



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006100048/15, 11.01.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
11.01.2006

(43) Дата публикации заявки: 20.07.2007

(45) Опубликовано: 10.06.2008 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2264987 C2, 27.11.2005. RU 2220100  
C2, 27.12.2005. RU 2084278 C1, 20.07.1997. GB  
1341380 A, 19.12.1973. JP 11264891 A,  
28.09.1999. GB 1383606 A, 12.02.1974. US  
4244697 A, 13.01.1981.

Адрес для переписки:

115409, Москва, Каширское ш., 33, ФГУП  
"ВНИИХТ", информационно-патентный отдел

(72) Автор(ы):

Бычков Александр Александрович (RU),  
Белынцев Анатолий Михайлович (RU),  
Старовойтов Сергей Петрович (RU),  
Фомин Сергей Алексеевич (RU),  
Петров Игорь Валентинович (RU),  
Фролов Владимир Геннадьевич (RU),  
Высоцкий Александр Иванович (RU),  
Середенко Виктор Александрович (RU),  
Шилов Василий Васильевич (RU),  
Сергеев Геннадий Сергеевич (RU),  
Иванов Александр Васильевич (RU),  
Холин Вячеслав Федорович (RU),  
Прохоров Валерий Васильевич (RU),  
Калантырь Владимир Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

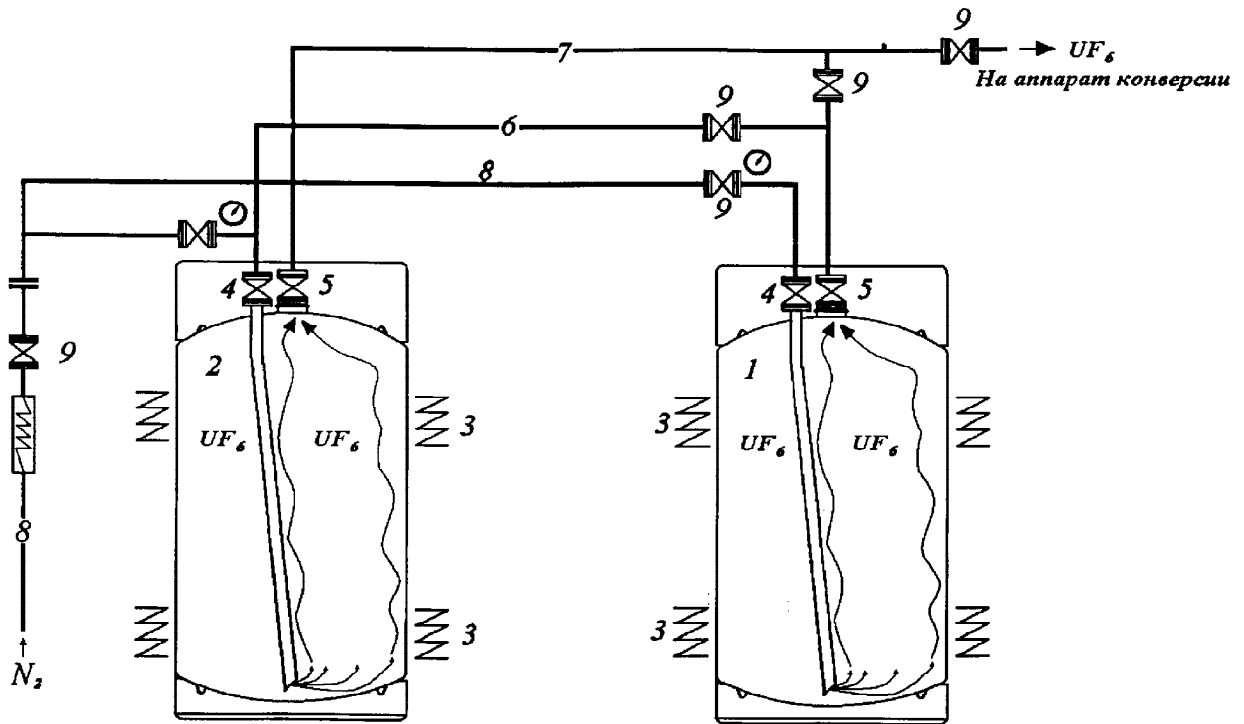
ФГУП "Всероссийский научно-  
исследовательский институт химической  
технологии" (ФГУП "ВНИИХТ") (RU),  
ОАО "Машиностроительный завод" (ОАО "МСЗ")  
(RU)(54) СПОСОБ ИСПАРЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА УРАНА ИЗ БАЛЛОНОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО  
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в ядерной технике. Стенки двух баллонов, снабженных питающим и расходным клапанами, нагревают до 60-150°C. Обогреваемый коллектор соединяет расходный клапан первого баллона с питающим клапаном второго баллона. Во второй баллон подают газовую смесь гексафторида урана и азота из первого баллона. В один из баллонов попеременно производят импульсную подачу нагретого до 60-180°C азота до давления 150 кПа. Затем его вакуумируют до давления 50 кПа с 5-10-кратным повторением. Газовую смесь, выходящую

