

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕЙТРОНОВ В ЭЛЕКТРОЯДЕРНОМ И МЕЗОКАТАЛИТИЧЕСКОМ ГИБРИДНОМ РЕАКТОРАХ

М.В. Казарновский, Л.Н. Латышева, М.Н. Оспанов, Ю.В. Петров,
С.В. Сержников, С.Ф. Сидоркин, Н.М. Соболевский

Представлены результаты расчетов максимального накопления ядер ^{239}Pu в бланкетах из металлического природного урана (без учета влияния конструкционных материалов и теплоносителя) электроядерного и гибридного мезокалалитического реакторов в расчете на один дейтрон с энергией ~ 1 ГэВ/нуклон.

Возможности использования электроядерных реакторов (ЭЛЯР) в энергетике определяются наработкой ядерного горючего (например, ^{239}Pu , образующегося при радиационном захвате нейтронов в ^{238}U), и непосредственным производством энергии за счет деления первичными (ускоренными) частицами и вторичными, образующимися в процессе развития цепной реакции в мишени и бланкете. Однако даже суммарная энергия, получаемая в ЭЛЯР как непосредственно, так и от сжигания горючего в ядерных реакторах на тепловых нейтронах, не обеспечивает достаточно большого положительного энергетического баланса /1/. Поэтому важной задачей является улучшение энергетического баланса. Оказалось /2/, что этого можно

Таблица 1

Сравнение характеристик ЭЛЯР и ГМКР

	Радиус мишени Be, см	Сорт частиц, падающих на бланкет или конвертер	Число частиц в расчете на нуклон	Число ядер ^{239}Pu на нуклон	Общее число ядер ^{239}Pu	Общее число делений
ЭЛЯР	—	d	0,5	99,6	99,6	40
ГМКР	0,5	d	0,1	17,9	145,0	58
		n	1,047	38,71		
		p	0,768	18,91		
		π^-	0,137	69,5		
ГМКР	2,0	d	0,035	6,2	149,2	60
		n	1,427	44,03		
		p	0,822	16,85		
		π^-	0,162	82,2		
ГМКР	4,0	d	0,012	2,1	144,5	58
		n	1,673	45,92		
		p	0,751	13,0		
		π^-	0,165	83,5		

С отрицательными расстройками ($w < 0$) связана возможность увеличения максимальных значений амплитуды ленгмюровской волны. В работе /5/ в приближении заданных амплитуд поперечных волн показано, что при определенной критической расстройке $w_k = -3(3/4)^{1/3} a^{4/3}$ максимальная амплитуда равна $Q_{\max} = 4\sqrt[6]{3/4} a^{2/3}$ и в $\sqrt{3} 4^{1/3}$ раз превышает максимальную амплитуду волны при $w = 0$. При дальнейшем уменьшении расстройки амплитуда волны скачком падает до значения $2\sqrt[6]{3/4} a^{2/3}$ и затем выходит на значение (6). Учет изменения амплитуд поперечных волн приводит к понижению максимально возможной амплитуды ленгмюровской волны $Q_{\max} = 4\sqrt[6]{3/4} a^{2/3} [1 - (4/3)^{4/3} / \gamma_1 \gamma_2 a^{4/3}]$ и уменьшению абсолютной величины критической расстройки $w_k = -3(3/4)^{1/3} a^{4/3} [1 - \sqrt[3]{4/3} \gamma_1 \gamma_2 a^{4/3}]$.

При выполнении неравенства, противоположного (5), зависимость Q_{\max} от знака расстройки w отсутствует и максимально возможному значению Q_{\max} отвечает $w = 0$.

Приведем некоторые оценки, используя данные эксперимента /6/ ($\gamma_1 = 10$, $\gamma_2 = 9$, $a = 4 \cdot 10^{-2}$). Согласно неравенству (5) в этих условиях амплитуда ленгмюровской волны определяется изменением амплитуд лазерных волн и может достигать величины $Q_{\max} \approx 0,13$. Проводившиеся ранее оценки по формулам работы /2/ давали для Q_{\max} несколько большее значение 0,16.

В условиях эксперимента /6/ можно пренебречь расстройкой w , если она меньше $(\gamma_1 \gamma_2)^{-1} \approx 10^{-2}$. Это значит, что концентрация плазмы должна отличаться от резонансной концентрации менее чем на один процент.

Характерное время для достижения максимальной амплитуды в условиях неравенства, противоположного (5), можно оценить с помощью уравнения (4). Для $w = 0$ получаем $T \approx \pi \sqrt{\gamma_1} / \omega a$ /7/. Применительно к условиям эксперимента /6/ находим ($\omega \approx 2 \cdot 10^{13} \text{ c}^{-1}$) $T \approx 10^{-11} \text{ c}$. Длительность лазерного импульса в экспериментах /6/ составляла $\sim 10^{-9} \text{ c}$ и условие $sT \ll L$ выполнялось.

Выше были рассмотрены только две поперечные волны, создаваемые лазерами. За счет процессов вынужденного рассеяния в плазме возникнет каскад поперечных волн с частотами $\omega_1 \pm n\omega_p$ и $\omega_2 \pm n\omega_p$, где n — целое число /8, 9, 10/. Однако, как показали численные расчеты /7/, учет каскада не влияет существенно на эволюцию ленгмюровской волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tajima T., Dawson J. M. Phys. Rev. Lett., 43, 267 (1979).
2. Rosenbluth M. N., Liu C. S. Phys. Rev. Lett., 29, 701 (1972).
3. Александров А. Ф., Богданкевич Л. С., Рухадзе А. А. Основы электродинамики плазмы. М., Высшая школа, 1978, с. 56.
4. Manlèy J. M., Rowe H. E. Proc. IRE, 40, 904 (1956).
5. Tang C. M., Sprangle P., Sudan R. N. Phys. Fluids, 28, 1974 (1985).
6. Clayton C. E. et al. Phys. Rev. Lett., 54, 2343 (1985).
7. Bãtha S. H., Mc Kinstrie C. J. IEEE Trans. on Plasma Sci., PS-15, No 2, 131 (1987).
8. Karttunen C. J., Salomaa R. R. E. IEEE Trans. on Plasma Sci., PS-15, No 2, 134 (1987).
9. Mc Kinstrie C. J., Bãtha S. H. Proc. Workshop New Development in Particle Acceleration Techniques, v. II, Orsay, 1987, p. 443.
10. Данилкин И. С. ЖТФ, 36, 266 (1966).

Поступила в редакцию 16 ноября 1988 г.