Конверсия магнитной энергии тока плазмы в кинетическую энергию убегающих электронов при срывах в токамаке [[1]](#footnote-1)\*)

Пустовитов В.Д., Савин В.Ю.

НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия,

Одной из многих причин повреждений первой стенки вакуумной камеры токамака является большой поток тепловой энергии, локально выбрасываемый на стенку убегающими электронами (УЭ) при срывах. Исследования показывают [1, 2], что запасенная УЭ энергия может достигать 100 МДж на установке ITER, а площадь поверхности стенки камеры, на которой выделяется энергия, достаточно мала. Условия установления режима, при котором электроны аккумулируют большую энергию, на данный момент изучены неполно [1-3].

В работе в рамках модели, включающей в себя плазменный шнур, вакуумный зазор и стенку камеры токамака, исследуется процесс конверсии энергии магнитного поля тока плазмы в кинетическую энергию УЭ в терминальной фазе срыва разряда. Следуя работам [1, 2], энергия, переданная от магнитного поля УЭ, выражается формулой:

  (1)

Здесь *a* – малый радиус токамака, *σp* – проводимость плазмы, *EC* – критическое поле, *Jp* и *JRE* – полный ток плазмы и ток УЭ соответственно. Интегрирование производится по объему плазмы и по времени рассматриваемого процесса (терминальная фаза срыва разряда).

При условии отсутствия смещения плазмы как целого и однородного распределения плотности токов по сечению плазмы временные зависимости токов находятся из системы дифференциальных уравнений первого порядка с учетом закона Ома [4]:

  (2)

Здесь *Jw* – ток в стенке камеры, *Rp* – сопротивление плазмы, *Lp* и *Lw* – индуктивности плазмы и стенки соответственно, – потоковая функция внешних токов на границе плазмы,  – постоянная времени.

При постоянной потоковой функции внешних токов для стандартных параметров разряда на токамаке ITER, используемых в работах [1, 2], полученное для конвертируемой в кинетическую энергию УЭ энергии поля значение в 66,47 МДж практически совпадает с соответствующим значением в работе [1] (~70 МДЖ) и в несколько раз меньше величины, указанной в работе [2] (~270 МДж). Это может быть связано с учетом в представленной работе конечной резистивности стенки камеры (значительная часть тока УЭ на терминальной стадии конвертируется в ток в стенке, что приводит к значительным энергетическим потерям в ней), а также с учетом в работе [2] генерации УЭ за счет лавинного механизма (усиливающей конверсию), которая не учитывается в данной работе.

Литература

1. Riemann J., Smith H. M., Physics of Plasmas, 2012. – Т. 19. – №. 1. – С. 012507.
2. Martin-Solis J. R. et al, Nuclear Fusion, 2014. – Т. 54. – №. 8. – С. 083027.
3. Dai A. J. et al, Plasma Physics and Controlled Fusion, 2018. – Т. 60. – №. 5. – С. 055003.
4. Pustovitov V.D., Plasma Physics Reports, 2019. – Т. 45. – №. 12. – С. 1114-1127.
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Mu/en/CI-Savin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)