

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ШНУРА ПЛАЗМЫ В ТОКАМАКЕ МИФИСТ-0 НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ РАЗРЯДА

Университетский токамак МИФИСТ-0 создан в качестве учебно-демонстрационной площадки для подготовки высококвалифицированных кадров в области управляемого термоядерного синтеза и является хорошей возможностью для студентов получить практические навыки на установке, приближенной по своим свойствам к крупным исследовательским токамакам. При этом сам процесс создания и оснащения токамака, происходящий с активным привлечением студентов, также решает задачу подготовки новых кадров [1]. Одним из примеров подобных работ является создание и поэтапное улучшение системы электромагнитных диагностик.

Электромагнитные диагностики часто применяются на токамаках для определения таких параметров плазмы как ток плазмы, положение плазменного шнура, его форма и др.. На основе данных о магнитном поле, создаваемом в ходе эксперимента, можно получить информацию о характеристиках плазменного шнура [2]. Целью данной работы является создание, калибровка и испытание однокомпонентных электромагнитных зондов (катушек Мирнова) в комплексе с другими диагностиками – поясом Роговского и петлями измерения напряжения на обходе. В результате была успешно апробирована методика, позволяющая определить положения плазменного шнура, созданного в ходе экспериментов на токамаке МИФИСТ-0.

Был создан и размещён комплекс из восьми магнитных зондов (четыре снаружи разрядной камеры и четыре внутри). С помощью использования приведённых ниже общеизвестных формул, были восстановлены зависимости положения плазменного шнура от времени [3]. Упомянутые формулы для определения вертикального и горизонтального смещения соответственно имеют следующий вид:

$$\Delta z = \frac{B_B - B_H}{B_B + B_H} h = \frac{\int (S_{\text{эф}_B} - S_{\text{эф}_H}) dt}{\int (S_{\text{эф}_B} + S_{\text{эф}_H}) dt} h \quad (1)$$

$$\Delta R = \frac{(\Psi_2 - \Psi_1) - 2\pi \cdot d \cdot (R_1 \cdot B_1 + R_2 \cdot B_2)}{2\pi \cdot (R_1 \cdot B_1 - R_2 \cdot B_2)} \quad (2)$$

где  $U_B$  и  $U_H$  – сигналы с верхней и нижней катушки Мирнова соответственно (катушки МР-1 и МР-3 на рисунке 1а соответственно),  $S_{\text{эф}_B}$  и  $S_{\text{эф}_H}$  – эффективные площади верхней и нижней катушки,  $R_1, R_2$  – радиусы петель напряжения на обходе (см. рис. 1б),  $B_1, B_2$  – локальное магнитное поле, измеренное магнитными зондами 2 и 4 соответственно (см. рис. 1б),  $\Psi_1, \Psi_2$  – полоидальные магнитные потоки через внутреннюю и внешнюю петли напряжения на обходе соответственно,  $d$  – расстояние от зонда до середины отрезка, соединяющего пару зондов Мирнова.

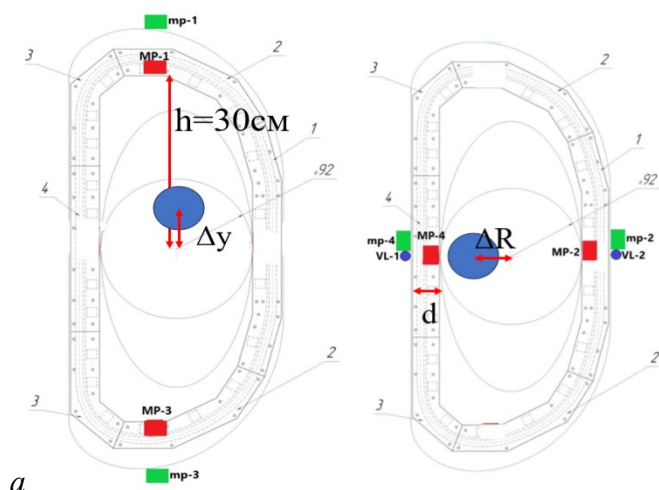


Рис. 1. Расположение электромагнитных диагностик для определения: а) вертикального смещения плазменного шнура б) горизонтального смещения плазменного шнура

Стоит отметить, что пояс Роговского используется для определения и последующего вычитания тороидальной компоненты магнитного поля, влияющей на корректность получаемых результатов.

Также в рамках описанной работы были измерены эффективные площади созданных зондов, они указаны в таблице 1.

Номер зонда	$S_{eff}^{in}$ , см <sup>2</sup>
1	217
2	107
3	180
4	143

*Таблица 1.* Параметры внутрикамерных однокомпонентных зондов.

Описанные зонды и методика определения параметров плазменного шнура будут использованы в дальнейших экспериментах на установке МИФИСТ-0 как важное дополнение общей системы диагностик токамака. На данном этапе этот метод позволил определить положение плазменного шнура на начальных этапах разряда в токамаке МИФИСТ-0.

*Список литературы*

1. S.A. Krat et al, MPhIST-0 tokamak for education and research, Fusion Science and Technology, 79(4):1-19
2. «Диагностический комплекс токамака МИФИСТ-0», В сборнике Тезисы докладов 20я Всероссийская конференция «Диагностика Высокотемпературной Плазмы» 18.09.2023 – 22.09.2023, Сочи, Россия
3. Кольцевой лимитер токамака «МИФИСТ-0» / А. Д. Изарова, А. С. Пришвицын, Н. Е. Ефимов [и др.] // Лазерные, плазменные исследования и технологии. ЛАПЛАЗ-2022 : СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЛАУРЕАТА НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ БАСОВА НИКОЛАЯ ГЕННАДИЕВИЧА, Москва, 22–25 марта 2022 года. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2022. – С. 136. – EDN GARXMU.