

## ТРАНСПОРТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ НЕЦЕНТРАЛЬНОГО ЭЦР-НАГРЕВА В ТОКАМАКЕ <sup>\*)</sup>

<sup>1</sup>Днестровский Ю.Н., <sup>1,2,3</sup>Мельников А.В., <sup>1,2</sup>Касьянова Н.В., <sup>1</sup>Андреев В.Ф.,  
<sup>1</sup>Лысенко С.Е., <sup>1</sup>Черкасов С.В.

<sup>1</sup>НИЦ “Курчатовский институт” г. Москва, Россия,

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (НИУ), г. Долгопрудный, Россия

<sup>3</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

Эксперименты по нецентральному нагреву на электронно-циклотронном резонансе (ЭЦР) при малых токах и умеренной плотности плазмы на токамаке DIII-D [1, 2] показали, что при расположении резонансной точки  $r_{res}$  на половине малого радиуса, центральная электронная температура  $T_e(0)$  оказывается в 3-4 раза выше температуры  $T_e(r_{res})$ . В то же время на токамаке T-10 в разрядах с большим током и малой плотностью при нецентральном ЭЦР-нагреве наблюдались довольно плоские профили температуры  $T_e(0) \sim T_e(r_{res})$ .

В настоящей работе для описания стационарной стадии этих экспериментов используется Транспортная модель канонических профилей (ТМКП) [3]. С ее помощью показано, что при ненулевых граничных и начальных условиях, даже при отсутствии омического и ЭЦР-нагрева, существуют стационарные решения с высокой центральной температурой электронов и отсутствием радиальных потоков тепла. Анализ экспериментов [1, 2] показал, что на интервале  $(0, r_{res})$  вся омическая мощность  $Q_{OH}$  передается ионам из-за большой величины электрон-ионного обменного члена  $Q_{ei}$ , и направленный наружу радиальный поток тепла в электронном канале в этом интервале очень мал. В результате, на этом интервале решение транспортного уравнения для  $T_e$  в модели ТМКП практически совпадает с  $T_e^{can}$ , что обеспечивает высокую температуру электронов в центре. Необходимое для этого условие имеет вид  $Q_{ei} > Q_{OH}$ . В T-10 это условие не выполняется.

Профили экспериментальной, расчетной и канонической электронной температуры:  $T_e^{exp}$ ,  $T_e$  и  $T_e^{can}$ , а также профили вложенной мощности ЭЦР-нагрева  $P_{EC}$  показаны на рис. 1 для DIII-D и на рис.2 для T-10. Видно, что в DIII-D профиль электронной температуры  $T_e$  близок к каноническому профилю  $T_e^{can}$ , а в T-10 экспериментальный и расчетный профили температуры лежат далеко от канонического.

Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания НИЦ «Курчатовский институт». Моделирование поддержано Российским научным фондом, грант 23-72-00042.

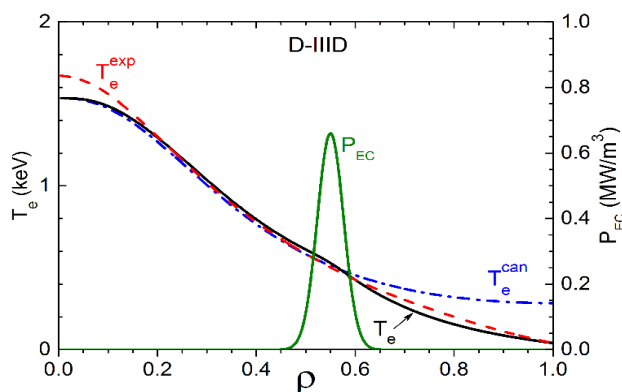


Рис. 1.

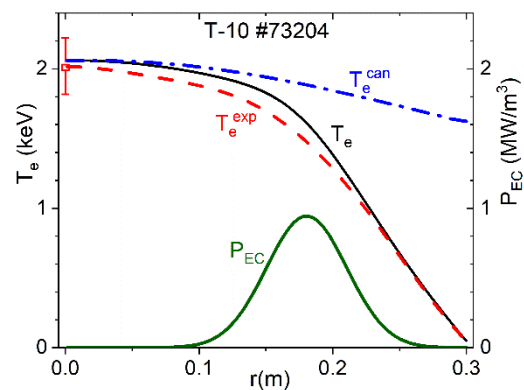


Рис. 2.

### Литература

- [1]. T.C. Luce, et al., Phys. Rev. Lett. **68**, 52(1992).
- [2]. C.C. Petty and T. C. Luce, Nucl. Fusion **34** (1994) 121.
- [3]. Yu.N. Dnestrovskij, Self-Organization of Hot Plasmas (Springer, Berlin, 2015)

<sup>\*)</sup> DOI – тезисы на английском