Модификация транспортной модели канонических профилей на основе новых экспериментов установки DIII-D

Ю.Н. Днестровский, А.В. Данилов, А.Ю. Днестровский, Д.П. Kостомаров, С.E. Лысенко, С.В. Черкасов

НИЦ "Курчатовский институт", 123182 Москва, Россия, dnyn@nfi.kiae.ru

Недавние эксперименты на DIII-D показали, что жесткость профиля температуры ионов *i* возрастает по радиусу на порядок величины в области 0.4 <  < 0.7 [1]. В области  < 0.4 жесткость невелика и профиль температуры ионов «мягкий». Жесткость профиля также возрастает при уменьшении скорости тороидального вращения. Авторы [1] построили зависимости потоков тепла по ионному каналу от градиента температуры ионов в четырех точках по радиусу при разных мощностях нагрева. Комбинации ко- и контр- нагревных пучков нейтралов дали возможность провести измерения при разных скоростях тороидального вращения, и найти зависимости *i* от радиуса при больших и малых скоростях вращения. Результаты работы [1] служат исходной точкой в настоящей работе.

Профили параметра безопасности *q*(), приведенные в [1], имеют всюду *q*() > 1. Для импульсов с быстрым вращением вблизи центра плазмы, профиль *q*() монотонный и лишь немного превышает единицу. Для импульсов с медленным вращением профиль *q*() имеет, кроме того, небольшой минимум при  ~ 0.2 – 0.3. Такие профили *q*() обычно наблюдаются в так называемых “hybrid” (или “advanced”) режимах на токамаках.

В линейной транспортной модели канонических профилей [2] поток тепла имеет вид:

 *qk* = -κ*k* *Tk*(*Tk*′/*Tk* – *T*c′/*T*c) *Н*(│*Tk*′/*Tk*│–│*T*c′/*T*c│) – κ*k*0*Tk*′ - 3/2*Tk* n - *n*χ*k*MHD *Tk*′, (1)

где *k* - жесткость профиля температуры (*k* = *e*, *i*),

 κ*k* = *k*/*M* (1/*A*)3/4 *q*(=max/2) (*q*cyl / *B*)*Tk*1/2(=max/4) (3/*R*0)1/4 = const(). (2)

Экспериментальные профили жесткости температуры ионов κi, полученные на DIII-D, позволили модифицировать транспортную модель. В новой модели предполагается, что жесткость профиля температуры ионов может быть представлена в виде

* imod = i S(**) G*(*V*tor), (3)

где *S*() и *G*(*V*tor) – безразмерные функции, описывающие непостоянство *i* по радиусу и зависимость этого коэффициента от тороидальной скорости вращения. Функция *S*() определена из [1] по экстраполяции ее значений в четырех точках по радиусу. Функция *G*(*V*tor) – по аппроксимации ее значений в импульсах с малой и большой скоростью вращения. Коэффициенты фоновой теплопроводности ионов в центральной части шнура *i*0, где жесткость мала, определены с помощью минимизации RMS отклонений расчетной температуры ионов от экспериментальной температуры. Эта процедура попутно позволила также определить зависимость *i*0 от центральной температуры ионов. Новая модель позволила с разумной точностью описать поведение профилей температуры ионов в семи импульсах DIII-D для случаев большой и малой скорости тороидального вращения плазмы.

Литература

1. Luce T.C., *et al.* Experimental Tests of Stiffness in the Electron and Ion Energy Transport in the DIII-D Tokamak. 24-th FEC, 2012, San Diego, Rep. EX/P3-18.
2. Днестровский Ю.Н. Самоорганизация горячей плазмы. Изд. НИЦ Курчатовский Институт, 2013, 172 с.