о предельной плотности плазмы в токамаке

Мережкин В.Г., Муховатов В.С.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, vitm@mail.ru

Возможность повышения предельной плотности плазмы в токамаке также важна, как и возможность повышения времени удержания энергииE, тем более, когда сама величина E зависит от плотности и растет пропорционально значениям‾ne. Возможность получения режима с Q ≈ 0.95 ∝ nET(o) при Emax ≈ 1 с была показана на установке JET в достаточно коротком (~1,2 с) режиме с инжекционным нагревом при непрерывном нарастании средней плотности D-T плазмы от 1,6⋅1013 до 5,4 × 1013 см–3. Численный расчет эволюции основных параметров разряда для импульса 42946 в JET, выполненный в транспортном коде АТ с коэффициентами электронной температуропроводности ean (T-11) ∝ 1/ne, не обнаружил существенного расхождения с экспериментальными данными по p, E и значениям Тi(o) и Тe(o) [1].

В режимах с инжекцией пучков на установке Т-11 средняя плотность плазмы повышалась до (6 – 7) × 1013 см–3 до таких же значений, как и в омических режимах с низкими Zeff при запасе устойчивости qa ≈ 2.5. На установке Т-10 запас устойчивости qa в омических режимах варьи-ровался, но предел по плотности изменялся достаточно слабо при снижении тока в режимах с постоянной величиной тороидального поля.

J. Hugill и M. Greenwald предложили следующую формулу для предельной плотности плазмы в токамаке,

 ‾nemax (1020 м–3) = Ip(MA)/a2(м2) = 1,67 Bt(T) /(qa R), (1)

с которой неплохо согласовывались экспериментальные данные, полученные к 2000 г. в токамаках.

В работе [2] приведена формула для предельной плотности плазмы, которая может выполняться в омических режимах с низкими Zeff при повышении e\* до 1 на среднем радиусе плазмы. По данным Т-11 максимальная величина средней плотности плазмы при e\* ~ 1 должна определяться формулой

 ‾nemax (1020 м–3) = 12,2 (a/q)5/3 Bt4/3/R2 (∝ 1/R1/3 при a/R = const, qa = const). (2)

В таблице показаны экспериментальные и рассчитанные данные по‾nemax из формул (1) и (2).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Установки | Параметры | ‾ne max (1014 см–3) |
|  |  a m |  R m |   |  Bt  T | qa  |  Zeff  |  EXP |  Gr-Hu  scaling |  T-11 scaling |
| T-11 | 0,2 | 0,7 |  1 | 0,9 | 2,5 | ~ 1 |  0,65 |  0,8 |  0,35  |
| T-10 | 0,3 | 1,5 |  1 | 2,4 | 2,5 | ~1,3 |  0,60 |  1,04 |  0,51  |
| T-10 | 0,3 | 1,5 |  1 | 2,4 | 2,5 | ~1,1 |  0,73 |  **,,** |  **,,**  |
| JET | 1,0 | 2,96 | 1,5 | 3,4 | 2,3 | ~2,0 |  0,54 |  0,8 |  1,84  |
| Alcator-C | 0,165 | 0,64 |  1 | 13 | 3,5 |  1,3  |  9,1 |  9,36 |  5,56  |
| ТБА | 0,25 | 2,0 |  1 | 8,0 | 2,5 |  1,1 |  - |  2,5 |  1,05  |
| ITER | 2,0 | 6,2 | 1,7 | 5,2 | 2,3 |  - |  - |  1,2 |  2,26  |

Литература

1. В.Г. Мережкин. Препринт ИАЭ-6145/6. Москва, 1999.
2. В.Г. Мережкин, В.С. Муховатов, А.Р.Полевой, Физика плазмы, том 14 (1988) 63.