Анализ режимов с наилучшим удержанием энергии в плазме токамака [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Касьянова Н.В., 1Разумова К.А., 1Андреев В.Ф.

1НИЦ «Курчатовский Институт», Москва, Россия, [Kasyanova\_NV@nrcki.ru](mailto:Kasyanova_NV@nrcki.ru)  
2МФТИ (НИУ), Долгопрудный, Россия

К настоящему времени накоплено много экспериментальных данных, свидетельствующих о том, что для описания явлений переноса в турбулентной плазме токамака не применимы соотношения Фика, в которых потоки тепла и частиц выражаются через локальные параметры плазмы и их градиенты. Из экспериментов известно, что нормированный профиль давления не зависит от параметров плазмы, способа ее нагрева и размера установки [1]. Поэтому для описания энергобаланса плазмы необходимо использовать уравнение, которое сохраняло бы нормированный профиль давления.

В работе [2] для описания эволюции плазмы предложен подход неравновесной термодинамики. В рамках этого подхода динамика релаксации системы при вынужденном отклонении от равновесного состояния описывается уравнением подобным уравнению Смолуховского с коэффициентом теплопроводности *κ*=*θ*(*χ0*+*χ1*) [2]. Если профиль давления близок к самосогласованному профилю, то коэффициент *κ*=*θχ0* минимален (т.е. *χ1*=0), энергосодержание достигает максимального значения. В противоположном случае возникает дополнительный поток тепла, направленный на то, чтобы приблизить профиль давления к самосогласованному профилю, и коэффициент теплопроводности увеличивается *κ*=*θ*(*χ0*+*χ1*).

Режимы с насыщенным омическим удержанием (SOC), в которых достигается максимальное энергосодержание плазмы, соответствуют минимальному отклонению профиля давления от самосогласованного профиля. Поэтому анализ режимов SOC позволяет оценить коэффициент теплопроводности *χ0*. Эксперименты, проведенные на токамаке Т-10, показали, что в пределах экспериментальной погрешности коэффициент *χ0* постоянен по радиусу, и его величина не зависит от мощности нагрева плазмы. Используя найденный коэффициент *χ0*, проведены оценки максимального удержания энергии для токамаков DIII-D (в гибридном режиме, I- и H- моде, супер H-моде); JET (в гибридном режиме); ASDEX Upgrade (в гибридном режиме и I-моде); JT-60U и KSTAR (в гибридных режимах). Показано, что экспериментально измеренное энергосодержание плазмы близко к расчетным максимальным значениям или не превышает их (рис. 1). Проведены оценки удержания энергии для двух базовых режимов работы токамака ITER.

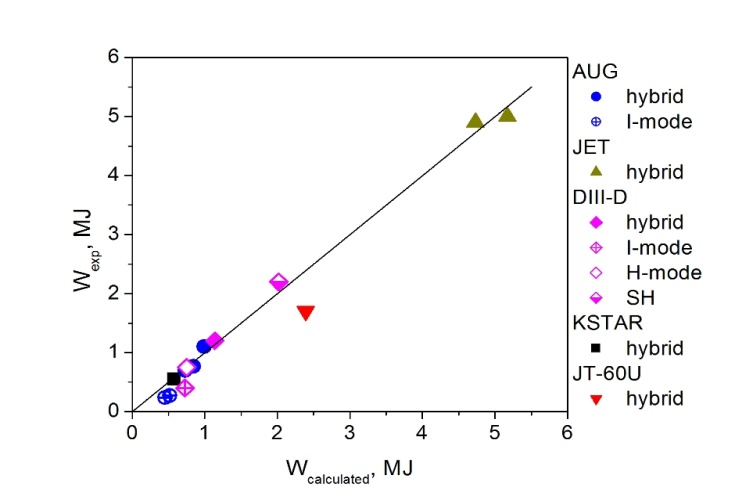


Рис. 1. Рассчитанное и экспериментальное энергосодержание плазмы.

Литература

1. Razumova K.A., et al Nucl. Fusion. 49 (2009) 065011
2. Дябилин К.С., Разумова К.А. Физика плазмы, 2015, т. 41, с. 747

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