Расчёт траекторий зондирующих частиц диагностики HIBP на токамаке Т-15МД

1,2Ильин А.М., 1,2Хабанов Ф.О., 1Мельников А.В.

1НИЦ "Курчатовский институт", г. Москва, Россия   
2Московский физико-технический институт (государственный университет),  
 г. Долгопрудный, Россия

Исследование плазмы в термоядерных установках требует точного и, по возможности, не возмущающего метода получения информации о горячей зоне плазмы. Одним из таких методов является зондирование пучком тяжелых ионов (heavy ion beam probe – HIBP) [1], основанное на инжекции в плазму поперек магнитного поля пучка однозарядных ионов Tl+ (Cs+, Au+) – первичный пучок, и регистрации покидающих плазму ионов Tl++ (Cs++, Au++) – вторичный пучок [2 – 4]. При попадании в плазму частицы первичного пучка ионизуются при соударении с электронами, в результате чего образуется веер вторичных частиц. Выходная апертура вырезает из этого веера вторичный пучок, при этом область в плазме, в которой ионизовались частицы этого пучка, является областью наблюдения. Анализ положения вторичного пучка на детекторе в энергетическом анализаторе позволяет определить значение электрического потенциала в области наблюдения.

При изменении угла влета в плазму первичного пучка область наблюдения движется вдоль детекторной линии. При увеличении энергии зондирующего пучка детекторная линия смещается глубже в плазму. Совокупность детекторных линий для разных энергий зондирующего пучка образует детекторную сетку, которая необходима для определения положения области наблюдения.

В настоящий момент планируется установка диагностики HIBP на новый токамак Т-15МД, что требует проведения подготовительных расчётов траекторий и детекторных сеток. Это необходимо для определения оптимального угла инжекции первичного пучка ионов Tl+, положения и размера выходной апертуры, а также угла вторичного ионопровода. Для проведения данных расчётов и построения траекторий авторским коллективом был написан программный пакет на языке Python.

В данном докладе представлена методика вычислений, примеры расчёта программным пакетом траекторий и детекторных сеток, а также сделаны выводы относительно возможностей расположения диагностики HIBP на токамаке Т-15МД.

Литература

1. A.V. Melnikov et al., "Heavy ion beam probing—diagnostics to study potential and turbulence in toroidal plasmas", Nucl. Fusion 57 072004, 2017.
2. M A Drabinskii et al., "The upgraded heavy ion beam probe diagnostics on the T-10 tokamak", J. Phys.: Conf. Ser., 2016, 747 012017.
3. Bondarenko I.S. et al. 2001 Rev. Sci. Instrum. 72 583.
4. A. Fujisawa et al. A 6 MeV Heavy Ion Beam Probe for the Large Helical Device // IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, AUGUST 1994, Vol. 22, No. 4.