из баллона, нагревают до 60-180°C. Коллектор подачи азота снабжен автоматической системой подачи и нагрева азота. По окончании процесса баллон охлаждают до температуры его стенки 55°C и демонтируют. Изобретение позволяет увеличить производительность, полностью извлекать неиспарившийся остаток из баллонов, сократить в 2,5 раза удельный расход электроэнергии, стабилизировать расход гексафторида урана, ликвидировать его выделение при демонтаже или ремонте. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 3 табл. 1 ил.

RU 2326053 C2



RU 2326053 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
**C01G 43/06** (2006.01)  
**B01D 7/00** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2006100048/15, 11.01.2006**

(24) Effective date for property rights: **11.01.2006**

(43) Application published: **20.07.2007**

(45) Date of publication: **10.06.2008 Bull. 16**

Mail address:  
**115409, Moskva, Kashirskoe sh., 33, FGUP  
"VNIKhT", informatsionno-patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):  
**Bychkov Aleksandr Aleksandrovich (RU),  
Belyntsev Anatolij Mikhajlovich (RU),  
Starovojtov Sergej Petrovich (RU),  
Fomin Sergej Alekseevich (RU),  
Petrov Igor' Valentinovich (RU),  
Frolov Vladimir Gennad'evich (RU),  
Vysotskij Aleksandr Ivanovich (RU),  
Seredenko Viktor Aleksandrovich (RU),  
Shilov Vasilij Vasil'evich (RU),  
Sergeev Gennadij Sergeevich (RU),  
Ivanov Aleksandr Vasil'evich (RU),  
Kholin Vjacheslav Fedorovich (RU),  
Prokhorov Valerij Vasil'evich (RU),  
Kalantyr' Vladimir Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):  
**FGUP "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij  
institut khimicheskoy tekhnologii" (FGUP  
"VNIKhT") (RU),  
OAO "Mashinostroitel'nyj zavod" (OAO "MSZ") (RU)**

(54) **METHOD AND DEVICE FOR EVAPORATION OF URANIUM HEXAFLUORIDE FROM CONTAINERS**

(57) Abstract:

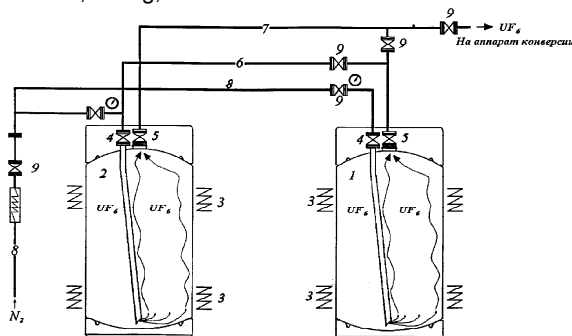
FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention can be used in nuclear technology. Walls of two containers, equipped with inlet and outlet valves, are heated up to 60-150°C. The heated collector joins the outlet valve of the first container to the inlet valve of the second container. The second container is supplied with a gas mixture of uranium hexafluoride and nitrogen from the first container. In one of the containers, nitrogen at temperature of 60-180°C and pressure of 150 kPa is supplied in alternating pulses. The container is then evacuated to pressure of 50 kPa with 5-10 repetitions. The gas mixture, coming out of the collector, is heated to 60-180°C. The collector for supplying nitrogen is equipped with an automatic system for supplying and heating the nitrogen. At the end of the process, the container is cooled

