

РАСЧЕТЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО МОМЕНТА, ПРИКЛАДЫВАЕМОГО К ПЛАЗМЕ ПРИ ИНЖЕКЦИИ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНОГО НЕЙТРАЛЬНОГО ПУЧКА В ТОКАМАКЕ ТУМАН-3М^{*)}

Корнев В.А., Абдуллина Г.И., Аскинази Л.Г., Белокуров А.А., Жубр Н.А.,
Лебедев С.В., Разуменко Д.В., Тукачинский А.С., Шувалова Л.К.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия, Vladimir.Kornev@mail.ioffe.ru

Инжекция высокоэнергичных нейтральных атомов является эффективным методом нагрева плазмы, генерации вращения и радиального электрического поля в современных установках управляемого термоядерного синтеза. Тороидальное вращение плазмы, генерируемое быстрыми ионами, а также потери быстрых ионов, могут приводить к сильной пространственной неоднородности радиального электрического поля. Пространственное распределение скорости тороидального вращения и связанного с ним радиального электрического поля зависят не только от параметров фоновой плазмы и мощности инжекции высокоэнергичного нейтрального пучка (ИНП), но и от геометрии инжекции, в частности, от того, направлена ли скорость инжектируемых атомов по току плазмы (ко-инжекция) или навстречу ему (контр-инжекция). Генерация тороидального вращения при ИНП представляет интерес с точки зрения ее влияния на возможность подавления магнитогидродинамических неустойчивостей. Отметим также, что генерация неоднородного электрического поля на периферии шнура может способствовать инициированию L-N перехода.

Работа посвящена расчету вращательного момента, генерируемого в плазме пучком быстрых ионов при различных сценариях инжекции в токамаке ТУМАН-3М. Расчеты проводились с помощью транспортного кода ASTRA [1] и кода NUBEAM [2].

Расчеты позволили получить оптимальную величину концентрации плазмы $n_e(0) = 3 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$, при которой величина плотности вращательного момента в центре плазмы M_T^{core} достигает максимума при ИНП в геометрии токамака ТУМАН-3М. Кроме того, с помощью расчетов была исследована зависимость M_T^{core} от мощности инжекции P_b . Рост P_b от 190 до 350 kW приводит к увеличению M_T^{core} на 65%, однако рост M_T^{core} с ростом P_b происходит медленнее, чем можно ожидать в отсутствие потерь напролет и с неудерживаемых траекторий. После учета этих потерь изменение величины M_T^{core} хорошо согласуется с изменением поглощенной мощности пучка. В расчетах обнаружено изменение величины M_T^{core} при изменении изотопного состава мишенной плазмы и пучка. Результаты расчетов позволили выбрать оптимальный для генерации вращательного момента изотопный состав. При инжекции водородного пучка в водородную плазму величина M_T^{core} в центральной области плазмы имеет максимальное значение по сравнению с другими сценариями инжекции.

Работа стандартных диагностик токамака ТУМАН-3М осуществлялась при поддержке гос. задания ФТИ им. А.Ф. Иоффе 0040-2024-0028. Эксперименты с нейтральной инжекцией осуществлены при поддержке гос. задания ФТИ им. А.Ф. Иоффе 0034-0021-0001. Исследования радиального электрического поля на токамаке ТУМАН-3М поддержаны грантом РНФ (проект 22-12-00062).

Литература

- [1]. G.V. Pereverzev, P.N. Yushmanov, (2002) ASTRA. Automated System for Transport Analysis in a Tokamak (IPP 5/98). Garching: Max-Planck-Institut für Plasmaphysik https://pure.mpg.de/rest/items/item_2138238_1/component/file_2138237/content
- [2]. NUBEAM Help, <https://w3.pppl.gov/pshare/help/nubeam.htm>

^{*)} DOI – тезисы на английском