Моделирование источника термоядерных нейтронов на основе аксиально-симметричной ловушки открытого типа для ториевого гибридного реактора [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Приходько В.В., 1,2Аржанников А.В.

1ИЯФ СО РАН, Новосибирск, РФ, [V.V.Prikhodko@inp.nsk.su](mailto:V.V.Prikhodko@inp.nsk.su)  
2НГУ, Новосибирск, РФ

Последние несколько лет в Томском политехническом университете рассматривается проект высокотемпературного ториевого реактора с газовым охлаждением [1]. В развитие этого проекта предложен гибридный реактор с подкритической топливной сборкой и аксиально-симметричной ловушкой в качестве источника нейтронов (ИН) [2]. В данной работе представлены результаты расчётов ИН в случае плазмы с 50% дейтерия и 50% трития, что даёт значительный рост выхода нейтронов по сравнению с чисто дейтериевой плазмой.

Расчёты проводились с помощью кода DOL [3]. Теоретическая модель, лежащая в его основе, предполагает разделение ионной функции распределения на две компоненты. Первая — это быстрые ионы, имеющие низкую частоту столкновений. Функция распределения этих ионов находится из решения кинетического уравнения, усреднённого по их периодическому движению вдоль магнитного поля. Вторая компонента — это тёплые ионы с модельной функцией распределения. Их удержание описывается уравнениями баланса частиц и энергии.

Рабочая область вакуумной камеры ИН имеет длину 15 м и ограничена магнитными пробками с полем 15‑20 Т. Эта область камеры разделена на две части. Вокруг первой части камеры размещены атомарные инжектора для нагрева плазмы. Здесь магнитное поле небольшое (около 0.8 Т) и слабо изменяется вдоль оси установки. Вторая часть камеры окружена топливной сборкой реактора и имеет длину около 3 м. Поле в ней плавно нарастает с 2 Т до 2.5 Т, обеспечивая однородную по длине эмиссию нейтронов. Результаты проведённых серий расчётов для разных мощностей инжекции представлены в таблице.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Мощность инжекции, МВт | 20 | 30 | 40 |
| Энергия инжекции, кэВ | 50 | 70 | 70 |
| Температура тёплых ионов и электронов, кэВ | 0.4 / 0.6 | 0.6 / 0.7 | 0.7 / 0.8 |
| Плотности тёплых и быстрых ионов, 1013 см-3 | 1.7 / 8.6 | 2.2 / 11 | 4.1 / 13 |
| Нейтронный выход в области топливной сборки, 1017 н/с | 0.6 | 1.8 | 2.6 |

В качестве критериев отбора использовались три условия. Первое: *tkin* / *tgd* < 1, где *tkin* и *tgd* — времена удержания тёплых ионов в кинетическом и газодинамическом режимах. Это консервативное условие, при выполнении которого микронеустойчивости на тёплых ионах не развиваются. Второе: *Ti* / *Einj* > 0.01, где *Ti* — температура ионов, а *Einj* — энергия атомов в инжектируемых пучках. При выполнении этого условия оказывается подавлена двугорбая неустойчивость. Третье: *nw* / *nf* > 0.1, где *nw* и *nf* — плотности тёплых и быстрых ионов. При нарушении этого условия может развиваться дрейфово-конусная циклотронная (DCLC) неустойчивость на быстрых ионах.

Литература

1. I.V.Shamanin, S.V.Bedenko, Yu.B.Chertkov, Thorium-loaded low-power reactor installation operated with super-long fuel residence time. Izvestiya Wysshikh Uchebnykh Zawedeniy, Yadernaya Energetika 2, 121–132 (2016) (in Russian).
2. A.Arzhannikov, S.Bedenko, V.Shmakov, V.Knyshev, I.Lutsik, V.Prikhodko, I.Shamanin. Gas-cooled thorium reactor at various fuel loadings and its modification by a plasma source of extra neutrons. NUCL SCI TECH (2019) 30:181. DOI: 10.1007/s41365-019-0707-y
3. Д.В.Юров, В.В.Приходько, Ю.А.Цидулко, "Нестационарная модель для описания осесимметричной открытой ловушки с неравновесной плазмой", Физика плазмы, т. 42, № 3, с. 217-233, (2016).

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Cm/en/KC-Prikhodko_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)