МГД расчЁты процессов взрыва горячей точки X-пинча

Г.В. Иваненков, В. Степневски\*

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), Москва, Россия  
 [ivanenkov.gv@mail.ru](mailto:ivanenkov.gv@mail.ru)  
\*Институт физики плазмы и лазерного микросинтеза (ИФПиЛМ), Варшава, Польша

Долгое время область рентгеновской вспышки и последующего за ней взрыва горячей точки X-пинча осталась недоступной в МГД расчётах. Важность стадии вспышки требовала глубоких преобразований как существовавшей ранее модели [1], так и применяемого для её реализации кода. Основные изменения вычислительной части выражались в замене явной разностной схемы неявной и полной переработке процедур формирования сетки, добавления и удаления узловых точек, коррекции их положений. Также был введён новый алгоритм расчёта переноса излучения и улучшена процедура вычисления заряда ионов. В физической части были усовершенствованы, в первую очередь, блоки расчёта электронных коэффициентов переноса и понижения потенциалов ионизации. Это позволило вести расчёты в области экстремально высоких температур и плотностей плазмы, где становятся существенными квантовые эффекты.

Многочисленные расчёты показали глубокое различие процессов, происходящих в горячей наружной и во внутренней экстремально плотной частях горячей точки. Если параметры внешней части хорошо согласовались с данными рентгеновской спектроскопии, то вторая оказалась недостижимой для сегодняшней техники из-за высокого поглощения излучения в плазме с плотностью ионов на уровне 1024 см–3 и электронов 5**.**1025 см–3. В этих условиях возросла роль квантовых эффектов, которые характеризовались отношением температуры Ферми к температуре свободных электронов, достигавшим 0,5 и более. Эта роль проявлялась, в первую очередь, в понижении потенциалов ионизации. Для ионов Mo с зарядом *Z* = 15 они падали в такой плазме до нуля, и начиналась ионизация давлением, а проводимость находилась на уровне минимально возможных значений. Возникновение такого эффекта вело к прекращению рекомбинации и связанного с нею излучения. В результате резко уменьшаются потери на излучение и ионизацию, которые прежде способствовали сжатию плазмы (радиационно-ионизационный коллапс). В результате шёл быстрый джоулев нагрев приосевого сгустка плотной плазмы, что повышало и без того экстремально высокое давление и давало начало быстрому расширению периферии сгустка в процессе разгрузки сильно неравновесного состояния. Таков предположительный механизм инициации взрыва горячей точки.

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 14-02-01206.

Литература

1. Иваненков Г.В., Степневски В., Гуськов С.Ю. Физика плазмы 2008, 34, 675.