



Международное агентство по атомной энергии

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦИРКУЛЯР

---

# INF

INFCIRC/209/Rev.1/Mod.2  
July 1994

GENERAL Distr.

RUSSIAN

Original: ENGLISH, FRENCH  
and SPANISH

### СООБЩЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ, ОТНОСИТЕЛЬНО ЭКСПОРТА ЯДЕРНОГО МАТЕРИАЛА И НЕКОТОРЫХ КАТЕГОРИЙ ОБОРУДОВАНИЯ И ДРУГОГО МАТЕРИАЛА

1. Генеральный директор получил письма относительно экспорта ядерного материала и некоторых категорий оборудования и другого материала от следующих Постоянных представительств при Международном агентстве по атомной энергии: письмо, датированное 28 февраля 1994 года, от постоянного представителя Франции; письма, датированные 1 марта 1994 года, от постоянных представителей Австралии, Австрии, Болгарии, Венгрии, Германии, Греции, Дании, Ирландии, Испании, Канады, Люксембурга, Нидерландов, Норвегии, Польши, Португалии, Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, Соединенных Штатов Америки, Финляндии, Чешской Республики, Швеции, Японии; и письмо, датированное 22 марта 1994 года, от Постоянного представителя Румынии.
2. В свете пожелания, выраженного в конце каждого письма, к настоящему документу прилагается текст этих писем.

## ПИСЬМО

Имею честь сослаться на [соответствующее(ие) предыдущее(ие) сообщение(я)] от постоянного представителя [государства-члена] при Международном агентстве по атомной энергии.

За годы, прошедшие с тех пор, как были сформулированы изложенные в документе INFCIRC/209 процедуры в отношении экспорта некоторых категорий оборудования и материала, специально предназначенных или подготовленных для обработки, использования или производства специального делящегося материала, достижения в ядерной технологии вызвали необходимость пояснения частей исходного списка, первоначально включенных в Меморандум В документа INFCIRC/209. Такие пояснения содержатся в документах INFCIRC/209/Mods.1, 2, 3 и 4 (обобщены в документе INFCIRC/209/Rev.1) и в документе INFCIRC/209/Rev.1/Mod.1.

Правительство моей страны в настоящее время считает желательным далее пояснить те части исходного списка, которые относятся к оборудованию, специально предназначенному или подготовленному для разделения изотопов урана; и к насосам первого контура теплоносителя. В этой связи я хотел бы информировать Вас о том, что существующие разделы 1 и 5 приложения к документу INFCIRC/209/Rev.1 (пояснения наименований Исходного списка) следует заменить текстом, воспроизведенном в приложении к настоящему письму.

Как и прежде, Правительство моей страны сохраняет за собой право действовать по своему усмотрению в том, что касается толкования и осуществления предусмотренных процедур, а также право контролировать, если оно пожелает, экспорт соответствующих наименований, отличных от тех, которые указаны в вышеупомянутом приложении к настоящему письму.

[Правительство (государства-члена) в том, что касается торговли в рамках Европейского союза, будет осуществлять эти процедуры в свете его обязательств в качестве члена Европейского союза]<sup>1</sup>

Буду признателен, если Вы доведете текст настоящего письма и приложение к нему до сведения всех государств-членов.

---

<sup>1</sup> Этот пункт включен только в письма, направленные правительствами Бельгии, Германии, Греции, Дании, Ирландии, Испании, Италии, Люксембурга, Нидерландов, Португалии, Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии и Франции.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ПОЯСНЕНИЯ ПРЕДМЕТОВ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ИСХОДНЫЙ СПИСОК (ПО ОПИСАНИЮ В РАЗДЕЛЕ 2 МЕМОРАНДУМА В)

#### 1. Реакторы и реакторное оборудование

##### 1.1. Комплектные ядерные реакторы

Ядерные реакторы, способные работать в режиме контролируемой самоподдерживающейся цепной реакции деления, исключая реакторы нулевой мощности, которые определяются как реакторы с проектным максимальным уровнем производства плутония, не превышающим 100 граммов в год.

#### ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

"Ядерный реактор" в основном включает узлы, находящиеся внутри реакторного корпуса или непосредственно приданные ему, оборудование, которое контролирует уровень мощности в активной зоне, и компоненты, которые обычно содержат теплоноситель первого контура активной зоны реактора, вступают с ним в непосредственный контакт или регулируют его.

Не предполагается исключение реакторов, которые надлежащим образом могли бы подвергнуться модификации для производства значительно большего количества, чем 100 граммов плутония в год. Реакторы, предназначенные для длительной эксплуатации на значительных уровнях мощности, независимо от их способности к производству плутония, не рассматриваются как "реакторы нулевой мощности".

#### ЭКСПОРТ

Экспорт полного комплекта основных предметов в рамках этой границы будет происходить только в соответствии с процедурами Руководящих принципов. Отдельные предметы в рамках этой функционально определенной границы, которые будут экспортироваться только в соответствии с процедурами Руководящих принципов, перечислены в пунктах 1.2 - 1.7. Правительство оставляет за собой право применять процедуры Руководящих принципов к другим предметам в рамках функционально определенной границы.

## **1.2. Реакторные корпуса высокого давления**

Металлические корпуса в сборе или их основные части заводского изготовления, которые специально предназначены или подготовлены для размещения в них активной зоны ядерного реактора, как он определен в пункте 1.1. выше, и способные выдерживать рабочее давление теплоносителя первого контура.

### **ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Верхняя плита корпуса высокого давления реактора охватывается пунктом 1.2 как основная, заводского изготовления часть корпуса высокого давления.

Внутренние части реактора (например, поддерживающие колонны и плиты активной зоны и другие внутренние части корпуса, направляющие трубы для регулирующих стержней, тепловые экраны, перегородки, трубные решетки активной зоны, пластины диффузора и т.д.) обычно поставляются поставщиком реактора. В некоторых случаях определенные внутренние опорные компоненты включаются в изготовление корпусов высокого давления. Эти предметы являются достаточно важными с точки зрения безопасности и надежности эксплуатации реакторов (и следовательно, с точки зрения гарантийных обязательств и ответственности поставщика реактора), чтобы их поставка вне рамок основного соглашения о поставке самого реактора не стала бы обычной практикой. Поэтому, хотя отдельная поставка этих уникальных, специально предназначенных и подготовленных, важных, крупных и дорогостоящих предметов не обязательно будет рассматриваться как выпадающая из сферы интересов, такой способ поставки считается маловероятным.

## **1.3. Машины для загрузки и выгрузки реакторного топлива**

Манипуляционное оборудование, специально предназначенное или подготовленное для загрузки или извлечения топлива из ядерного реактора, как он определен в пункте 1.1. выше, которое может использоваться, когда реактор находится под нагрузкой, или обладает техническими возможностями для точного позиционирования или ориентирования, позволяющими проводить на остановленном реакторе сложные работы по перегрузке топлива, при которых обычно невозможны непосредственное наблюдение или прямой доступ к топливу.

## **1.4. Реакторные управляющие стержни**

Стержни, специально предназначенные или подготовленные для управления скоростью реакции в ядерном реакторе, как он определен в пункте 1.1. выше.

## ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Этот предмет включает, помимо части, поглощающей нейтроны, ее опорные и подвесные конструкции, если поставка производится раздельно.

### 1.5. Реакторные трубы высокого давления

Трубы, которые специально предназначены или подготовлены для размещения в них топливных элементов и теплоносителя первого контура в реакторе, как он определен в пункте 1.1. выше, при рабочем давлении, превышающем 5.1 МПа (740 фунт/кв. дюйм).

### 1.6. Циркониевые трубы

Трубы или сборки труб из металлического циркония или его сплавов, по весу превышающие 500 кг в течение любого 12-месячного периода, которые специально предназначены или подготовлены для использования в реакторе, как он определен в пункте 1.1. выше, и в которых отношение по весу гафния к цирконию меньше чем 1:500.

### 1.7. Насосы первого контура теплоносителя

Насосы, специально предназначенные или подготовленные для поддержания циркуляции теплоносителя первого контура ядерных реакторов, как они определены в пункте 1.1. выше.

## ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Специально предназначенные или подготовленные насосы могут включать сложные, уплотненные или многократно уплотненные системы для предотвращения утечки теплоносителя первого контура, герметичные насосы и насосы с системами инерциальной массы. Это определение касается насосов, аттестованных по классу NC-1 или эквивалентным стандартам.

