

## АНАЛИЗ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЧ ВОЛН В ТОКАМАКАХ И СТЕЛЛАТОРАХ ПО ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ КАНОНИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ<sup>\*)</sup>

<sup>1</sup>Днестровский Ю.Н., <sup>1</sup>Мельников А.В., <sup>1</sup>Андреев В.Ф., <sup>1</sup>Лысенко С.Е.,  
<sup>1</sup>Нургалиев М.Р., <sup>2</sup>Шалашов А.Г.

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» Москва, Россия, [yudnestrov@gmail.com](mailto:yudnestrov@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

На токамаке Т-10 температура электронов при СВЧ нагреве на второй гармонике необыкновенной волны (электронно-циклотронная (ЭЦ) мода X2) при невысокой плотности плазмы ( $n < 3 \times 10^{19} \text{ м}^{-3}$ ) оказывается существенно ниже, чем на первой гармонике обыкновенной волны (O1), рис. 1. Возможно, это вызвано неполным поглощением ЭЦ-волн на второй гармонике. Анализ экспериментальных данных токамака Т-10 и стеллараторов ТЖ-П и Л-2М, использующий транспортную модель канонических профилей, показал, что доля поглощенной мощности  $\eta = Q_{ab}/Q_{EC}$  при  $n < n_{cr}$  линейно растет с плотностью. Здесь  $Q_{ab}$  и  $Q_{EC}$  – поглощенная и введенная СВЧ мощность, критическая плотность  $n_{cr}$  зависит от магнитного поля:  $n_{cr} = 1.2 \cdot B$ , [ $10^{19} \text{ м}^{-3}$ , Тл]. Теория [2] предсказывает, что в случае X2 моды, доля поглощенной мощности  $\eta$  зависит от оптической толщины плазмы  $\tau$

$$\eta = 1 - \exp(-\tau), \text{ где } \tau \approx 5.6 \left( \frac{n T_e R}{1.5 B} \right). \quad (1)$$

На рис. 2 показана зависимость эффективности нагрева от плотности для токамака Т-15МД при  $B=1.5$  и 2 Тл. Кривые с насыщением – теоретические формулы (1); пунктирные линии построены по эмпирической формуле [1]. Видно, что расхождения между классической и эмпирической формулами находятся в диапазоне изменения плотности  $n < 2 \times 10^{19} \text{ м}^{-3}$ . Для преодоления области неполного поглощения в Т-15МД предлагается использовать дополнительный нагрев ИЦ волнами или нейтральной инжекцией, или начинать разряд при  $n > n_{cr}$ , а затем сбрасывать плотность с одновременным подогревом.

Работа поддержана Государственным заданием для НИЦ «Курчатовский институт». Моделирование Т-10, ТЖ-П и Л-2М поддержано грантом РФФИ 23-72-00042.

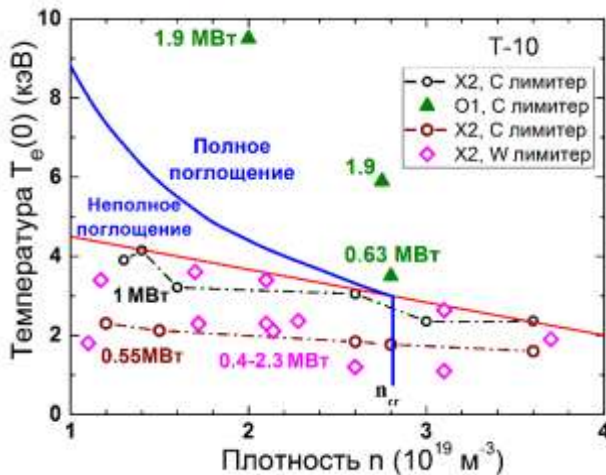


Рис. 1. Сравнение нагрева на первой (O1) и второй (X2) гармонике в токамаке Т-10.

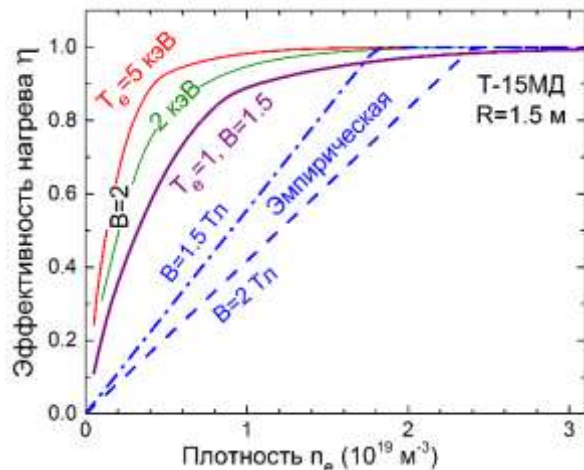


Рис. 2. Теоретические (сплошные линии) и эмпирические (пунктир) зависимости эффективности ЭЦ-нагрева в Т-15МД.

### Литература

- [1]. Днестровский Ю.Н. и др. Письма в ЖЭТФ **118** (2023) 252.  
[2]. Prater R. Phys. Plasmas **11** (2004) 2349.

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