down to 55°C, which is the temperature of its walls and is then dismantled.

EFFECT: increased output; complete extraction of un-evaporated residue from the containers; cut in the specific consumption of electrical energy; stable consumption of uranium hexafluoride; elimination of its wastes during dismantling or repair.

3 cl, 1 dwg, 4 ex



Изобретение относится к области переработки гексафторида урана и может быть использовано для извлечения гексафторида урана из баллонов различной вместимости.

Известен способ испарения гексафторида из баллона путем нагрева его водой (GB 1141380, опубликован 19.12.1973).

5 Недостатком способа является ограниченная скорость испарения гексафторида урана (ГФУ) из баллона.

Наиболее близким является способ испарения гексафторида урана с импульсной подачей азота внутрь баллона и устройство, описанное там же (з. РФ №2003135597 /15(038559), МПК В01D 7/00, С01G 43/06, БИ №15, 2005 г.) Испарение гексафторида урана  
10 осуществляют из баллона, обогреваемого двухсекционным индуктором, а внутрь баллона производят импульсную подачу азота при давлении, превышающем давление газов в баллоне на 15+5 кПа. Подачу азота осуществляют в импульсном режиме при температуре стенки баллона 60-150°C и давлении образующейся газовой смеси 50-150 кПа. При удалении неиспаренного остатка гексафторида урана одновременно с подачей азота ведут  
15 вакуумирование баллона до давления 50 кПа.

Устройство для способа испарения ГФУ состоит из баллона, обогреваемого боковым двухсекционным индуктором. Баллон снабжен питающим и расходным клапанами. В процессе испарения в питающий клапан из магистральной линии азота через ручной  
20 вентиль, сильфонный клапан и расходомер импульсно подают сжатый азот внутрь баллона. Через расходный клапан по коллектору испаряющийся гексафторид урана направляют на конверсию в реакторы.

Недостатком известного решения является то, что одновременная подача азота и вакуумирование баллона затрудняет хорошее перемешивание газообразного ГФУ и, как следствие снижает эффективность удаления неиспаренного остатка.

25 Техническим результатом предложенного изобретения является увеличение производительности процесса и практически полного извлечения неиспарившегося остатка ГФУ из баллонов.

Технический результат достигается тем, что в способе испарения гексафторида урана, включающем нагрев стенок баллона с помощью бокового двухсекционного индуктора до  
30 температуры 60-150°C, импульсную подачу азота внутрь баллона, последующее вакуумирование баллона, его охлаждение и демонтаж из ячейки испарения, процесс ведут из двух баллонов, причем во второй баллон через обогреваемый коллектор, соединяющий расходный клапан первого баллона с питающим клапаном второго баллона, подают газовую смесь гексафторида урана и азота из первого баллона, а азот при импульсной  
35 подаче его в баллон и газовую смесь, выходящую из баллона, нагревают до температуры 60-180°C.

Удаление неиспаренного остатка из баллона проводят путем попеременного импульсного наддува в него азота до давления 150 кПа и последующего вакуумирования до 50 кПа с 5-10-кратным повторением указанной операции.

