

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kamei T. — Nucl. Sci. Engng, 1975, v. 57, p. 179.
2. Dunn F., Becker M. — Ibid., 1972, v. 47, p. 66.
3. Yamamura Y., Sekiya T. — Atomkernenergie, 1974, Bd 23, S. 121.
4. Yamamura Y., Sekiya T. — Nucl. Sci. Engng, 1977, v. 63, p. 213.

5. Николаев М. Н., Базаянц Н. О. Анизотропия упругого рассеяния нейтронов. М., Атомиздат, 1972.
6. Stacey W. — Nucl. Sci. Engng, 1971, v. 44, p. 194.
7. Itoh S., Yamamoto H. — Ibid., 1975, v. 58, p. 436.
8. Yamamura Y. — Ibid., 1976, v. 61, p. 337.

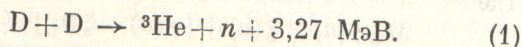
Поступила в Редакцию 08.01.81

УДК 533.6.07

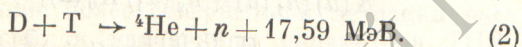
## Система для заполнения дейтерий-тритиевой смесью рабочей камеры устройства с плотным плазменным фокусом

БОНДАРЬ А. И., ВЫСКУБОВ В. П., ГЕРАСИМОВ С. А., ЕРШОВА З. В., ЖОГОВ Л. М., ИЛЬИН Ю. М., КАПЫШЕВ В. К., ЛАВРОВ Н. Н., МУХАМЕТ-ГАЛЕЕВА З. Ш., ОВЕЧКИН В. Н., РИВКИС Л. А., СУВОРОВ В. А., СТАРШИНА Л. М., ЧЕБЛУКОВ Ю. Н.

В многочисленных работах [1, 2], посвященных исследованиям нецилиндрического Z-пинча, в качестве рабочего газа, наполняющего газоразрядную камеру (ГРК), использовали дейтерий. В этом случае генерация нейтронов в импульсном процессе термоядерного синтеза осуществлялась по реакции



В публикации [3] приведены результаты, полученные при замене дейтериевого наполнения газоразрядной камеры плазменного фокуса (ПФ) Филиппова равнокомпонентной D — T-смесью. В этом случае генерация нейтронов происходила по реакции



Основным экспериментально подтвержденным

следствием подобной замены было стократное увеличение выхода нейтронов.

За рубежом в последнее время также интенсивно разрабатываются системы, обеспечивающие работу ПФ на D — T-смеси [4]. Экспериментальные исследования ведутся на ГРК Мейзера. Интерес, появившийся в мире к подобным исследованиям, связан с возможностью получения при помощи ПФ мощных источников импульсного нейтронного излучения, необходимых для решения широкого круга задач как научного, так и прикладного характера, в том числе и задач, связанных с инженерными проблемами импульсного УТС.

Применение трития в качестве компонента рабочего газа связано с определенными трудностями, обусловленными его высокой стоимостью и радиационной опасностью, которую он представляет для окружающих. Необходимость многократного использования равнокомпонентной D — T-смеси, наполняющей рабочую камеру ПФ, привела к разработке специальной газовакуумной системы, соответствующей нормам радиационной безопасности ОСП-72 и обеспечивающей приготовление, напуск трития в ГРК и удаление газовой смеси из экспериментальной установки объемом ~ 100 л [3]. В настоящей статье приведено описание газовакуумной системы, создание которой позволило начать экспериментальное исследование установок типа ПФ на D — T-смеси.

Газовакуумная система состоит из блока подготовки газовой смеси  $T_2 + D_2$  и блока для ее поглощения и вакуумирования системы (см. рисунок). Тритийсодержащий аппарат 1 и ловушки 16, 19, 22 для поглощения отработавшей газовой смеси расположены в шкафу, в крышке которого имеется патрубок для подключения вытяжной спецвентиляции. Внутри аппарата 1 — герметичного контейнера объемом 0,4 л — находится 4 г  ${}^{238}\text{U}$  в виде стружки, в которых сорбировано  $\sim 3,7 \times 10^{13}$  Бк трития. Внутри шкафа также помещен баллон 5 для накопления газообразного трития,

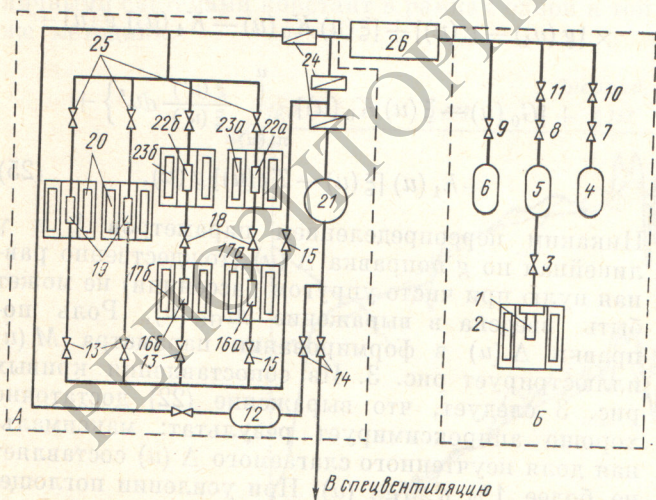


Схема газовакуумной системы: А — блок вакуумирования системы и поглощения смеси  $T_2 + D_2$ ; Б — блок подготовки смеси  $T_2 + D_2$ ; 1 — тритийсодержащий аппарат; 3, 7—9, 13—15, 18, 25 — вентили для управления системой; 4, 5, 6 — баллоны для дейтерия, трития и водорода; 10, 11 — натекатели; 12 — резервуар; 2, 16, 17, 19, 20, 22, 23 — сорбционные ловушки с электронагревателями; 24 — вакуумные затворы; 26 — ГРК

