Термоядерные мишени прямого облучения лазерным импульсом мегаджоульного уровня

Н.В. Змитренко1, Г.А. Вергунова2, С.Ю. Гуськов2, Н.Н. Демченко2, И.Я. Доскоч2, П.А. Кучугов1,2, В.Б. Розанов2, Р.В. Степанов2, Р.А. Яхин2

1Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша, Москва, Россия
 zmitrenko@imamod.ru
2Физический институт им П.Н. Лебедева 119991 Москва, Россия

В докладе представлены результаты численных и теоретических исследований возможностей искрового зажигания сферической термоядерной мишени прямого облучения в виде тонкой двухслойной оболочки при воздействии профилированного импульса излучения второй гармоники Nd-лазера с энергией порядка 2 МДж. Предложен класс мишеней, параметры которых отвечают условиям повышенной устойчивости сжатия. Достаточно низкие аспектные отношения слоя DT-льда лежат в диапазоне 6 – 10. Динамические характеристики сжатия таких мишеней, обеспечивают испарение большей части вещества аблятора в процессе имплозии, что может служить фактором эффективной абляционной стабилизации развития гидродинамической неустойчивости на стадии ускорения мишени и низкого уровня перемешивания вещества аблятора с DT-горючим на стадии ее сжатия. Профилированный лазерный импульс, согласованный с мишенями предложенного класса имеет длительность 10 – 11 нс, при контрасте профилирования по мощности около 40 и максимальном ее значении 400 ТВт.

Анализ эффективности мишеней и оптимизация их параметров основывались на двух группах численных расчетов, выполненных по одномерным гидродинамическим программам. Одна из них представляет собой расчеты поглощения излучения профилированного во времени лазерного импульса, включая расчет полного коэффициента поглощения за счет обратного тормозного и резонансного механизмов, а также расчет пространственного распределения нагрева мишени в условиях реальной геометрии облучения в схеме фокусировки 192 лазерных пучков Российского проекта мегаджоульной установки. Вторая группа расчетов была посвящена численному моделированию полного цикла эволюции мишени под действием импульса поглощенного лазерного излучения и определению коэффициента термоядерного усиления.

Численные расчеты продемонстрировали возможность достижения коэффициента усиления предложенных мишеней на уровне 40 при сжатии до конечного значения поверхностной плотности 1,5 г/см2. Мишени способны обеспечить зажигание даже при двукратном уменьшении поверхностной плотности за счет перемешивания DT-горючего с остаточным веществом аблятора. Кроме того, характеристики сжатия и горение мишеней обладают достаточно слабой чувствительностью к рассогласованию параметров мишени и лазерного импульса, а также к вариациям моделей уравнения состояния и транспортных свойств.