40 Устройство для осуществления способа испарения гексафторида урана, содержащее обогреваемый баллон, снабженный питающим и расходным клапанами, коллектор подачи азота, коллектор транспортировки газообразного гексафторида урана в реактор конверсии, дополнительно снабжено вторым обогреваемым баллоном с питающим и расходными клапанами, причем питающий клапан второго баллона через обогреваемый  
45 коллектор соединен с расходным клапаном первого, а коллектор подачи азота выполнен обогреваемым и снабжен автоматической системой подачи и нагрева азота.

На чертеже представлено предложенное устройство.

Устройство состоит из двух баллонов 1 и 2, обогреваемых с помощью двухсекционных индукторов 3. Каждый из баллонов снабжен питающим 4 и расходным 5 клапанами.  
50 Расходный клапан 5 баллона 1 соединен с питающим клапаном 4 баллона 2 обогреваемым коллектором 6. Через коллектор транспортировки 7 устройство соединено с аппаратом конверсии. Баллон 1 через питающий клапан 4 соединен с обогреваемым коллектором подачи азота.

Устройство работает следующим образом.

Перед началом работы коллекторы 6, 7, 8 подвергаются опрессовке. Расходные клапаны 5 на баллонах 1, 2 открываются, включаются индукторы 3 для обогрева баллонов 1 и 2. Проверяется проходимость питающих клапанов 4 и отсосных трубок баллонов.

5 При достижении температуры верхней зоны 65°C включается подача азота в баллон 1, а затем системой клапанов 9 установка переводится в режим подачи газовой смеси ( $UF_6+N_2$ ) из баллона 1 в баллон 2 и далее по коллектору 7 на аппараты конверсии «Сатурн».

10 При опорожнении баллона 2, о чем свидетельствуют показания тензочувствительных датчиков, последний посредством закрытия клапана 9 на коллекторе 6 отсекают от баллона и переводят в режим удаления из него неиспаренного остатка путем автоматического попеременного (5-10-кратного) наддува баллона нагретым до 60-180°C азотом до давления 150 кПа и вакуумирования до давления 50 кПа, причем последней операцией перед охлаждением баллона 2 является вакуумирование его до давления 50 кПа, после чего на баллоне 2  
15 закрывают клапан 5, его охлаждают до температуры стенки 55°C и демонтируют из ячейки испарения.

В баллоне 1 продолжают процесс испарения ГФУ путем импульсной подачи нагретого азота; испаренный ГФУ направляют по коллектору 7 в реактор конверсии до полного опорожнения баллона, после чего баллон подвергают операции удаления неиспаренного  
20 остатка, аналогично описанной для баллона 2.

Объединение двух баллонов 1 и 2 обогреваемым коллектором 6 и предварительный нагрев поступающего внутрь баллона 1 азота и смеси гексафторида урана и азота, выходящей из баллона 1, до температуры 60-180°C обусловлены следующими  
25 соображениями.

Импульсная подача азота в первый по ходу газов баллон приводит к турбулизации газовой смеси в баллоне и, как следствие, к интенсификации процесса испарения в нем. Образующаяся газовая смесь повторно подогревается в коллекторе и подается в питающий клапан баллона 2. Нагретый азот, кроме турбулизации свободного объема в баллоне 1, передает свое физическое тепло сублимирующемуся гексафториду урана.  
30 Газовая смесь  $UF_6+N_2$ , нагреваясь в коллекторе, выполняет в баллоне 2 ту же роль, что и азот в баллоне 1, но поскольку объем ее по сравнению с объемом азота существенно выше (при минимально достигнутом в прототипе удельном расходе азота, равном  $6,5 \cdot 10^{-3}$  кг  $N_2$ /кг  $UF_6$  на каждый 1 м<sup>3</sup> поданного азота образуется примерно 15 м<sup>3</sup> газообразного гексафторида), эффект турбулизации, а следовательно, и повышение скорости испарения в  
35 баллоне 2 будет существенно выше, чем в баллоне 1.

То же самое относится и к физическому теплу, отдаваемому от газовой смеси к испаряемому продукту.

