Возможные параметры термоядерных систем с обращенной магнитной конфигурацией

А.Ю. Чирков

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, alexxeich@mail.ru

Обращенная магнитная конфигурация (Field Reversed Configuration, FRC) – магнитная ловушка с высоким отношением β давления плазмы к магнитному давлению (β ~ 1). FRC сочетает свойства замкнутых и открытых магнитных ловушек. Высокие β потенциально позволяют достигать высокой мощности в относительно компактной системе. Для термоядерных систем на D–3He-топливе высокое β является необходимым условием энергетической эффективности [1]. Главное преимущество реакции D–3He по сравнению с D–T-реакцией – возможность создания низкорадиоактивного реактора с выходом в энергии нейтронах около 5 %, что существенно ниже 80 % в D–T-реакторе.

С технической точки зрения возможные параметры FRC-реакторов [2, 3] выглядят приемлемо. С точки зрения термоядерных перспектив FRC, наибольшей проблемой является оценка турбулентного транспорта. Предложенные скейлинги для времени удержания [4] хорошо описывают транспорт в экспериментах, но их экстраполяция в область реакторых режимов не вполне обоснована. Для обоснования причин турбулентного транспорта предложена теория электромагнитных градиентных дрейфовых неустойчивостей [5, 6]. Оцененные параметры дрейфовых неустойчивостей соответствуют имеющимся данным измерений. Для сравнения с экспериментами и прогнозирования времени удержания в термоядерных режимах используется транспортная модель [7], учитывающая поперечные потери из области замкнутых магнитных силовых линий и потери частиц вдоль открытых силовых линий. Предложены оценка коэффициента поперечной диффузии и соотношение для глобального времени удержания с учетом продольных потерь. Также проанализированы такие процессы, влияющие на энергобаланс, как излучение, кинетика быстрых частиц, влияние примесей.

Выполнены оценки термоядерных систем на D–T- и D–3He-топливе. В системе с параметрами, близкими к параметрам установок сегодняшнего уровня, коэффициент мощности *Q* ~ 0.1 на D–T-топливе. Такая система может рассматриваться как источник термоядерных нейтронов. При переходе к режимам c *Q* ~ 10 тепловой и нейтронный потоки на первую стенку становятся неприемлемо высокими. В случае низкорадиоактивного реактора на D–3He-топливе нейтронный поток < 0.3 МВт/м2, тепловой поток ~ 3 МВт/м2. Режимы с *Q* > 10 при радиусе плазмы 2–2.5 м и требуют применения техники формирования режимов улучшенного удержания (например, генерации сдвиговых течений).

Полученные результаты, на наш взгляд, позволяют сделать обоснованный вывод о перспективах термоядерных систем на основе FRC.

Литература

1. Khvesyuk V.I., Chirkov A.Yu. // Plasma Phys. Control. Fusion. 2002. V. 44. P. 253–260.
2. Chirkov A.Yu., Khvesyuk V.I. // Fusion Technol. 2001. V. 39. No. 1T. P. 406–409.
3. Чирков А.Ю. // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. 2006. Вып. 4. С. 57–67.
4. Чирков А.Ю. // Прикладная физика. 2007. № 2. С. 31–36.
5. Chirkov A.Yu., Khvesyuk V.I. // Phys. Plasmas. 2010. V. 17. No. 1. 012105.
6. Чирков А.Ю., Хвесюк В.И. // Физика плазмы. 2011. Т. 37. № 5. С. 473–483.
7. Чирков А.Ю. и др. // Вестник МГТУ. Естественные науки. 2011. № 4. С. 15–27.