плазменные каналы с минимумом плотности на оси. Такое обобщение было сделано автором диссертации. В главе 2 диссертации было найдено уравнение, описывающее форму плазменной полости в плазме с радиальной неоднородностью и

рассчитаны пространственные распределения компонент электромагнитного поля как внутри, так и вне полости. В главе 3 рассмотрены плазменные полости с ускоряемыми электронными сгустками: рассчитана эффективность ускорения, найдена пороговая плотность заряда, предложен метод ускорения сгустка в однородном поле путем его профилирования. Также были описаны бетатронные колебания и бетатронное излучение электронов, ускоряемых в кильватерной волне в плазме с полым каналом. В главе 4 впервые предложена модель плазменной полости в двумерном пространстве, которая позволяет оценить влияние двумерной геометрии, часто используемой в численном моделировании, на свойства плазменной полости. Данные результаты являются значимым вкладом в развитие новых методов ускорения, а их достоверность подтверждена путем сравнения с результатами численного моделирования методом частиц в ячейках. Кроме теории сильно нелинейного режима в плазме с поперечной неоднородностью (2 – 4 главы) диссертация также содержит пример применения этой теории к объяснению конкретных экспериментов (5 глава), что свидетельствует о ее высокой практической значимости.

К недостаткам работы можно отнести следующие:


- В разделе 2.2 бездоказательно и категорично утверждается, что граница плазменной полости является траекторией электрона. Численное моделирование (Рис. 3b из ссылки [90] в списке литературы), однако, показывает, что электронные траектории к границе приближаются, а затем удаляются. Поэтому считать границу совпадающей с траекторией каких-либо электронов можно только с какой-то точностью и в какой-то области пространства.
- Выбор численных кодов для сравнения с теорией представляется неудачным. Если код не способен произвести корректный расчет, то надо бы использовать другой код из имеющихся в свободном доступе, а не рассуждать, как результаты расчета выглядели бы в отсутствие численных артефактов. В ситуации, когда на Рис.12(a) результаты численных расчетов местами отличаются от теории вдвое, показывать на Рис.12(b) их замечательное согласие в каком-то одном сечении представляется неправомерным. Численные шумы на Рис.17(d) свидетельствуют о проблемах моделирования и делают недоказанным утверждение о согласии теории и моделирования в этом режиме.
- В большей части диссертации (кроме главы 5) автор не уточняет, что имеется в виду под поперечным размером драйвера. Это становится недостатком, когда в разделе 4.4 делается утверждение, что размер плазменной полости примерно равен размеру сгустка.
- Положения, выносимые на защиту, сформулированы пространно и не содержат количественных утверждений.

Указанные недостатки, однако, не снижают ценности работы. Диссертация написана хорошим научным стилем, почти не содержит грамматических ошибок и опечаток. Результаты работы опубликованы в высокорейтинговых журналах и уже получили признание международного научного сообщества. По своей актуальности, новизне, практической значимости и уровню диссертация А. А. Голованова с большим запасом соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Проект отзыва одобрен после обсуждения на семинаре плазменных лабораторий и утвержден на заседании ученого совета ИЯФ СО РАН.

Отзыв составил



главный научный сотрудник ИЯФ СО РАН,  
доктор физ.-мат. наук К. В. Лотов