Нижний предел температуры нагрева азота и газовой смеси ( $UF_6+N_2$ ), равный 60°C, обусловлен температурой возгонки гексафторида урана (56,5°C), а верхний предел  
40 180°C - ограничивается коррозионной стойкостью уплотнения в питающем и расходном клапанах баллона с гексафторидом урана.

Открытие и закрытие клапанов на входе азота и выходе газовой смеси из баллонов производится автоматически и попеременно, т.е. вакуумирование баллона происходит при  
45 закрытом клапане на линии азота, а заполнение баллона азотом - при закрытом выходном клапане на коллекторе ГФУ.

Пример 1. Баллоны 1 и 2 нагревали с помощью бокового двухсекционного индуктора без импульсной подачи азота до средней температуры 107°C и 103°C. Испаряющийся гексафторид урана из баллона 1 направляется по обогреваемому коллектору 6 в баллон 2  
50 до полного испарения ГФУ из баллона 2 (нет убыли веса по тензочувствительным датчикам), после чего системой клапанов 9 баллон 1 переводится на подачу газообразного ГФУ в реактор конверсии, а баллон 2 переводится в режим удаления неиспаренного остатка, охлаждения и демонтажа из ячейки испарения.

Пример 2. Баллоны 1 и 2 нагревают, затем в баллон 1 подают в импульсном режиме нагретый до 150°C азот с расходом 4 кг/ч в режиме: 3 мин подача азота ( $\tau_1$ ), 40 мин - промежуток времени между циклами подачи азота в баллон ( $\tau_2$ ) до полного испарения ГФУ из баллона 2. Баллон 2 переводится в режим удаления неиспаренного остатка (аналогично примеру 1); в баллоне 1 продолжают испарение ГФУ в реактор конверсии с импульсной подачей в него нагретого до 150°C азота до полного испарения и последующего удаления неиспаренного остатка.

Пример 3. Условия аналогичны примеру 2, изменен режим импульсной подачи азота в баллон 1: - расход 6 кг/ч,  $\tau_1$  - 3 мин;  $\tau_2$  - 30 мин.

В табл.1 приведены сводные результаты испытаний процесса испарения по известному способу (опыт №1, баллон 1), по прототипу (опыты №№2, 3, баллон 1) и по предложенному способу (опыты №№1-3, баллон 2).

№ опыта	Масса ГФУ в баллоне,		Продолжительность испарения, ч		Расход азота, кг/ч	Режим подачи азота $\tau_1/\tau_2$ мин	Средняя температура баллона, °С		Средняя скорость испарения, кг/ч		Суммарная скорость испарения с 2-х баллонов, кг/ч
	бал.1	бал.2	бал.1	бал.2			бал. 1	бал. 2	бал. 1	бал.2	
1	3120	2950	101	51,6	-	-	107	103	30,9	57,2	88,1
2	2940	2875	53	35	4	3/40	95	98	55,5	84,1	139,6
3	2830	3031	45	31	6	3/30	110	112	62,9	97,7	160,6

Примечание  
 Опыт №2. Азот подавался в баллон 1, а газовая смесь из баллона 1 подавалась в баллон 2.  
 Опыт №3. Условия аналогичны опыту 2, изменился режим подачи азота в баллон 1.  
 $\tau_1$  - продолжительность подачи азота, мин.  
 $\tau_2$  - время между циклами подачи азота в баллон, мин.

Средняя температура азота на входе в баллон 1 и газовой смеси ( $UF_6+N_2$ ) составляла около 150°C.

Из приведенных в таблице данных следует:

в случае объединения баллонов средняя скорость испарения в баллоне 2 увеличивается в 1,5 раза по сравнению с прототипом ( $97,7:62,9=1,51$ ). Суммарная средняя скорость испарения с 2-х баллонов блока достигла 160 кг/ч (опыт 3).

Расчет удельного расхода азота на блок из 2-х баллонов показывает, что эта величина для опыта №3 составила  $3,8 \cdot 10^{-3}$  кг  $N_2$ /кг  $UF_6$ , что почти вдвое ниже, чем по прототипу ( $6,5 \cdot 10^{-3}$ ).

