Анализ экспериментов по сжатию термоядерных мишеней непрямого облучения на установке NIF с помощью одномерной модели и причина не достижения зажигания

Розанов В.Б., Вергунова Г.А.

Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия

Анализ и интерпретация результатов по зажиганию на NIF, содержащих значительные расхождения между моделированием и измерениями в работах LLNL, происходит по схеме последовательного учета 1D → 2D → 3D гидродинамических эффектов: 1D расчеты; 2D расчеты с учетом несимметрии сжатия; 2D расчеты с учетом шероховатости поверхностей слоев DT-льда и аблятора; 2D расчеты с учетом тента подвески мишени и трубки DT наполнения; 3D расчеты. Однако, несмотря на все попытки включить все источники отклонений от симметрии, значительные расхождения остаются: выход нейтронов в 3 – 10 раз ниже; давление и плотность DT газа в центре капсулы в момент коллапса в 2 – 3 раза ниже; размер горячей области в 1,5 – 2 раза больше; плотность и оптическая толщина ρR (г/см2 – эту величину также называют поверхностной плотностью) оболочки из DT-льда ниже расчетных значений в 1,5 – 2 раза; наблюдаются заметные отклонения от симметрии вылета нейтронов, испытавших однократное рассеяние в сжатой оболочке DT-льда. Общий признак у этих эффектов состоит в том, что они проявляются в виде низкой моды, охватывающей значительные части объема сжатой капсулы. Вероятно, такое поведение сжатия мишеней можно связать с его негидродинамическим происхождением.

В данной работе рассматривается возможность объяснения «незажигания» мишени непрямого сжатия в условиях установки NIF, связанная с переносом излучения. Основанием для этого служат следующие положения. Данные по спектральным коэффициентам поглощения нам известны недостаточно точно. В результате, в экспериментах материал аблятора оказывается более прозрачным для характерных квантов излучения, а нагрев DT слоя при сжатии более высоким, чем в расчетах, моделирующих процессы.

Процессы неустойчивости, перемешивания и нагрева части аблятора, примыкающего к DT слою, увеличивают прозрачность аблятора как целого объекта, увеличивают потоки излучения внутрь мишени, тем самым, обеспечивая повышенный нагрев слоев, содержащих DT горючее.

Многочисленные попытки учесть при анализе сжатия 2D и 3D процессы и начальные условия для них, как известно, пока не привели к успеху: необходимы начальные отклонения от симметрии в 3 – 5 раз больше, чем в реальности. Вполне возможно, что комбинация возможного эффекта «прозрачности» аблятора и учет 2D и 3D процессов при реальных начальных условиях приведут к согласованию расчетных и экспериментальных данных и к более точной и реалистичной формулировке условий «зажигания».