### 5. Установки для разделения изотопов урана и оборудование, кроме аналитических приборов, специально предназначенное или подготовленное для этого

Предметы оборудования, на которые, как считается, распространяется значение фразы "оборудование, кроме аналитических приборов, специально предназначенное или подготовленное" для разделения изотопов урана, включает в себя:

## 5.1. Газовые центрифуги и узлы и компоненты, специально предназначенные или подготовленные для использования в газовых центрифугах

### ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Газовая центрифуга обычно состоит из тонкостенного(ых) цилиндра(ов) диаметром от 75 мм (3 дюйма) до 400 мм (16 дюймов) с вертикальной центральной осью, который помещен в вакуум и вращается с высокой окружной скоростью порядка 300 м/сек или более. Для достижения большой скорости конструкционные материалы вращающихся компонентов должны иметь высокое значение отношения прочности к плотности, а роторная сборка и, следовательно, отдельные ее компоненты должны изготавливаться с высокой степенью точности, чтобы разбаланс был минимальным. В отличие от других центрифуг газовая центрифуга для обогащения урана имеет внутри роторной камеры вращающуюся(иеся) перегородку(и) в форме диска и неподвижную систему подачи и отвода газа  $UF_6$ , состоящую по меньшей мере из трех отдельных каналов, два из которых соединены с лопатками отходящими от оси ротора к периферийной части роторной камеры. В вакууме находится также ряд важных невращающихся элементов, которые, хотя и имеют особую конструкцию, не сложны в изготовлении и не изготавливаются из уникальных материалов. Центрифужная установка, однако, требует большого числа этих компонентов, так что их количество может служить важным индикатором конечного использования.

#### 5.1.1. Вращающиеся компоненты

а) Полные роторные сборки:

Тонкостенные цилиндры или ряд соединенных между собой тонкостенных цилиндров, изготовленных из одного или более материалов с высоким значением отношения прочности к плотности, указанных в ПОЯСНИТЕЛЬНЫХ ЗАМЕЧАНИЯХ к настоящему разделу;

Соединение цилиндров между собой осуществляется при помощи гибких сильфонов или колец, описанных в части 5.1.1. с) ниже. Собраный ротор имеет внутреннюю(ие) перегородку(и) и концевые узлы, описанные в частях 5.1.1.d) и e) ниже. Однако полная сборка может быть поставлена заказчику в частично собранном виде.

б) Роторные трубы:

Специально предназначенные или подготовленные тонкостенные цилиндры с толщиной стенки 12 мм (0,50 дюйма) или менее, диаметром от 75 мм (3 дюйма) до 400 мм (16 дюймов), изготовленные из одного или более материалов, имеющих высокое значение отношения прочности к плотности, указанных в ПОЯСНИТЕЛЬНЫХ ЗАМЕЧАНИЯХ к настоящему разделу.

с) Кольца или сильфоны:

Компоненты, специально предназначенные или подготовленные для создания местной опоры для роторной трубы или соединения ряда роторных труб. Сильфоны представляют собой короткие цилиндры с толщиной стенки 3 мм (0,125 дюйма) или менее, диаметром от 75 мм (3 дюйма) до 400 мм (16 дюймов), имеющих один гофр и изготовленные из одного из материалов, имеющих высокое значение отношения прочности к плотности, указанных в ПОЯСНИТЕЛЬНЫХ ЗАМЕЧАНИЯХ к настоящему разделу.

d) Перегородки:

Компоненты в форме диска диаметром от 75 мм до 400 мм (от 3 до 16 дюймов), специально предназначенные или подготовленные для установки внутри роторной трубы центрифуги с целью изолировать выпускную камеру от главной разделительной камеры и в некоторых случаях для улучшения циркуляции газа UF<sub>6</sub> внутри главной разделительной камеры роторной трубы и изготовленные из одного из материалов, имеющих высокое значение отношения прочности к плотности, указанных в ПОЯСНИТЕЛЬНЫХ ЗАМЕЧАНИЯХ к настоящему разделу.

e) Верхние/нижние крышки:

Компоненты в форме диска диаметром от 75 мм (3 дюйма) до 400 мм (16 дюймов), специально предназначенные или подготовленные таким образом, чтобы точно соответствовать диаметру концов роторной трубы и благодаря этому удерживать UF<sub>6</sub> внутри ее. Эти компоненты используются для того, чтобы поддерживать, удерживать или содержать в себе как составную часть элемента верхнего подшипника (верхняя крышка) или служить в качестве несущей части вращающихся элементов электродвигателя и элементов нижнего подшипника (нижняя крышка), и изготавливаются из одного из материалов, имеющих высокое значение отношения прочности и плотности, указанных в ПОЯСНИТЕЛЬНЫХ ЗАМЕЧАНИЯХ к настоящему разделу.

## ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Для вращающихся компонентов центрифуг используются следующие материалы:

- a) мартенситностареющие стали, имеющие максимальный предел прочности на разрыв  $2,05 \times 10^9$  Н/м<sup>2</sup> (300 000 фунт/кв. дюйм) или более;
- b) алюминиевые сплавы, имеющие максимальный предел прочности на разрыв  $0,46 \times 10^9$  Н/м<sup>2</sup> (67 000 фунт/кв. дюйм) или более;
- c) волокнистые материалы, пригодные для использования в композитных структурах и имеющие значения удельного модуля  $12,3 \times 10^6$  м или более и максимального удельного предела прочности на разрыв  $0,3 \times 10^6$  или более и максимального удельного предела прочности на разрыв  $0,3 \times 10^6$  м или более ("удельный модуль" - это

модуль Юнга в  $\text{Н/м}^2$ , деленный на удельный вес в  $\text{Н/м}^3$ ; "максимальный удельный предел прочности на разрыв" - это максимальный предел прочности на разрыв в  $\text{Н/м}^2$ , деленный на удельный вес в  $\text{Н/м}^3$ .

### 5.1.2. Статические компоненты

#### а) Подшипники с магнитной подвеской:

Специально предназначенные или подготовленные подшипниковые узлы, состоящие из кольцевого магнита, подвешенного в обойме, содержащей демпфирующую среду. Обойма изготавливается из стойкого к  $\text{UF}_6$  материала (см. ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ к разделу 5.2.). Магнит соединяется с полюсным наконечником или вторым магнитом, установленным на верхней крышке, описанной в разделе 5.1.1. е).

Магнит может иметь форму кольца с соотношением между внешним и внутренним диаметрами, меньшим или равным 1,6:1. Магнит может иметь форму, обеспечивающую начальную проницаемость 0,15 Гн/м (120 000 единиц СГС) или более, или остаточную намагниченность 98,5% или более, или произведение индукции на максимальную напряженность поля более чем  $80 \text{ кДж/м}^3$  ( $10^7$  Гс.Э). Кроме обычных свойств материала, необходимым предварительным условием является ограничение очень малыми допусками (менее 0,1 мм или 0,004 дюйма), отклонения магнитных осей от геометрических осей или обеспечение особой гомогенности материала магнита.

#### б) Подшипники/демпферы:

Специально предназначенные или подготовленные подшипники, содержащие узел ось/уплотнительное кольцо, смонтированный на демпфере. Ось обычно представляет собой вал из закаленной стали с одним концом в форме полусферы, и со средствами подсоединения к нижней крышке, описанной в разделе 5.1.1. е), на другом. Вал, однако, может быть соединен с гидродинамическим подшипником. Кольцо имеет форму таблетки с полусферическим углублением на одной поверхности. Эти компоненты часто поставляются отдельно от демпфера.