Разработка схемы автоматической подачи азота в баллон позволила осуществить удаление неиспарившегося остатка из баллона.

Пример 4. Удаление неиспаренного остатка из баллонов 1 м<sup>3</sup> после окончания процесса испарения ГФУ по примерам 1-3 производят следующим образом: на нагретом баллоне (1 или 2) после окончания испарения (отсутствие убыли массы по тензовесам) автоматически производят попеременные наддув азотом, нагретым до 60-180°C, и вакуумирование баллона с параметрами: 150 кПа при наддуве азота и 50 кПа при вакуумировании с 5-10-кратным повторением указанных операций.

Последней операцией на этой стадии всегда является вакуумирование баллона до 50 кПа, перекрытие питающего и расходного клапанов баллона, охлаждение баллона до температуры стенки 55°C и демонтаж его из ячейки испарения.

В табл.2 приведены результаты удаления неиспаренных остатков из баллонов 1 или 2 по прототипу и предлагаемому способу.

Остатки в емкостях V=1 м <sup>3</sup> по предложенному способу испарения		
№ п/п	Номер емкости	Остаток (кг)
1	116-Э-92	0,5
2	238-Э-94	1,3
3	297-Э-93	1Д
4	016-4-92	1,2
5	610-4-98	0,9

6	700-8-00	0,6
7	512-8-97	1,0
	Средний остаток	0,94

5

№ п/п	Номер емкости	Остаток (кг)
1	256-42-93	2,9
2	131-42-92	3,8
3	516-54-93	2,4
4	487-54-92	3,5
5	412-42-99	3,2
6	21-42-91	2,5
7	324-42-94	2,4
	Средний остаток	2,95

10

Из приведенных данных следует, что предложенный способ попеременного наддува азотом и вакуумирования баллона более чем в 3 раза снижает содержание остатка в баллоне и практически полностью удаляет его неиспаренную часть, т.е. гексафторид урана.

Таким образом, использование способа и установки для испарения гексафторида урана позволяет:

20

- существенно увеличить производительность испарения;
- практически полностью извлекать неиспарившийся остаток ГФУ из баллонов;
- сократить примерно в 2,5 раза удельный расход электроэнергии на единицу испаряемого гексафторида урана;

25

- стабилизировать расход гексафторида урана в процессе его конверсии, а следовательно, и качество получаемых порошков диоксида урана;
- ликвидировать возможное выделение газообразного гексафторида урана при отсоединении пустого баллона от коллектора или при ремонтных работах на коллекторе.

#### Формула изобретения

30

1. Способ испарения гексафторида урана из баллона, включающий нагрев стенок баллона с помощью бокового двухсекционного индуктора до температуры 60-150°C, импульсную подачу азота внутрь баллона, вакуумирование баллона, его охлаждение, отличающийся тем, что процесс ведут из двух баллонов, причем во второй баллон через обогреваемый коллектор, соединяющий расходный клапан первого баллона с питающим клапаном второго баллона, подают газовую смесь гексафторида урана и азота из первого баллона, а азот при импульсной подаче его в баллон и газовую смесь, выходящую из баллона, нагревают до температуры 60-180°C.

35

40

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что производят попеременно импульсную подачу нагретого до температуры 60-180°C азота в один из баллонов до давления 150 кПа и вакуумирование его до давления 50 кПа с 5-10-кратным повторением.

45

3. Устройство для осуществления способа испарения гексафторида урана из баллона, содержащее обогреваемый баллон, коллектор подачи азота, коллектор транспортировки газообразного гексафторида урана, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено вторым обогреваемым баллоном, при этом оба баллона снабжены питающим и расходным клапанами, а питающий клапан второго баллона через обогреваемый коллектор соединен с расходным клапаном первого баллона, а коллектор подачи азота выполнен обогреваемым и снабжен автоматической системой подачи и нагрева азота.

50

50