ГОРЕНИЕ ТЕРМОЯДЕРНЫХ МИШЕНЕЙ ПРЯМОГО СЖАТИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ

Вергунова Г.А.1, Гуськов С.Ю.1, Демченко Н.Н.1, Доскоч И.Я.1, Змитренко Н.В.2, Кучугов П.А.1,2, Розанов В.Б.1, Степанов Р.В.1, Яхин Р.А.1

1Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, РФ,
2Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, РФ,
 zmitrenko@imamod.ru

В проблеме ЛТС принципиальным является достижение уровня термоядерного энерговыделения сравнимого, или превосходящего уровень вклада лазерной энергии в мишень (break-even, или «зажигание»). Оптимальным подходом к реализации соответствующих процессов горения является сферически симметричное сжатие тонких оболочек инертного вещества (поглощающего поступающую энергию) и вещества, содержащего изотопы водорода, способные к реакции синтеза (термоядерное горючее). Поэтому задача наиболее возможно симметричного освещения мишени и столь же симметричного поглощения энергии является принципиально важной, ключевой. Для её решения возможны два подхода: 1) непрямой путь – тем или иным способом преобразуем лазерную энергию в тепловое (рентгеновское, с энергией квантов на уровне 300 электронвольт), и пользуемся свойством теплового излучения быстро стремиться к изотропному распределению; в этом случае на мишень будет воздействовать, практически, сферически-симметричный поток энергии и 2) прямое сжатие – в этом подходе с помощью всех возможных средств выравнивания интенсивности воздействия лазерного излучения на оболочку (количество и расположение пучков, использование фазовых пластин и других способов нивелирования распределения энергии поперёк пучка и т.п.) стремятся добиться приемлемой симметрии освещенности. И в том, и в другом случае, безусловно, остаются неустранимые неоднородности облучения. Опыт экспериментальных и теоретических исследований последних лет [1-4] приводит к необходимости заново проанализировать возможности прямого сжатия термоядерных мишеней и установить допустимые пределы нарушений симметрии, вызванных различными естественными причинами. В настоящей презентации представлен обзор последних (2013-2017 годы) численно-теоретических исследований мишеней прямого сжатия с учётом всех возможных отклонений от симметрии: геометрия освещения конечным количеством лазерных пучков, нарушение симметричности воздействия из-за возможного дисбаланса энергии в пучках, промаха пучков, сдвига термоядерной капсулы из точки позиционирования пучков, нарушения синхронизации действия отдельных пучков. На основании большого цикла расчётно-теоретических работ для указанного диапазона энергий, показано, что зажигание и достижение коэффициента усиления термоядерной энергии ~ 10 вполне возможно для мишеней прямого облучения. Эти исследования приводят к выводу [4] о возможности получения значительного термоядерного энерговыделения и выхода нейтронов на уровне 1018 – 1019 в мишенях прямого сжатия для энергии Nd лазера 2-3 МДж на второй гармонике.

Литература

1. R. Betti and O.A. Hurricane, Nature Physics, V.12, 2016.
2. T. Doppner, D.A. Callahan, O.A. Huricane et al // Phys. Rev. Lett., V.115, 055001, 2015.
3. I.V. Igumenshchev, P.T. Michel R.C., Shan et al // Physics of Plasmas, V.24, 056307, 2017.
4. С.А. Бельков, С.В. Бондаренко, Г.А. Вергунова et al // ЖЭТФ, т.151, вып.2, с.396-408, 2017.