#### в) Молекулярные насосы:

Специально предназначенные или подготовленные цилиндры с выточенными или выдавленными внутри спиральными канавками и с высверленными внутри отверстиями. Типовыми размерами являются следующие: внутренний диаметр от 75 мм (3 дюйма) до 400 мм (16 дюймов), толщина стенки 10 мм (0,4 дюйма) или более, с длиной, равной диаметру или больше. Канавки обычно имеют прямоугольное поперечное сечение и глубину 2 мм (0,08 дюйма) или более.

d) Статоры двигателей:

Специально предназначенные или подготовленные статоры кольцевой формы для высокоскоростных многофазных гистерезисных (или реактивных) электродвигателей переменного тока для синхронной работы в условиях вакуума в диапазоне частот 600-2000 Гц и в диапазоне мощностей 50-1000 ВА. Статоры состоят из многофазных обмоток на многослойном железном сердечнике с низкими потерями, составленном из тонких пластин, обычно толщиной 2,0 мм (0,08 дюйма) или менее.

e) Корпуса/приемники центрифуги

Компоненты, специально предназначенные или подготовленные для размещения в них сборки роторной трубы газовой центрифуги. Корпус состоит из жесткого цилиндра с толщиной стенки до 30 мм (1,2 дюйма) с прецизионно обработанными концами для установки подшипников и с одним или несколькими фланцами для монтажа. Обработанные концы параллельны друг другу и перпендикулярны продольной оси цилиндра в пределах 0,05 градуса или менее. Корпус может также представлять собой конструкцию ячеистого типа для размещения в нем нескольких роторных труб. Корпуса изготавливаются из материалов, коррозионно-стойких к  $UF_6$ , или защищены покрытием из таких материалов.

f) Ловушки:

Специально предназначенные или подготовленные трубки внутренним диаметром до 12 мм (0,5 дюйма) для извлечения газа  $UF_6$  из роторной трубы по методу трубки Пито (т.е. с отверстием, направленным на круговой поток газа в роторной трубе, к примеру, посредством изгиба конца радиально расположенной трубки), которые можно прикрепить к центральной системе извлечения газа. Трубки изготовлены из материалов, коррозионно-стойких к  $UF_6$ , или защищены покрытием из таких материалов.

**5.2. Специально предназначенные или подготовленные вспомогательные системы, оборудование и компоненты для использования на газоцентрифужной установке по обогащению**

**ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Вспомогательные системы, оборудование и компоненты газоцентрифужной установки по обогащению представляют собой системы установки, необходимые для подачи  $UF_6$  в центрифуги, для связи отдельных центрифуг между собой с целью образования каскадов (или ступеней), чтобы достичь более высокого обогащения и извлечь "продукт" и "хвосты"  $UF_6$  из центрифуг, а также оборудование, необходимое для приведения в действие центрифуг или для управления установкой. Обычно  $UF_6$  испаряется из твердых веществ, помещенных внутри подогреваемых автоклавов, и

подается в газообразной форме к центрифугам через систему коллекторных трубопроводов каскада. "Продукт" и "хвосты"  $UF_6$ , поступающие из центрифуг в виде газообразных потоков, также проходят через систему коллекторных трубопроводов каскада к холодным ловушкам (работающим при температуре около 203° К (-70°С)), где они конденсируются и затем помещаются в соответствующие контейнеры для транспортировки или хранения. Так как установка по обогащению состоит из многих тысяч центрифуг, собранных в каскады, создаются многокилометровые коллекторные трубопроводы каскадов с тысячами сварных швов, причем схема основной части их соединений многократно повторяется. Оборудование, компоненты и системы трубопроводов изготавливаются с соблюдением высоких требований к вакуум-плотности и чистоте обработки.

### **5.2.1. Системы подачи/системы отвода "продукта" и "хвостов"**

Специально предназначенные или подготовленные технологические системы, включая:

питающие автоклавы (или станции), используемые для подачи  $UF_6$  в каскады центрифуг при давлении до 100 кПа (15 фунт/кв. дюйм) и при скорости 1 кг/ч или более;

десублиматоры (или холодные ловушки), используемые для выведения  $UF_6$  из каскадов при давлении до 3 кПа (0,5 фунт/кв.дюйм). Десублиматоры способны охлаждаться до 203° К (-70°С) и нагреваться до 343° К (70°С);

Станции "продукта" и "хвостов", используемые для отвода  $UF_6$  в контейнеры.

Эта установка, оборудование и трубопроводы полностью изготавливаются из материалов, стойких к  $UF_6$ , или футеруются ими (см. ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ к данному разделу) с соблюдением высоких требований к вакуум-плотности и чистоте обработки.

### **5.2.2. Машинные системы коллекторных трубопроводов**

Специально предназначенные или подготовленные системы трубопроводов и коллекторов для удержания  $UF_6$  внутри центрифужных каскадов. Эта сеть трубопроводов обычно представляет собой систему с "тройным" коллектором, и каждая центрифуга соединена с каждым из коллекторов. Следовательно, схема основной части их соединения многократно повторяется. Она полностью изготавливается из стойких к  $UF_6$  материалов (см. ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ к настоящему разделу) с соблюдением высоких требований к вакуум-плотности и чистоте обработки.

### 5.2.3. Масс-спектрометры/ионные источники для UF<sub>6</sub>

Специально предназначенные или подготовленные магнитные или квадрупольные масс-спектрометры, способные производить прямой отбор проб подаваемой массы, "продукта" или "хвостов" из газовых потоков UF<sub>6</sub> и обладающие полным набором следующих характеристик:

1. Удельная разрешающая способность по массе свыше 320;
2. Ионные источники, изготовленные из нихрома или монеля, или футерованные ими, или никелированные;
3. Ионизационные источники с бомбардировкой электронами;
4. Коллекторная система, пригодная для изотопного анализа.

### 5.2.4. Преобразователи частоты

Преобразователи частоты (также известные как конверторы или инверторы), специально предназначенные или подготовленные для питания статоров двигателей, определенных в подпункте 5.1.2. d), или части, компоненты и под сборки таких преобразователей частоты, обладающие полным набором следующих характеристик:

1. Многофазный выход в диапазоне от 600 до 2000 Гц;
2. Высокая стабильность (со стабилизацией частоты лучше 0,1 %);
3. Низкие нелинейные искажения (менее 2%);
4. Кпд свыше 80%.

### ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Перечисленное выше оборудование вступает в непосредственный контакт с технологическим газом UF<sub>6</sub> или непосредственно управляет работой центрифуг и прохождением газа от центрифуги к центрифуге и из каскада в каскад.

Стойкие к UF<sub>6</sub> материалы включают нержавеющую сталь, алюминий, алюминиевые сплавы, никель или сплавы, содержащие 60% и более никеля.

### **5.3. Специально предназначенные или подготовленные сборки и компоненты для использования при газодиффузионном обогащении**

#### **ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

При газодиффузионном методе разделения изотопов урана основной технологической сборкой является специальный пористый газодиффузионный барьер, теплообменник для охлаждения газа (который нагревается в процессе сжатия), уплотнительные клапаны и регулирующие клапаны, а также трубопроводы. Поскольку в газодиффузионной технологии используется шестифтористый уран ( $UF_6$ ), все оборудование, трубопроводы и поверхности измерительных приборов (которые вступают в контакт с газом) должны изготавливаться из материалов, сохраняющих стабильность при контакте с  $UF_6$ . Газодиффузионная установка состоит из ряда такихборок, так что их количество может быть важным показателем конечного предназначения.

#### **5.3.1. Газодиффузионные барьеры**

- a) Специально предназначенные или подготовленные тонкие, пористые фильтры с размером пор 100-1000-А (ангстрем), толщиной 5 мм (0,2 дюйма) или меньше, а для трубчатых форм диаметром 25 мм (1 дюйм) или меньше, изготовленные из металлических, полимерных или керамических материалов, стойких к коррозии, вызываемой  $UF_6$ , и
- b) специально подготовленные соединения или порошки для изготовления таких фильтров. Такие соединения и порошки включают никель или сплавы, содержащие 60% или более никеля, окись алюминия или стойкие к  $UF_6$  полностью фторированные углеводородные полимеры с чистотой 99,9% или более, размером частиц менее 10 мкм и высокой однородностью частиц по крупности, которые специально подготовлены для изготовления газодиффузионных барьеров.

#### **5.3.2. Камеры диффузоров**

Специально предназначенные или подготовленные герметичные цилиндрические сосуды диаметром более 300 мм (12 дюймов) и длиной более 900 мм (35 дюймов), или прямоугольные сосуды сравнимых размеров, имеющие один впускной и два выпускных патрубка, диаметр каждого из которых более 50 мм (2 дюйма), для помещения в них газодиффузионных барьеров, изготовленные из стойких к  $UF_6$  материалов или покрытые ими, и предназначенные для установки в горизонтальном или вертикальном положении.

### **5.3.3. Компрессоры и газодувки**

Специально предназначенные или подготовленные осевые, центробежные или объемные компрессоры, или газодувки с производительностью на всосе  $1 \text{ м}^3/\text{мин}$  или более  $\text{UF}_6$  и с давлением на выходе до нескольких сотен кПа (100 фунт/кв. дюйм), предназначенные для долговременной эксплуатации в среде  $\text{UF}_6$  с электродвигателем соответствующей мощности или без него, а также отдельные сборки таких компрессоров и газодувок. Эти компрессоры и газодувки имеют перепад давления от 2:1 до 6:1 и изготавливаются из стойких к  $\text{UF}_6$  материалов или покрыты ими.

