Структура электронной функции распределения на фронте тепловой волны в лазерной плазме

1Карпов С.А., 1,2Потапенко И.Ф., 1,3Быченков В.Ю.

1Центр фундаментальных и прикладных исследований, Всероссийский
 научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова, г. Москва,
 Россия, karpov.st@yandex.ru
2Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва, Россия,
 firena@yandex.ru
3Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия,
 bychenk@lebedev.ru

При взаимодействии лазерного излучения большой интенсивности с плазмой возникают значительные градиенты температуры и плотности, что ставит под сомнение возможность описания реальных лазерных экспериментов в рамках классической гидродинамики. На данный момент накоплен целый ряд экспериментальных данных, подтверждающих представления о нелокальном характере теплопереноса в лазерной плазме и свидетельствующих о невозможности описания теплового переноса в рамках гидродинамических моделей, приводящих, например, к значительной переоценке потока энергии. Вопрос о величине теплового потока является одним из ключевых для успешного осуществления лазерного термоядерного синтеза (ЛТС), поскольку основная часть энергии падающего лазерного излучения поглощается достаточно далеко от области горения - вблизи критической плотности, а затем переносится вглубь плазмы тепловым потоком электронов, от величины которого зависят темп нагрева, температура и сжатие мишени.

В данной работе представлены результаты численного моделирования распространения электронной тепловой волны от нагретой плоской границы в низкоплотной лазерной плазме. Моделирование было выполнено с помощью оригинального 1D3V кинетического кода. Нелинейный оператор кулоновских столкновений рассчитывается с помощью метода прямого дискретного моделирования [1], а самосогласованное электрическое поле рассчитывается в амбиполярном приближении, исходя из условия электронейтральности плазмы на каждом шаге по времени. В работе подробно изучены пространственная и временная эволюция температурного профиля тепловой волны и структура электронной функции распределения (ЭФР) в пространстве скоростей. Результаты кинетического моделирования существенно отличаются от данных аналогичных гидродинамических расчетов. Проведенные расчеты демонстрируют наличие степенного «хвоста» ЭФР, полученного ранее для специфических режимов теплопереноса в работе [2], и показывают, что быстрые надтепловые электроны дают значительный вклад в среднюю кинетическую энергию, обеспечивая существенный предпрогрев плазмы. Полученная степенная зависимость для «хвоста» ЭФР на фронте тепловой волны имеет важное значение для широкого круга процессов связанных с лазер-плазменным взаимодействием, в частности, в данной работе демонстрируется отличие коэффициента затухания Ландау по сравнению с максвелловским распределением.

Литература

1. А.В. Бобылев, И.Ф. Потапенко, С.А. Карпов, Мат. моделирование, 2012, т. 9, с. 35-49.
2. S.G. Bochkarev, V.Yu. Bychenkov, W. Rozmus, Physics of Plasmas, 2004, v. 11, p. 3997.