выделяемого аппаратом 1 при нагреве его до 650 °С. Из баллона 5 через игольчатый натека- тель 11 тритий попадает в ГРК, где смешивается в необходимой пропорции с дейтерием, поступаю- щим из баллона 4. Давление трития и дейтерия в ГРК измеряли при помощи механотрона 6 МДХ4С. Количество трития, необходимое для одной заправки ГРК, составляет до  $1,8 \cdot 10^{13}$  Бк.

D — T-смесь и возможные газообразные приме- си ( $O_2$ ,  $N_2$ ) удаляются из ГРК сорбционными лову- шками 16a, 22a. В случае необходимости для этой же цели могут быть использованы резервные сорбционные ловушки 16б, 22б. Сорбционные ловушки выполнены в виде неразборных контейне- ров объемом 0,3 л, заполненных титановыми коль- цами (getter КНТ-12). Контейнеры помещены в электрические печи, позволяющие нагревать getter до 800 °С. Количество используемого титана в каждой из ловушек 16a, 16б составляет ~ 7 г, что в 5 раз больше, чем необходимо для поглоще- ния имеющегося запаса трития в аппарате 1. Этот избыток титана позволяет проводить быструю откачку D — T-смеси из ГРК (расчетное значение времени откачки < 600 с). Так как количество примесей в ГРК незначительно (< 5%), ловушки 22a, 22б для поглощения  $O_2$  и  $N_2$  содержат по 10 г титана. При нормальной эксплуатации газова- куумной системы удаление газовой смеси из ГРК проводится следующим образом. Предварительно ловушки 16a и 22a вакуумируются до давления  $1,3 \cdot 10^{-1}$  Па через вентили 15 с помощью вакуум- ного насоса 21. Посторонние примеси ( $O_2$ ,  $N_2$ ) удаляются из ГРК ловушкой 22a в течение 30—40 мин при температуре сорбента 750 °С. Затем подключается ловушка 16a, нагретая до 200—250 °С, и обе ловушки работают совместно 30—40 мин. Время работы сорбционных ловушек соз- нательно завышено по сравнению с расчетным для более эффективного удаления газообразного трития из системы. Указанная последовательность подключения ловушек необходима для предотвра- щения блокировки кислородом и азотом титана ловушки 16a, предназначенной для поглощения дейтерия и трития. После проведения подобной процедуры остаточная концентрация газообразно- го трития оказалась равной  $2 \cdot 10^8$  Бк/л, что соот- ветствует нахождению  $2 \cdot 10^{10}$  Бк трития в газова- куумной системе и ГРК. Общее количество

газообразного трития, выбрасываемого в атмо- сферу с учетом остаточного трития в ГРК, трития, проникающего через поверхность ГРК и вакуум- ные уплотнения, не превышает  $4 \cdot 10^{11}$  Бк в сутки. В снабженном спецвентиляцией герметичном бок- се, в котором расположена вся экспериментальная установка, концентрация газообразного трития в течение проведения экспериментов (~ 24 ч) не превысила 30 Бк/л, что меньше предельно допу- стимой концентрации. Следует отметить, что от- сутствие стеклянных манометрических ламп и при- менение сильфонных вакуумных вентилях повы- шает надежность газовакуумной системы при эксплуатации.

В газовакуумной системе предусмотрена воз- можность проведения в случае необходимости повторной прокачки газовой смеси через сорбцион- ные ловушки. Для этой цели на выхлопе вакуум- ного насоса 21 устанавливается специальный резервуар 12, подключаемый к сорбционным ловушкам. Кроме того, предусмотрена промывка ГРК водородом. Ловушки 19 для поглощения водорода с возможной примесью трития содержат большое количество титана (~ 850 г), что позволяет про- водить промывку ГРК при высоком давлении водорода (~ 20 кПа). Однако на данном этапе экспериментальных исследований эти дополни- тельные меры для уменьшения концентрации газо- образного трития в ГРК не понадобились.

Таким образом, разработанная и смонтирован- ная газовакуумная система позволяет: вакууми- ровать ГРК до давления  $1,3 \cdot 10^{-1}$ — $1,3 \cdot 10^{-2}$  Па; переводить в газообразное состояние тритий, со- держащийся в уране; заполнять ГРК тритием и дейтерием в нужной пропорции; сорбировать отработавшую газовую смесь с помощью ловушек до достижения безопасной концентрации трития в камере.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грибков В. А., Филиппов Н. Ф. Препринт ФИАН № 94. М., 1979.
2. Bernard A. e.a. — In: Proc. Conf. Plasma Phys. and Contr. Nucl. Fus. Res. IAEA-CN-35/E 18-2. Vienna, IAEA, 1977, v. III, p. 471.
3. Выскубов В. П. и др. — Краткие сообщения по физике, 1979, № 12, с. 37.
4. Mather J. — Methods of Exper. Phys. V. 9B. N.Y., Acad. Press, 1971, p. 187.

Поступила в Редакцию 17.04.81