### **5.3.4. Уплотнения вращающихся валов**

Специально предназначенные или подготовленные вакуумные уплотнения, установленные на стороне подачи и на стороне выхода для уплотнения вала, соединяющего ротор компрессора или газодувки с приводным двигателем, с тем чтобы обеспечить надежную герметизацию, предотвращающую натекание воздуха во внутреннюю камеру компрессора или газодувки, которая наполнена  $\text{UF}_6$ . Такие уплотнения обычно проектируются на скорость натекания буферного газа менее  $1000 \text{ см}^3/\text{мин}$ . (60 дюйм<sup>3</sup>/мин.).

### **5.3.5. Теплообменники для охлаждения $\text{UF}_6$**

Специально предназначенные или подготовленные теплообменники, изготовленные из стойких к  $\text{UF}_6$  материалов или покрытые ими (за исключением нержавеющей стали), или медью, или любым сочетанием этих металлов и рассчитанные на скорость изменения давления, определяющего утечку, менее 10 Па (0,0015 фунт/кв. дюйм) в час при перепаде давления 100 кПа (15 фунт/кв. дюйм).

### **5.4. Специально предназначенные или подготовленные вспомогательные системы, оборудование и компоненты для использования при газодиффузионном обогащении**

#### **ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Вспомогательные системы, оборудование и компоненты для газодиффузионных установок по обогащению представляют собой системы установки, необходимые для подачи  $\text{UF}_6$  в газодиффузионную сборку, для связи отдельныхборок между собой и образования каскадов (или ступеней) с целью постепенного достижения более высокого обогащения и извлечения "продукта" и "хвостов"  $\text{UF}_6$  из диффузионных каскадов. Ввиду высокоинерционных характеристик диффузионных каскадов любое прерывание их работы, особенно их остановка, приводят к серьезным последствиям. Следовательно, на газодиффузионной установке важное значение имеют строгое и постоянное поддержание вакуума во всех

технологических системах, автоматическая защита от аварий и точное автоматическое регулирование потока газа. Все это приводит к необходимости оснащения установки большим количеством специальных измерительных, регулирующих и управляющих систем.

Обычно  $UF_6$  испаряется из цилиндров, помещенных внутри автоклавов, и подается в газообразной форме к входным точкам через систему коллекторных трубопроводов каскада. "Продукт" и "хвосты"  $UF_6$ , поступающие из выходных точек в виде газообразных потоков, проходят через систему коллекторных трубопроводов каскада либо к холодным ловушкам, либо к компрессорным станциям, где газообразный поток  $UF_6$  сжимается и затем помещается в соответствующие контейнеры для транспортировки или хранения. Поскольку газодиффузионная установка по обогащению имеет большое количество газодиффузионных сборок, собранных в каскады, создаются многокилометровые коллекторные трубопроводы каскадов с тысячами сварных швов, причем схема основной части их соединений многократно повторяется. Оборудование, компоненты и системы трубопроводов изготавливаются с соблюдением высоких требований к вакуум-плотности и чистоте обработки.

#### **5.4.1. Системы подачи/системы отвода "продукта" и "хвостов"**

Специально предназначенные или подготовленные технологические системы, способные работать при давлениях 300 кПа (45 фунт/кв. дюйм) или менее, включая:

питающие автоклавы (или системы), используемые для подачи  $UF_6$  в газодиффузионные каскады;  
десублиматоры (или холодные ловушки), используемые для выведения  $UF_6$  из газодиффузионных каскадов;

станции ожижения, где  $UF_6$  в газообразной форме из каскада сжимается и охлаждается до жидкого состояния;  
станции "продукта" или "хвостов", используемые для заполнения контейнеров  $UF_6$ .

#### **5.4.2. Системы коллекторных трубопроводов**

Специально предназначенные или подготовленные системы трубопроводов и системы коллекторов для удержания  $UF_6$  внутри газодиффузионных каскадов. Эта сеть трубопроводов обычно представляет собой систему с "двойным" коллектором, и каждая ячейка соединена с каждым из коллекторов.

### 5.4.3. Вакуумные системы

- a) Специально предназначенные или подготовленные крупные вакуумные магистрали, вакуумные коллекторы и вакуумные насосы производительностью 5 м<sup>3</sup>/мин. (175 фут<sup>3</sup>/мин.) или более.
- b) Вакуумные насосы, специально предназначенные для работы в содержащей UF<sub>6</sub> атмосфере и изготовленные из алюминия, никеля или сплавов, содержащих более 60% никеля или покрытые ими. Эти насосы могут быть или ротационными, или поршневыми, могут иметь вытесняющие и фтористоуглеродные уплотнения, а также в них могут присутствовать специальные рабочие жидкости.

### 5.4.4. Специальные стопорные и регулирующие клапаны

Специально предназначенные или подготовленные ручные или автоматические стопорные и регулирующие клапаны сильфонного типа, изготовленные из стойких к UF<sub>6</sub> материалов, диаметром от 40 до 1500 мм (1,5 до 59 дюйм) для установки в основных и вспомогательных системах газодиффузионных установок по обогащению.

### 5.4.5. Масс-спектрометры/ионные источники для UF<sub>6</sub>

Специально предназначенные или подготовленные магнитные или квадрупольные масс-спектрометры, способные производить прямой сброс проб подаваемой массы "продукта" или "хвостов" из газовых потоков UF<sub>6</sub> и обладающие полным набором следующих характеристик:

1. Удельная разрешающая способность по массе свыше 320;
2. Ионные источники, изготовленные из нихрома или монеля, или футерованные ими, или никелированные;
3. Ионизационные источники с бомбардировкой электронами;
4. Коллекторная система, пригодная для изотопного анализа.

### ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Перечисленное выше оборудование вступает в непосредственный контакт с технологическим газом UF<sub>6</sub>, либо непосредственно регулирует поток в пределах каскада. Все поверхности, которые вступают в контакт с технологическим газом, целиком изготавливаются из стойких к UF<sub>6</sub> материалов или покрываются ими. Для целей разделов, относящихся к газодиффузионным устройствам, материалы, стойкие к коррозии, вызываемой UF<sub>6</sub>, включают нержавеющую сталь, алюминий, алюминиевые сплавы, окись алюминия, никель или сплавы, содержащие 60% или более никеля, а также стойкие к UF<sub>6</sub> полностью фторированные углеводородные полимеры.

**5.5. Специально предназначенные или подготовленные системы, оборудование и компоненты для использования на установках аэродинамического обогащения.**

**ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

В процессах аэродинамического обогащения смесь газообразного  $UF_6$  и легкого газа (водород или гелий) сжимается и затем пропускается через разделяющие элементы, в которых изотопное разделение завершается посредством получения больших центробежных сил по геометрии криволинейной стенки. Успешно разработаны два процесса этого типа: процесс соплового разделения и процесс вихревой трубки. Для обоих процессов основными компонентами каскада разделения являются цилиндрические корпуса, в которых размещены специальные разделительные элементы (сопла или вихревые трубки), газовые компрессоры и теплообменники для удаления образующегося при сжатии тепла. Для аэродинамических установок требуется целый ряд таких каскадов, так что их количество может служить важным указателем конечного использования. Поскольку в аэродинамическом процессе используется  $UF_6$ , поверхности всего оборудования, трубопроводов и измерительных приборов (которые вступают в контакт с газом) должны изготавливаться из материалов, сохраняющих устойчивость при контакте с  $UF_6$ .

**ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Перечисленные в настоящем разделе элементы вступают в непосредственный контакт с технологическим газом  $UF_6$ , либо непосредственно регулируют поток в пределах каскада. Все поверхности, которые вступают в контакт с технологическим газом, целиком изготавливаются из стойких к  $UF_6$  материалов, или защищены покрытием из таких материалов. Для целей раздела, относящегося к элементам аэродинамического обогащения, коррозионно-стойкие к  $UF_6$  материалы, включают медь, нержавеющую сталь, алюминий, алюминиевые сплавы, никель или сплавы, содержащие 60% или более никеля, а также стойкие к  $UF_6$  полностью фторированные углеводородные полимеры.

**5.5.1. Разделительные сопла**

Специально предназначенные или подготовленные разделительные сопла и их сборки. Разделительные сопла состоят из щелевидных изогнутых каналов с радиусом изгиба менее 1 мм (обычно от 0,1 до 0,05 мм), коррозионно-стойких к  $UF_6$ , и имеющих внутреннюю режущую кромку, которая разделяет протекающий через сопло газ на две фракции.

