ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РАВНОВЕСИЯ ПЛАЗМЫ С НЕКРУГЛЫМ СЕЧЕНИЕМ К АНАЛИЗУ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТОКАМАКЕ [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Чукашев Н.В., 1,3Пустовитов В.Д.

1НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, [chukashev\_nv@nrcki.ru](mailto:chukashev_nv@nrcki.ru)  
2Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия  
3Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

В современных токамаках, работающих с вертикально вытянутой плазмой, развивается неустойчивость по вертикали (Vertical Displacement Events, VDEs). Существующая аналитическая теория равновесия плазмы создавалась в основном для «круглой» плазмы и потому не годится для описания VDE. Для ее расширения необходимо ввести два новых элемента: учёт некруглой формы сечения плазмы и электромагнитной реакции стенки на эволюцию её равновесия (включая срывы).

Взаимодействие плазмы и стенки описывается законами Фарадея и Ома, содержащими производную полоидального потока по времени, который находится из решения внешней задачи равновесия. В аналитической теории рассматривалась модель прямого шнура с током [1-4]. Мы доказываем, что в задачах эволюции тороидальной плазмы результаты [1-4] недостаточны, и предлагаем необходимое улучшение.

В цилиндрических моделях проблемы возникают из-за вырождения граничных условий для полоидального потока, требующих только его непрерывности на границе плазмы. При этом константа интегрирования уравнения Грэда-Шафранова остаётся неопределённой. Она является свободным параметром и иногда полагается равной нулю [3, 4]. Однако, будучи прямо связанной с напряжением обхода, она не может считаться произвольной в тороидальных системах. Необходимо ее точное нахождение для вычисления реакции стенки на переходные процессы в плазме.

Здесь для решения внешней задачи равновесия с целью анализа нестационарных равновесий используется метод функции Грина [5, 6]. Недавно этот метод позволил учесть в задаче одновременно как тороидальность плазмы, так и вытянутость её сечения [6]. Это открывает возможность для оценки константы интегрирования и далее для вывода уравнений движения плазмы, пригодных для анализа VDE.

Литература

1. Gajewski R., Phys. Fluids, 1972, 15, 70
2. Strauss H.R., Phys. Fluids, 1974, 17, 1040
3. Papaloizou J.C.P. et al, Nucl. Fusion, 1977, 17, 33
4. Захаров Л.Е., Шафранов В.Д., Вопросы теории плазмы. Вып. 11 / под ред. М.А. Леонтовича и Б.Б. Кадомцева. М.: Энергоиздат, 1982. С. 147.
5. Пустовитов В.Д., Физика плазмы, 2019, Т. 45, С. 1088
6. Пустовитов В.Д., Чукашев Н.В., Физика плазмы, 2021, Т. 47, С. 876

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Mu/en/BF-Chukashev_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)