

УЛАСЕВИЧ Д.Л.<sup>1,2</sup>, ХАЙРУТДИНОВ Р.Р.<sup>1</sup>, АНДРЕЕВ В.Ф.<sup>1</sup> АСАДУЛИН Г.М.<sup>1</sup>, СЕРГЕЕВ Д.С.<sup>1</sup>,  
РЫЖАКОВ Д.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПЛАЗМЕ ТОКАМАКА Т-15МД

В данной работе приводится описание метода восстановления магнитных поверхностей плазмы и нормированных профилей электронной плотности и температуры в плазме токамака Т-15МД и приводятся примеры расчета для избранных импульсов кампании 2023/24 года.

ULASEVICH D.L.<sup>1,2</sup>, KHAYRUTDINOV R.R.<sup>1</sup>, ANDREEV V.F.<sup>1</sup> ASADULIN G.M.<sup>1</sup>, SERGEEV D.S.<sup>1</sup>, RYZHAKOV D.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia

<sup>2</sup>National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

## RECONSTRUCTION OF MAGNETIC SURFACES IN THE PLASMA OF TOKAMAK T-15MD

This paper describes a method for reconstructing plasma magnetic surfaces and normalized electron density and temperature profiles in the plasma of the T15-MD tokamak and provides computational examples for selected 2023/24 campaign pulses.

Восстановление границы плазмы – необходимый шаг при изучении внутренних процессов в плазме и определении различных параметров плазмы. Целью работы было продемонстрировать алгоритм восстановления магнитных поверхностей в плазме токамака Т-15МД по имеющимся магнитным диагностикам.

Выбранный метод восстановления плазменного равновесия применим в случае, когда в заданный момент времени из экспериментальных данных известны величины токов в плазме и катушках полоидального магнитного поля, суммарный ток по камере, а также потоки в магнитных петлях. Для восстановления профиля тока плазмы используется метод подвижных токовых филаментов.

Метод филаментов [2] – замена плазменного шнура набором из  $K$  виртуальных токовых колец с токами  $I_k$ , так что выполняется условие  $I_{pl} = \sum^K I_k$ . Поток плазмы представлен в виде  $\Psi_{pl}(r, z) = \sum^K I_k G(r_k, z_k, r, z)$ , где  $G$  – функция Грина. Аналогично представляется поток  $\Psi_{ext}$  от  $N$  полоидальных катушек и  $H$  пассивных элементов камеры. Тогда суммарный магнитный поток имеет вид  $\Psi_{sum} = \Psi_{pl} + \Psi_{ext}$ . При этом ток по  $H$  пассивным элементам камеры, представленных набором аксиально-симметричных элементов, вычисляется при помощи 5-ти моментного разложения Фурье [3].

Отличие используемого в данной работе метода от классического метода филаментов, описанного выше, заключается в итеративном смещении позиции филаментов так, что филаменты всегда расположены вокруг магнитной оси восстановленной плазмы, что значительно повышает точность восстановления.

Был создан алгоритм отображения измеренных профилей  $T_e$  и  $n_e$  на восстановленную сетку магнитных поверхностей. Для восстановления нормированных профилей использовались диагностики Томпсона рассеяния и СВЧ-интерферометр. СВЧ-интерферометр позволяет измерять величину  $\int n_e dz$  вдоль хорды  $R=150$  см вертикально, а диагностика Томпсона рассеяния дает 10 локальных точек измерения на оси  $z=0$  с величинами  $T_e$  и  $n_{e1}$ , после чего величина  $n_{e1}$  нормировалась по данным СВЧ-интерферометра.

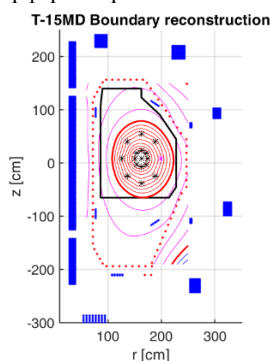


Рисунок 1 Пример восстановления равновесия в плазме Т15-МД, #845 (350 мс)

В работе продемонстрированы результаты восстановления равновесия для избранных импульсов зимней кампании 2023/24 года. Показано хорошее согласие между восстановленной границей плазмы и данными видеосъемки в режимах с СВЧ-нагревом плазмы (ток плазмы > 50 кА). Показано, что восстановление границы плазмы затруднено в случаях, если ток по камере превышает ток, текущий по плазме. Кроме того, была протестирована программа FV в пультовой Т15-МД, позволяющая производить восстановление равновесия сразу после импульса в автоматическом режиме.

Список литературы

1. Khvostenko, P. P., et al. // Physics of Atomic Nuclei 83 (2020): 1037-1057
2. Lao L.L. et al. // Nucl. Fusion 25 (1985) 1611
3. M.Sugihara, V.Lukash et al. // 30th EPS Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, St-Petersburg, July 2003