### **5.5.2. Вихревые трубки**

Специально предназначенные или подготовленные вихревые трубки и их сборки. Вихревые трубки имеют цилиндрическую или конусообразную форму, изготовлены из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов или защищены покрытием из таких материалов и имеют диаметр от 0,5 см до 4 см при отношении длины к диаметру 20:1 или менее, а также одно или более тангенциальное входное отверстие. Трубки могут быть оснащены отводами соплового типа на одном или на обоих концах.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Питательный газ поступает в вихревую трубку по касательной с одного конца или через закручивающие лопатки или через многочисленные тангенциальные входные отверстия вдоль трубки.

### **5.5.3. Компрессоры и газодувки**

Специально предназначенные или подготовленные осевые, центрифужные компрессоры или газодувки или компрессоры и газодувки с положительным смещением, изготовленные из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов, или защищенные покрытием из таких материалов, производительностью на всасе 2 м<sup>3</sup>/мин. или более смеси  $UF_6$  и несущего газа (водород или гелий).

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Такие компрессоры и газодувки обычно имеют перепад давлений от 1,2:1 до 6:1.

### **5.5.4. Уплотнения вращающихся валов**

Специально предназначенные или подготовленные уплотнения вращающихся валов, установленные на стороне подачи и на стороне выхода для уплотнения вала, соединяющего ротор компрессора или ротор газодувки с приводным двигателем, с тем чтобы обеспечить надежную герметизацию, предотвращающую выход технологического газа или натекание воздуха или уплотняющего газа во внутреннюю камеру компрессора или газодувки, которая заполнена смесью  $UF_6$  и несущего газа.

### **5.5.5. Теплообменники для охлаждения газа**

Специально предназначенные или подготовленные теплообменники, изготовленные из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов или защищенные покрытием из таких материалов.

### 5.5.6. Кожухи разделяющих элементов

Специально предназначенные или подготовленные кожухи разделяющих элементов, изготовленные из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов или защищенных покрытием из таких материалов, для помещения в них вихревых трубок или разделительных сопл.

#### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Эти кожухи могут представлять собой цилиндрические камеры диаметром более 300 мм и длиной более 900 мм или прямоугольные камеры сравнимых размеров и могут быть предназначены для установки в горизонтальном или вертикальном положении.

### 5.5.7. Системы подачи/системы отвода "продукта" и "хвостов"

Специально предназначенные или подготовленные технологические системы или оборудование для обогатительных установок, изготовленные из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов или защищенных покрытием из таких материалов, включают:

- a) Питающие автоклавы, печи или системы, используемые для подачи  $UF_6$  для процесса обогащения;
- b) Десублиматоры (или холодные ловушки), используемые для выведения нагретого  $UF_6$  из процесса обогащения для последующего перемещения;
- c) Станции отверждения или ожижения, используемые для выведения  $UF_6$  из процесса обогащения путем сжатия и перевода  $UF_6$  в жидкую или твердую форму;
- d) Станции "продукта" или "хвостов", используемые для перемещения  $UF_6$  в контейнеры.

### 5.5.8. Системы коллекторных трубопроводов

Специально предназначенные или подготовленные системы коллекторных трубопроводов, изготовленные из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов или защищенные покрытием из таких материалов, для удержания  $UF_6$  внутри аэродинамических каскадов. Эта сеть трубопроводов обычно представляет собой систему с "двойным" коллектором, и каждый каскад или группа каскадов соединены с каждым из коллекторов.

### 5.5.9. Вакуумные системы и насосы

- a) Специально предназначенные или подготовленные вакуумные системы, производительностью на всасе  $5 \text{ м}^3/\text{мин.}$  или более, состоящие из

вакуумных магистралей, вакуумных коллекторов и вакуумных насосов, и предназначенные для работы в содержащих  $UF_6$  газовых средах.

б) Вакуумные насосы, специально предназначенные или подготовленные для работы в содержащих  $UF_6$  газовых средах и изготовленные из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов или защищенных покрытием из таких материалов. В этих насосах могут использоваться фторированные углеродные уплотнения и специальные рабочие жидкости.

#### **5.5.10. Специальные стопорные и регулирующие клапаны**

Специально предназначенные или подготовленные ручные или автоматические стопорные и регулирующие клапаны сильфонного типа, изготовленные из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов или защищенные покрытием из таких материалов, диаметром от 40 до 1500 мм для монтажа в основных и вспомогательных системах установок аэродинамического обогащения.

#### **5.5.11. Масс-спектрометры/ионные источники для $UF_6$**

Специально предназначенные или подготовленные магнитные или квадрупольные масс-спектрометры, способные производить прямой отбор проб подаваемой массы, "продукта" или "хвостов" из газовых потоков  $UF_6$  и обладающие полным набором следующих характеристик:

1. Удельная разрешающая способность по массе свыше 320;
2. Ионные источники, изготовленные из нихрома или монеля или футерованные ими, или никелированные;
3. Ионизационные источники с бомбардировкой электронами;
4. Коллекторная система, пригодная для изотопного анализа.

#### **5.5.12. Системы отделения $UF_6$ от несущего газа**

Специально предназначенные или подготовленные технологические системы для отделения  $UF_6$  от несущего газа (водорода или гелия).

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Эти системы предназначены для сокращения содержания  $UF_6$  в несущем газе до одной части на миллион или менее и могут включать такое оборудование, как:

- a) Криогенные теплообменники и криосепараторы, способные создавать температуры  $-120^{\circ}\text{C}$  или менее, или
- b) Блоки криогенного охлаждения, способные создавать температуры  $-120^{\circ}\text{C}$  или менее, или
- c) Блоки разделительных сопел или вихревых трубок для отделения  $\text{UF}_6$  от несущего газа, или
- d) Холодные ловушки  $\text{UF}_6$ , способные создавать температуры  $-20^{\circ}\text{C}$  или менее.

**5.6. Специально предназначенные или подготовленные системы, оборудование и компоненты для использования на установках химообменного или ионообменного обогащения**

### **ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Незначительное различие изотопов урана по массе приводит к небольшим изменениям в равновесиях химических реакций, которые могут использоваться в качестве основы для разделения изотопов. Успешно разработано два процесса: жидкостно-жидкостный химический обмен и твердо-жидкостный ионный обмен.

В процессе жидкостно-жидкостного химического обмена в противотоке происходит взаимодействие несмешивающихся жидких фаз (водных или органических), что приводит к эффекту каскадирования тысяч стадий разделения. Водная фаза состоит из хлорида урана в растворе соляной кислоты; органическая фаза состоит из экстрагента, содержащего хлорид урана в органическом растворителе. Контактными фильтрами в разделительном каскаде могут являться жидкостно-жидкостные обменные колонны (такие, как импульсные колонны с сетчатыми пластинами) или жидкостные центрифужные контактные фильтры. На обоих концах разделительного каскада в целях обеспечения рефлюкса на каждом конце необходимы химические превращения (окисление и восстановление). Главная задача конструкции состоит в том, чтобы не допустить загрязнения технологических потоков некоторыми ионами металлов. В связи с этим используются пластиковые, покрытые пластиком (включая применение фторированных углеводородных полимеров) и/или покрытые стеклом колонны и трубопроводы.

В твердо-жидкостном ионообменном процессе обогащение достигается посредством адсорбции/десорбции урана на специальной, очень быстро действующей ионообменной смоле или адсорбенте. Раствор урана в соляной кислоте и другие химические агенты пропускаются через

цилиндрические ооогатительные колонны, содержащие уплотненные слои адсорбента. Для поддержания непрерывности процесса необходима система рефлюкса в целях высвобождения урана из адсорбента обратно в жидкий поток, с тем чтобы можно было собрать "продукт" и "хвосты". Это достигается путем использования подходящих химических агентов восстановления/окисления, которые полностью регенерируются в отдельных внешних петлях и которые могут частично регенерироваться в самих изотопных разделительных колоннах. Присутствие в процессе горячих концентрированных растворов соляной кислоты требует, чтобы оборудование было изготовлено из специальных коррозионно-стойких материалов или защищено покрытием из таких материалов.

