

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертационной работы Березуцкого Артема Григорьевича
«Преобразование импульсно-периодического лазерного излучения в низкочастотные
волны в замагниченной плазме с применением механизма объединения волн»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.3.19 - лазерная физика**

В диссертации А.Г. Березуцкого исследуются магнитогидродинамические явления в разреженной замагниченной плазме, моделирующей условия космической плазмы, в том числе низкочастотные альвеновские волны, медленные магнитозвуковые волны и вистлерные волны. Волны генерируются в сложном магнитогидродинамическом взаимодействии замагниченной плазмы с более плотными сгустками плазмы, создаваемыми при облучении твердой мишени серией периодических лазерных импульсов большой мощности. Работа выполнена с использованием численных расчетов и модельных экспериментов на установке КИ-1, предназначенной для моделирования явлений в космической плазме.

Известны явления генерации гидродинамических потоков при импульсно-периодическом лазерном воздействии на газы при атмосферном и повышенном давлении, а также жидкости. Этот класс явлений хорошо изучен и находит применение в лазерно-плазменных, химических и биомедицинских технологиях. Автор диссертации исследует сравнительно малоизученные родственные явления, реализуемые при взаимодействии потоков, создаваемых лазерным излучением, в условиях замагниченной плазмы разреженных газов. Исследование этих явлений представляется актуальным, например, с учетом перспективы развития космической энергетики и космического транспорта с применением мощного лазерного излучения, а также лазерно-плазменных технологий.

В частности, автор исследует новый эффект, возникающий при резонансном взаимодействии лазерно-плазменных сгустков с замагниченной плазмой. Явление состоит в том, что при определенных автором условиях возникает резонанс, при котором серия лазерно-плазменных сгустков за счет механизма объединения волн генерирует единую альвеновскую волну большой протяженности или набор волн разного типа, которые сохраняют высокую интенсивность, распространяясь вдоль узкой магнитной силовой трубки. Радиусом трубки можно управлять за счет энергии одиночного плазменного сгустка, что позволяет обеспечить высокую интенсивность генерируемых волн, недостижимую известными методами. При этом в отсутствие резонанса энергия

плазменных сгустков не преобразуется в энергию волны, а отводится в стороны. Известные радиоволновые методы генерации альвеновских волн дают на порядок меньшую амплитуду. Исследуемое явление позволяет также управлять спектром, типом и интенсивностью генерируемых волн и потоков лазерной плазмы. В результате теоретического анализа автор предлагает набор из шести безразмерных параметров, определяющих условия проявления исследуемого эффекта.

В диссертации показано, что генерируемые волны переносят электромагнитное излучение, момент импульса вращающейся плазмы и продольный импульс и могут уносить до 50 % энергии плазменных сгустков. При этом около 30 % энергии сгустков составляет энергия плазменного потока. Скорости распространения волн и потоков плазмы в экспериментах достигают десятков и сотен километров в секунду. Полученные характеристики волн представляют интерес для лазерно-плазменных технологий, в частности, для получения материалов с новыми свойствами.

В диссертации намечены направления дальнейшего развития исследования. Например, актуально построение физической модели для неоднородной замагниченной плазмы сложного состава. Это позволит расширить область применения модели в направлении лабораторного моделирования астрофизических процессов. Применимость механизма объединения волн в таких условиях показана в диссертации.

Диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выполненное на актуальную тему. Автором получены новые значительные научные результаты. Достоверность и обоснованность защищаемых положений не вызывает сомнений. Результаты известны широкому кругу специалистов, докладывались на конференциях, опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ. Считаю, что диссертация А.Г. Березуцкого отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 - лазерная физика.

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник ИПМех РАН

(М.Ю. Якимов)

11 ноября 2022 года

Подпись ведущего научного сотрудника Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского В.Н. доктора физико-математических наук Якимова Михаила Юрьевича заверяю.

Ученый секретарь И



(М.А. Котов)