ТОМСОНОВСКОЕ РАССЕЯНИЕ В ДИВЕРТОРЕ ТОКАМАКА-РЕАКТОРА [[1]](#footnote-1)\*)

Мухин Е.Е.

Физико-технический институт им А.Ф.Иоффе, 194021, Санкт Петербург [e.mukhin@mail.ioffe.ru](mailto:e.mukhin@mail.ioffe.ru)

Важной частью экспериментальной программы по разработке токамака реактора станут режимы с большими тепловыми потоками через последнюю замкнутую магнитную поверхность. В таких режимах ограничивающими факторами становятся физические ограничения тепловой нагрузки на первую стенку и элементы дивертора. Дивертор – наиболее энерго-напряженный и потому самый критический элемент любого токамака-реактора. Именно поэтому необходимо уделять внимание изучению пристеночной плазмы, взаимодействию плазма-стенка, исследованию и контролю рециклинга водорода, контролю режима с полным или частичным отрывом плазмы, характеризующегося существенным снижением тепловой нагрузки на пластины дивертора. Высокая плотность мощности дополнительного нагрева токамака-реактора приведет к экстремально высоким нагрузкам на область дивертора, что увеличит риск серьезной аварии. Режимы работы дивертора, их оптимизация и отслеживание в процессе работы приобретают особо важное значение для защиты реактора от аварий. Модель пристеночной и диверторной плазмы, а также режима отрыва до конца не разработана. При разработке режимов работы дивертора потребуются надежные экспериментальные данные о распределении электронной, ионной и нейтральной компонент плазмы (*Te,ne,Ti,ni,nHe/H/D/T*), необходимые для валидации теоретических моделей и численных кодов [1].

Скорости реакций с участием электронной компоненты *Te, ne*, такие как ионизация, рекомбинация и излучение играют важную роль в охлаждении плазмы. Параметры ионной компоненты и концентрация нейтрали *Ti, ni, nHe/H/D/T*важны при оценке скоростей ион-нейтральных столкновений.

Всю совокупность плазменных параметров в районе Х-точки, их изменение от Х-точки вдоль сепаратрисы до наружной диверторной мишени и вдоль поверхности наружной диверторной пластины предлагается решать с помощью совмещенной лазерной диагностики томсоновского рассеяния (ТР) и лазерно – индуцированной флуоресценции (ЛИФ) [2]. Одна из наиболее важных функций диагностики будет заключаться в проверке модельных предположений поведения плазмы в диверторе и ее отрыва от диверторных пластин. Акцент на исследовании наружной диверторной ноги объясняется тем, что полный отрыв плазмы от внутренней мишени дивертора обычно происходит раньше, чем во внешней, а также сложностью проведения лазерных измерений во внутренней ноге.

Совокупность параметров, измеряемых совмещенной диагностикой ТР/ЛИФ позволит:

- обеспечить контроль режима работы дивертора, определяя области преимущественной ионизации/рекомбинации в диверторной плазме с помощью измерений локальных значений скоростных коэффициентов ионизации и рекомбинации (*Te ne n\*He/H/D/T*);

- рассчитать силы трения плазменных потоков о нейтральную компоненту (*Ti, ni, n\*He/H/D/T*);

- рассчитать изменение давления вдоль наружной ноги дивертора (*Te ne Ti ni*);

- определить соотношение концентраций изотопов водорода n\*H/D/T,

- определить концентрацию (эффективность откачки) гелия – продукта термоядерного синтеза.

Литература

1. E.E. Mukhin, et al Physical aspects of divertor Thomson scattering implementation on ITER 2014 Nucl. Fusion **54** 043007 https://doi.org/10.1088/0029-5515/54/4/043007
2. E.E. Mukhin et al Integration of Thomson scattering and laser-induced fluorescence in ITER divertor 2019 Nucl. Fusion **59** 086052 https://doi.org/10.1088/1741-4326/ab1cd5

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/E/en/IN-Muhin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)