#### **5.6.1. Жидкостно-жидкостные обменные колонны (химический обмен)**

Противоточные жидкостно-жидкостные обменные колонны, имеющие механический силовой ввод (т.е. импульсные колонны с сетчатыми тарелками, колонны с тарелками, совершающими возвратно поступательные движения, и колонны с внутренними турбинными смесителями), специально предназначенные или подготовленные для уранового обогащения с использованием процесса химического обмена. Для коррозионной устойчивости к концентрированным растворам соляной кислоты эти колонны и их внутренние компоненты изготовлены из подходящих пластиковых материалов (таких, как фторированные углеводородные полимеры) или стекла или защищены покрытием из таких материалов. Колонны спроектированы на короткое (30 секунд или менее) время прохождения в каскаде.

#### **5.6.2. Центрифужные жидкостно-жидкостные контактные фильтры (химический обмен)**

Центрифужные жидкостно-жидкостные контактные фильтры, специально предназначенные или подготовленные для обогащения урана с использованием процесса химического обмена. В таких контактных фильтрах используется вращение для получения и жидких потоков, а затем центробежная сила для разделения фаз. Для коррозионной стойкости к концентрированным растворам соляной кислоты контактные фильтры изготавливаются из соответствующих пластиковых материалов (таких, как фторированные углеводородные полимеры) или покрываются ими или покрываются стеклом. Центрифужные контактные фильтры спроектированы на короткое (30 секунд или менее) время прохождения в каскаде.

### **5.6.3. Системы и оборудование для восстановления урана (химический обмен)**

а) Специально предназначенные или подготовленные ячейки электрохимического восстановления для восстановления урана из одного валентного состояния в другое для обогащения урана с использованием процесса химического обмена. Материалы ячеек, находящиеся в контакте с технологическими растворами, должны быть коррозионно-стойкими к концентрированным растворам соляной кислоты.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Катодный отсек ячейки должен быть спроектирован таким образом, чтобы предотвратить повторное окисление урана до более высокого валентного состояния. Для удержания урана в катодном отсеке ячейка может иметь непроницаемую диафрагменную мембрану, изготовленную из специального катионно-обменного материала. Катод состоит из соответствующего твердого проводника, такого, как графит.

б) Специально предназначенные или подготовленные системы на производственном выходе каскада для извлечения  $U^{+4}$  из органического потока, регулирования концентрации кислоты и для заполнения ячеек электрохимического восстановления.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Эти системы состоят из оборудования экстракции растворителем для отгонки  $U^{+4}$  из органического потока в жидкий раствор, оборудования выпаривания и/или другого оборудования для достижения регулировки и контроля водородного показателя, и насосов или других устройств переноса для заполнения ячеек электрохимического восстановления. Основная задача конструкции состоит в том, чтобы избежать загрязнения потока жидкости ионами некоторых металлов. Следовательно, те части оборудования системы, которые находятся в контакте с технологическим потоком, изготовлены из соответствующих материалов (таких, как стекло, фторированные углеводородные полимеры, сульфат полифенила, сульфон полиэфира и пропитанный смолой графит), или защищены покрытием из таких материалов.

### **5.6.4. Системы подготовки питания (химический обмен)**

Специально предназначенные или подготовленные системы для производства питательных растворов хлорида урана высокой чистоты для химообменных установок разделения изотопов урана.

## ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Эти системы состоят из оборудования для растворения, экстракции растворителем и/или ионообменного оборудования для очистки, а также электролитических ячеек для восстановления  $U^{+6}$  или  $U^{+4}$  в  $U^{+3}$ . В этих системах производятся растворы хлорида урана, в которых содержится лишь несколько частей на миллион металлических включений, таких, как хром, железо, ванадий, молибден и других двухвалентных их катионов или катионов с большей валентностью. Конструкционные материалы для элементов системы, в которой обрабатывается  $U^{+3}$  высокой чистоты, включают стекло, фторуглеродные полимеры, графит, покрытый поливинил-сульфатным или полиэфир-сульфонным пластиком и пропитанный смолой.

### 5.6.5. Системы окисления урана (химический обмен)

Специально предназначенные или подготовленные системы для окисления  $U^{+3}$  в  $U^{+4}$  для возвращения в каскад разделения изотопов урана в процессе химобменного обогащения.

## ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Эти системы могут включать такие элементы, как:

а) Оборудование для контактирования хлора и кислорода с водными эффлюентами из оборудования разделения изотопов и экстракции образовавшегося  $U^{+4}$  в обедненный органический поток, возвращающийся из производственного выхода каскада,

б) Оборудование, которое отделяет воду от соляной кислоты, чтобы вода и концентрированная соляная кислота могли бы быть вновь введены в процесс в нужных местах.

### 5.6.6. Быстро реагирующие ионообменные смолы/абсорбенты (ионный обмен)

Быстро реагирующие ионообменные смолы или абсорбенты, специально предназначенные или подготовленные для обогащения урана с использованием процесса ионного обмена, включая пористые смолы макросетчатой структуры и/или мембранные структуры, в которых активные группы химического обмена ограничены покрытием на поверхности неактивной пористой вспомогательной структуры, и другие композитные структуры в любой приемлемой форме, включая частицы волокон. Эти ионообменные смолы/абсорбенты имеют диаметры 0,2 мм или менее и должны быть химически стойкими по отношению к растворам концентрированной соляной кислоты, а также достаточно прочны

физически, с тем чтобы их свойства не ухудшались в обменных колоннах. Смолы/абсорбенты специально предназначены для получения кинетики очень быстрого обмена изотопов урана (длительность полуобмена менее 10 секунд) и обладают возможностью работать при температуре в диапазоне от 100°C до 200°C.

#### **5.6.7. Ионообменные колонны (ионный обмен)**

Цилиндрические колонны диаметром более 1000 мм для удержания и поддержания заполненных слоев ионообменных смол/абсорбентов, специально предназначенные или подготовленные для обогащения урана с использованием ионообменного процесса. Эти колонны изготовлены из материалов (таких, как титан или фторированные углеводородные полимеры), стойких к коррозии, вызываемой растворами концентрированной соляной кислоты, или защищены покрытием из таких материалов и способны работать при температуре в диапазоне от 100°C до 200°C и давлениях выше 0,7 МПа (102 фунт/кв. дюйм).

#### **5.6.8. Ионообменные системы рефлюкса (ионный обмен)**

а) Специально предназначенные или подготовленные системы химического или электрохимического восстановления для регенерации агента(ов) химического восстановления, используемого(ых) в каскадах ионообменного обогащения урана.

б) Специально предназначенные или подготовленные системы химического или электрохимического окисления для регенерации агента(ов) химического окисления, используемого(ых) в каскадах ионообменного обогащения урана.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

В процессе ионообменного обогащения в качестве восстанавливающего катиона может использоваться, например, трехвалентный титан ( $Ti^{+3}$ ), и в этом случае восстановительная система будет вырабатывать  $Ti^{+3}$  посредством восстановления  $Ti^{+4}$ .

В процессе, например, в качестве окислителя может использоваться трехвалентное железо ( $Fe^{+3}$ ), и в этом случае система окисления будет вырабатывать  $Fe^{+3}$  посредством окисления  $Fe^{+2}$ .

## 5.7. Специально предназначенные или подготовленные системы, оборудование и компоненты для использования в лазерных обогатительных установках

### ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Существующие системы для обогатительных процессов с использованием лазеров делятся на две категории: те, в которых рабочей средой являются пары атомарного урана, и те, в которых рабочей средой являются пары уранового соединения. Общими названиями для таких процессов являются: первая категория - лазерное разделение изотопов по методу атомарных паров (ALVIS или SILVA); вторая категория - молекулярный метод лазерного разделения изотопов (MLIS или MOLIS) и химическая реакция посредством избирательной по изотопам лазерной активации (CRISLA). Системы, оборудование и компоненты для установок лазерного обогащения охватывают: а) устройства для подачи паров металлического урана (для избирательной фотоионизации) или устройства для подачи паров уранового соединения (для фотодиссоциации или химической активации); б) устройства для сбора обогащенного и обедненного металлического урана в качестве "продукта" и "хвостов" в первой категории и устройства для сбора разложенных или вышедших из реакции соединений в качестве "продукта" и необработанного материала в качестве "хвостов" во второй категории; в) рабочие лазерные системы для избирательного возбуждения изотопов урана-235; и д) оборудование для подготовки питания и конверсии продукта. Вследствие сложности спектроскопии атомов и соединений урана может потребоваться использование любой из ряда имеющихся лазерных технологий.

### ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Многие из компонентов, перечисленных в этом разделе, вступают в непосредственный контакт с парами металлического урана или с жидкостью, или с технологическим газом, состоящим из  $UF_6$  или смеси из  $UF_6$  и других газов. Все поверхности, которые вступают в контакт с ураном или  $UF_6$ , полностью изготовлены из коррозионно-стойких материалов или защищены покрытием из таких материалов. Для целей раздела, относящегося к компонентам оборудования для лазерного обогащения, материалы, стойкие к коррозии, вызываемой парами или жидкостями, содержащими металлический уран или урановые сплавы, включают покрытый иттрием графит и тантал; и материалы, стойкие к коррозии, вызываемой  $UF_6$ , включают медь, нержавеющую сталь, алюминий, алюминиевые сплавы, никель или сплавы, содержащие 60% никеля и более, и стойкие к  $UF_6$  полностью фторированные углеводородные полимеры.

### **5.7.1. Системы выпаривания урана (ALVIS)**

Специально предназначенные или подготовленные системы выпаривания урана, которые содержат высокомогущные полосовые или раэровые электронно-лучевые пушки с передаваемой мощностью на мишень более 2,5 кВт/см.

### **5.7.2. Системы для обработки жидкометаллического урана (ALVIS)**

Специально предназначенные или подготовленные системы для обработки жидкого металла для расплавленного урана или урановых сплавов, состоящие из тиглей и охлаждающего оборудования для тиглей.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Тигли и другие компоненты этой системы, которые вступают в контакт с расплавленным ураном или урановыми сплавами, изготовлены из коррозионно-стойких и термостойких материалов или защищенных покрытием из таких материалов. Приемлемые материалы включают тантал, покрытый иттрием графит, графит, покрытый окислами других редкоземельных элементов или их смесями.

### **5.7.3. Агрегаты для сбора "продукта" и "хвостов" металлического урана (ALVIS)**

Специально предназначенные или подготовленные агрегаты для сбора "продукта" и "хвостов" для металлического урана в жидкой или твердой форме.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Компоненты для этих агрегатов изготовлены из материалов, стойких к нагреву и коррозии, вызываемой парами металлического урана или жидкостью, или защищены покрытием из таких материалов (таких, как покрытый иттрием графит или тантал) и могут включать в себя трубопроводы, клапаны, штуцера, "желобы", вводы, теплообменники и коллекторные пластины для магнитного, электростатического или других методов разделения.

### **5.7.4. Кожухи разделительного модуля (ALVIS)**

Специально предназначенные или подготовленные цилиндрические или прямоугольные камеры для помещения в них источника паров

металлического урана, электронно-лучевой пушки и коллекторов "продукта" и "хвостов".

## ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Эти кожухи имеют множество входных отверстий для подачи электропитания и воды, окна для лазерных пучков, соединений вакуумных насосов, а также для диагностики и контроля контрольно-измерительных приборов. Они имеют приспособления для открытия и закрытия, чтобы обеспечить обслуживание внутренних компонентов.

### 5.7.5. Сверхзвуковые расширительные сопла (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные сверхзвуковые расширительные сопла для охлаждения смесей  $UF_6$  и несущего газа до  $150^\circ K$  или ниже и коррозионно-стойкие к  $UF_6$ .

### 5.7.6. Коллекторы продукта пentaфтористого урана (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные коллекторы твердого продукта пentaфтористого урана ( $UF_5$ ), состоящие из фильтра, коллекторов ударного или циклонного типа или их сочетаний и коррозионно-стойкие к среде  $UF_5/UF_6$ .

### 5.7.7. Компрессоры $UF_6$ /несущего газа (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные компрессоры для смесей  $UF_6$  и несущего газа, предназначенные для длительной эксплуатации в среде  $UF_6$ . Компоненты этих компрессоров, которые вступают в контакт с несущим газом, изготовлены из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов или защищены покрытием из таких материалов.

### 5.7.8. Уплотнения вращающихся валов (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные уплотнения вращающихся валов, установленные на стороне подачи и на стороне выхода для уплотнения вала, соединяющего ротор компрессора с приводным двигателем, с тем чтобы обеспечить надежную герметизацию, предотвращающую выход технологического газа или натекание воздуха или уплотняющего газа во внутреннюю камеру компрессора, которая заполнена смесью  $UF_6$  и несущего газа.

### 5.7.9. Системы фторирования (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные системы для фторирования  $UF_3$  (в твердом состоянии) в  $UF_6$  (газ).

#### ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Эти системы предназначены для фторирования собранного порошка  $UF_3$  в  $UF_6$  в целях последующего сбора в контейнерах продукта или для перемещения в качестве питания в блоки MLIS для дополнительного обогащения. При применении одного подхода реакция фторирования может быть завершена в пределах системы разделения изотопов, где идет реакция и непосредственное извлечение из коллекторов "продукта". При применении другого подхода порошок  $UF_3$  может быть извлечен/перемещен из коллекторов "продукта" в подходящий реактор (например, реактор с псевдооживленным слоем катализатора, геликоидальный реактор или жаровая башня) в целях фторирования. В обоих случаях используется оборудование для хранения и переноса фтора (или других приемлемых фторирующих агентов) и для сбора и переноса  $UF_6$ .

### 5.7.10. Масс-спектрометры/ионные источники $UF_6$ (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные магнитные или квадрупольные масс-спектрометры, способные производить прямой отбор проб подаваемой массы, "продукта" или "хвостов" из газовых потоков  $UF_6$  и обладающие полным набором следующих характеристик:

1. Удельная разрешающая способность по массе свыше 320;
2. Ионные источники, изготовленные из нихрома или монеля или футерованные ими, или никелированные;
3. Ионизационные источники с бомбардировкой электронами;
4. Коллекторная система, пригодная для изотопного анализа.

### 5.7.11. Системы подачи/системы отвода "продукта" и "хвостов" (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные технологические системы или оборудование для обогатительных установок, изготовленные из коррозионно-стойких к  $UF_6$  материалов, или защищенных покрытием из таких материалов, включают:

- a) Питающие автоклавы, печи или системы, используемые для подачи  $UF_6$  для процесса обогащения;

- b) Десублиматоры (или холодные ловушки), используемые для выведения нагретого UF<sub>6</sub> из процесса обогащения для последующего перемещения;
- c) Станции отверждения или ожижения, используемые для выведения UF<sub>6</sub> из процесса обогащения путем сжатия и перевода UF<sub>6</sub> в жидкую или твердую форму;
- d) Станции "продукта" или "хвостов", используемые для перемещения UF<sub>6</sub> в контейнеры.

#### **5.7.12. Системы отделения UF<sub>6</sub> от несущего газа (MLIS)**

Специально предназначенные или подготовленные технологические системы для отделения UF<sub>6</sub> от несущего газа. Несущим газом может быть азот, аргон или другой газ.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Эти системы могут включать такое оборудование, как:

- a) Криогенные теплообменники или криосепараторы, способные создавать температуры -120°C или менее, или
- b) Блоки криогенного охлаждения, способные создавать температуры -120°C или менее, или
- c) Холодные ловушки UF<sub>6</sub>, способные создавать температуры -20°C или менее.

#### **5.7.13. Лазерные системы (ALVIS, MLIS и CRISLA)**

Лазеры или лазерные системы, специально предназначенные или подготовленные для разделения изотопов урана.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Лазерная система процесса ALVIS обычно состоит из двух лазеров: лазера на парах меди и лазера на красителях. Лазерная система для MLIS обычно состоит из лазера, работающего на CO<sub>2</sub> или эксимерного лазера и многоходовой оптической ячейки с вращающимися зеркалами на обеих сторонах. Для лазеров или лазерных систем при обоих процессах требуется стабилизатор спектральной частоты для работы в течение длительных периодов времени.

