Исследование удержания энергии в сферическом токамаке Глобус-М

Курскиев Г.С., Бахарев Н.Н., Гусев В.К., Киселев Е.О., Минаев В.Б., Мирошников И.В., Мухин Е.Е., Патров М.И., Петров Ю.В., Сахаров Н.В., Тельнова А.Ю., Толстяков С.Ю., Щеголев П.Б.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург, Россия, Gleb.Kurskiev@mail.ioffe.ru

Несмотря на успехи последних лет в области численного моделирования мелкомасштабных неустойчивостей плазмы, ответственных за потери тепла и частиц из магнитной ловушки, использование эмпирических законов подобия (скейлингов) является наиболее достоверным способом предсказания параметров будущих термоядерных установок. Международная база данных ИТЭР, полученная на токамаках с большим аспектным отношением, неприменима для предсказания времени удержания энергии (τE) как в реакторе, так и в источнике термоядерных нейтронов, основанных на концепции сферического токамака (СТ). Работа в области больших значений параметра β (отношение давления плазмы к давлению магнитного поля), а так же сильное тороидальное вращение плазмы и большая доля запертых частиц являются причиной развития в плазме СТ других типов мелкомасштабных неустойчивостей. Это приводит к существенным отличиям в скейлингах для τE как в пространстве инженерных параметров, так и в пространстве безразмерных физических величин. Результаты, полученные на зарубежных СТ находятся в хорошем соответствии друг с другом, однако эти токамаки обладают практически одинаковыми параметрами. Эксперименты, проведенные на СТ Глобус-М, показали, что благоприятная зависимость τE от магнитного поля установки и столкновительности плазмы справедлива для существенно более широкой области операционных параметров сферического токамака. Моделирование переноса тепла в электронном и ионном каналах для NBI режимов показало, что перенос тепла в ионном канале близок к неоклассическому. Перенос тепла в электронном канале аномален, а электронная температуропроводность значительно снижается при увеличении как тока плазмы, так и магнитного поля. Получен инженерный скейлинг τE для компактного сферического токамака в широком диапазоне значений тока плазмы (0,1 – 0,25 МА), тороидального магнитного поля (0,25 – 0,5 Тл), плотности плазмы (2 – 6 1019 м–3) и поглощенной мощности (0,25 – 0,75 МВт). Численный эксперимент показал сильное влияние столкновительности плазмы на улучшение удержание энергии в электронном канале.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект №16-32-60114