моделирование теплового переноса в плазме лтс с учетом столкновений

\*А.В. Бобылев, \*\*А.В. Брантов, \*\*В.Ю. Быченков, С.А. Карпов, \*\*\*И.Ф. Потапенко

ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова, Москва, Россия, [karpov.st@yandex.ru](mailto:karpov.st@yandex.ru)  
\*Университет Карлстада, Карлстад, Швеция, [alexboby@kau.se](mailto:alexboby@kau.se)  
\*\*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия,[brantov@sci.lebedev.ru](mailto:brantov@sci.lebedev.ru)  
\*\*\*ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия, [firena@yandex.ru](mailto:firena@yandex.ru)

Начиная с 70-х годов прошлого века, в связи с развитием лазерной технологии и проведением первых экспериментов по лазерному термоядерному синтезу, все больше растет интерес к вопросу взаимодействия лазерного излучения большой интенсивности с плазмой. При этом 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 [1], 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. В то же время 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 настоящее время теория нелокального переноса разработана лишь для случая малых возмущений [2], а ее обобщение на случай произвольного возмущения температуры представляет собой нетривиальную задачу, аналитическое решение которой пока не найдено. Поэтому единственным способом вычисления параметров теплового переноса в плазме с характерными масштабами неоднородности температуры порядка или меньших сотни длин свободного пробега электронов остается численное кинетическое моделирование с учетом интеграла столкновений заряженных частиц в форме Ландау-Фоккера-Планка.

В данной работе представлен новый подход к численному решению кинетического уравнения для плазмы с учетом столкновений. Нелинейный оператор кулоновских столкновений рассчитывается с помощью нового метода прямого дискретного моделирования типа Монте-Карло [3]. Самосогласованное электрическое поле рассчитывается в амбиполярном приближении, исходя из условия электронейтральности плазмы на каждом шаге по времени. В работе также выполнен анализ результатов моделирования релаксации локализованного начального возмущения температуры в столкновительной плазме в 1D3V геометрии, исходя из сравнения с данными нелокальной нелинейной модели теплового переноса [4].

Литература

1. R.E. Harrington, Journal of Appl. Phys., 1966, v. 37, p. 2028.
2. S. Brunner, E. Valeo, Phys. Plasmas, 2002, v.9, p. 923.
3. А.В. Бобылев, И.Ф. Потапенко, С.А. Карпов, Мат. моделирование, 2012, т. 9, с. 35-49.
4. A.V. Brantov, V.Yu. Bychenkov et al., Comp. Phys. Comm., 2004, v. 164, p. 67.