Лазеры и важные компоненты лазеров при лазерном процессе обогащения включают следующее:

Лазеры, лазерные усилители и генераторы, в том числе:

- a) лазеры на парах меди со средней выходной мощностью 40 Вт или более, работающие на длинах волн 500-600 нм;
- b) аргоновые ионные лазеры со средней выходной мощностью свыше 40 Вт, работающие на длинах волн 400-515 нм;
- c) лазеры, легированные неодимом (кроме стеклянных), в том числе:
  - 1) имеющие длину волны от 1000 до 1100 нм с импульсным возбуждением и модуляцией добротности, с длительностью импульса 1 нс или более, имеющие:
    - a) выходной сигнал с одной поперечной модой и средней выходной мощностью, превышающую 40 Вт;
    - b) выходной сигнал с несколькими поперечными модами и средней выходной мощностью, превышающую 50 Вт;
  - 2) работающие на длине волны от 1000 нм до 1100 нм и обеспечивающие удвоение частоты, дающее длину волны выходного излучения от 500 до 550 нм, со средней мощностью на удвоенной частоте (на новой длине волны) более чем 40 Вт;
- d) перестраиваемые одномодовые импульсные лазеры на красителях, способные давать среднюю выходную мощность более 1 Вт, с частотой следования импульсов более 1 кГц, длительностью импульса менее 100 нс и длиной волны 300-800 нм;
- e) перестраиваемые импульсные лазерные усилители и генераторы на красителях, за исключением одномодовых генераторов, со средней выходной мощностью более 30 Вт, с частотой следования импульсов более 1 кГц, длительностью импульсов менее 100 нс и длиной волны 300-800 нм;
- f) александритовые лазеры с шириной полосы не более 0,005 нм, частотой следования импульсов более 125 Гц, средней выходной мощностью свыше 30 Вт и длиной волны 720-800 нм;
- g) импульсные лазеры, работающие на двуокиси углерода, с частотой следования импульсов свыше 250 Гц, средней выходной мощностью свыше 500 Вт и длительностью импульса менее 200 нс, работающие на длинах волн 9000-11000 нм;

**Примечание:** Настоящая спецификация не контролирует более мощные (как правило, мощностью от 1 до 5 кВт) промышленные лазеры, работающие на  $\text{CO}_2$ , которые используются для резки и сварки, так как эти лазеры работают либо в непрерывном режиме, либо в импульсном режиме с длительностью импульса свыше 200 нс;

- h) импульсные эксимерные лазеры ( $\text{XeF}$ ,  $\text{XeCl}$ ,  $\text{KrF}$ ) с частотой следования импульсов более 250 Гц и средней выходной мощностью свыше 500 Вт, работающие на длинах волн 240-360 нм;
- i) пара-водородные рамановские фазовращатели, сконструированные для работы на длине волны 16 мкм и с частотой повторения более 250 Гц.

## **5.8. Специально предназначенные или подготовленные системы, оборудование и компоненты для использования на обогатительных установках с плазменным разделением**

### **ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

При процессе плазменного разделения плазма, состоящая из ионов урана, проходит через электрическое поле, настроенное на частоту ионного резонанса  $\text{U}^{235}$ , с тем чтобы они в первую очередь поглощали энергию и увеличивался диаметр их штопорообразных орбит. Ионы с прохождением по большему диаметру захватываются для образования продукта, обогащенного  $\text{U}^{235}$ . Плазма, которая образована посредством ионизации уранового пара, содержится в вакуумной камере с магнитным полем высокой напряженности, образованным с помощью сверхпроводящего магнита. Основные технологические системы процесса включают систему генерации урановой плазмы, разделительный модуль со сверхпроводящим магнитом и системы извлечения металла для сбора "продукта" и "хвостов".

#### **5.8.1. Микроволновые источники энергии и антенны**

Специально предназначенные или подготовленные микроволновые источники энергии и антенны для генерации или ускорения ионов и обладающие следующими характеристиками: частота выше 30 Гц и средняя выходная мощность для образования ионов более 50 кВт.

### **5.8.2. Соленоиды для возбуждения ионов**

Специально предназначенные или подготовленные соленоиды для радиочастотного возбуждения ионов в диапазоне частот более 100 кГц и способные работать при средней мощности более 40 кВт.

### **5.8.3. Системы для производства урановой плазмы**

Специально предназначенные или подготовленные системы для производства урановой плазмы, которые могут содержать высокомошные пластиночные или растровые электронно-лучевые пушки с передаваемой мощностью на мишень более 2,5 кВт/см.

### **5.8.4. Системы для обработки с жидкометаллического урана**

Специально предназначенные или подготовленные системы для обработки жидкого металла для расплавленного урана или урановых сплавов, состоящие из тиглей и охлаждающего оборудования для тиглей.

### **ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Тигли и другие компоненты этой системы, которые вступают в контакт с расплавленным ураном или урановыми сплавами, изготовлены из коррозионно-стойких и термостойких материалов или защищены покрытием из таких материалов. Приемлемые материалы включают тантал, покрытый иттрием графит, графит, покрытый окислами других редкоземельных элементов или их смесями.

### **5.8.5. Агрегаты для сбора "продукта" и "хвостов" металлического урана**

Специально предназначенные или подготовленные агрегаты для сбора "продукта" и "хвостов" для металлического урана в твердой форме. Эти агрегаты для сбора изготовлены из материалов, стойких к нагреву и коррозии, вызываемой парами металлического урана, таких, как графит, покрытый иттрием, или тантал, или защищены покрытием из таких материалов.

### **5.8.6. Кожухи разделительного модуля**

Цилиндрические камеры, специально предназначенные или подготовленные для использования на обогатительных установках с плазменным разделением, для помещения в них источника урановой плазмы,

энергетического соленоида радиочастоты и коллекторов "продукта" и "хвостов".

## ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Эти кожухи имеют множество входных отверстий для подачи электропитания, соединений диффузионных насосов, а также для диагностики и контроля контрольно-измерительных приборов. Они имеют приспособления для открытия и закрытия, чтобы обеспечить обслуживание внутренних компонентов и изготовлены из соответствующих немагнитных материалов, таких, как нержавеющая сталь.

### **5.9. Специально предназначенные или подготовленные системы, оборудование и компоненты для использования на установках электромагнитного обогащения.**

#### ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

При электромагнитном процессе ионы металлического урана, полученные посредством ионизации питающего материала из солей (обычно  $UCl_4$ ), ускоряются и проходят через магнитное поле, которое заставляет ионы различных изотопов проходить по различным направлениям. Основными компонентами электромагнитного изотопного сепаратора являются: магнитное поле для отклонения/разделения изотопов ионного пучка, источника ионов с его системой ускорения, и системы сбора отделенных ионов. Вспомогательные системы для этого процесса включают систему снабжения магнитной энергией, системы высоковольтного питания источника ионов, вакуумную систему и обширные системы химической обработки для восстановления продукта и очистки/регенерации компонентов.

#### **5.9.1. Электромагнитные сепараторы изотопов**

Электромагнитные сепараторы изотопов, специально предназначенные или подготовленные для разделения изотопов урана, и оборудование и компоненты для этого, включая:

##### **а) Источники ионов**

Специально предназначенные или подготовленные отдельные или многочисленные источники ионов урана, состоящие из источника пара, ионизатора и пучкового ускорителя, изготовленные из соответствующих материалов, таких, как графит, нержавеющая сталь или медь, и способных обеспечивать общий ток в пучке ионов 50 мА или более.

##### **б) Коллекторы ионов**

Коллекторные пластины, имеющие две или более щели и паза, специально предназначенные или подготовленные для сбора пучков ионов обогатленного и обедненного урана и изготовленные из соответствующих материалов, таких, как графит или нержавеющая сталь.

с) Вакуумные кожухи

Специально предназначенные или подготовленные вакуумные кожухи для электромагнитных сепараторов урана, изготовленные из соответствующих немагнитных материалов, таких, как нержавеющая сталь, и предназначенные для работы при давлениях 0,1 Па или ниже.

### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Эти кожухи специально предназначены для помещения в них источников ионов, коллекторных пластин и водоохлаждаемых вкладышей и имеют приспособления для соединений диффузионных насосов и приспособления для открытия и закрытия в целях извлечения и замены этих компонентов.

d) Магнитные полюсные наконечники

Специально предназначенные или подготовленные магнитные полюсные наконечники, имеющие диаметр более 2 м, используемые для обеспечения постоянного магнитного поля в электромагнитном сепараторе изотопов и для переноса магнитного поля между расположенными рядом сепараторами.

#### 5.9.2. Высоковольтные источники питания

Специально предназначенные или подготовленные высоковольтные источники питания для источников ионов, обладающие полным набором следующих характеристик: могут работать в непрерывном режиме, выходное напряжение 20 000 В или больше, выходной ток 1 А или больше и стабилизация напряжения менее 0,01 % в течение периода 8 часов.

#### 5.9.3. Источники питания электромагнитов

Специально предназначенные или подготовленные мощные источники питания постоянного тока для электромагнитов, обладающие полным набором следующих характеристик: выходной ток в непрерывном режиме 500 А или больше при напряжении 100 В или больше, при стабилизации по току или напряжению не хуже 0,01 % в течение периода 8 часов.