



# INF

INFCIRC/209/Rev.2  
4 July 2000

GENERAL Distr.

RUSSIAN  
Original: ENGLISH

Международное агентство по атомной энергии  
**ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦИРКУЛЯР**

---

**СООБЩЕНИЯ ОТ 15 НОЯБРЯ 1999 ГОДА, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ НЕКОТОРЫХ  
ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ЭКСПОРТА ЯДЕРНОГО  
МАТЕРИАЛА И НЕКОТОРЫХ КАТЕГОРИЙ ОБОРУДОВАНИЯ И  
ДРУГОГО МАТЕРИАЛА**

1. Генеральный директор Международного агентства по атомной энергии получил письма от 15 ноября 1999 года относительно экспорта ядерного материала и некоторых категорий оборудования и другого материала от постоянных представителей Австралии, Австрии, Аргентины, Бельгии, Болгарии, Венгрии, Германии, Греции, Дании, Ирландии, Испании, Италии, Канады, Люксембурга, Нидерландов, Норвегии, Польши, Португалии, Республики Корея, Румынии, Словацкой Республики, Соединенного Королевства, Соединенных Штатов Америки, Турции, Украины, Финляндии, Франции, Чешской Республики, Швейцарии, Швеции, Южной Африки и Японии.
2. В свете пожелания, выраженного в конце каждого письма, к настоящему документу прилагается текст этого письма.

Attachment

ПИСЬМО

Сэр,

Имею честь сослаться на соответствующие предыдущие сообщения Постоянного представителя (государства-члена) при Международном агентстве по атомной энергии.

За годы, истекшие с момента, когда были сформулированы изложенные в документе INFCIRC/209 процедуры для экспорта некоторых категорий оборудования и материала, специально предназначенных или подготовленных для обработки, использования или производства специального расщепляющегося материала, развитие в области ядерной технологии привело к необходимости уточнить части Исходного списка, первоначально включенные в Меморандум В документа INFCIRC/209. Такие уточнения охватываются документами INFCIRC/209/Mod.1, 2, 3, и 4 (сведенными в единый документ INFCIRC/209/Rev.1) и документами INFCIRC/209/Rev.1/Mod.1, 2, 3 и 4/Corr.1.

Мое правительство в настоящее время считает желательным внести поправки в Исходный список с целью включения новой статьи, озаглавленной “установки для конверсии урана и плутония и оборудование, специально предназначенное или подготовленное для этого.” Поэтому я хотел бы проинформировать Вас, что к Меморандуму В необходимо добавить новый раздел 2.7, а к его Приложению - новый раздел 7, как говорится в дополнении к письму от 5 ноября 1999 года, направленному Вам Секретарем Комитета. В связи с этими изменениями в раздел 3 Приложения следует внести поправки с целью исключить разделы 3.5 и 3.6, которые были включены в новый раздел 7.

Как и до сих пор, правительство моей страны сохраняет за собой право действовать по своему усмотрению в том, что касается толкования и осуществления процедур, изложенных в упомянутых выше документах, а также право контролировать, если оно пожелает, экспорт соответствующих предметов, отличных от тех, которые указаны в упомянутом выше дополнении.

[В том, что касается торговли в рамках Европейского союза, правительство (государства-члена) будет осуществлять эти процедуры в свете своих обязательств в качестве государства-члена этого Союза].<sup>1</sup>

Мое правительство считает целесообразным, чтобы Агентство вновь опубликовало полный текст Меморандумов А и В с внесенными в них поправками в качестве документа INFCIRC/209/Rev.2, с тем чтобы на Конференции по рассмотрению действия Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) в 2000 году представить государствам - участникам ДНЯО всеобъемлющий документ. Буду признателен, если Вы доведете текст настоящего письма и упомянутые выше Меморандумы А и В с внесенными в них поправками до всех государств-членов в целях их информирования.

Примите, сэр, уверения в моем самом высоком уважении.

Вена  
15 ноября 1999 года

---

<sup>1</sup> Этот абзац включен только в письма, направленные государствами - членами ЕС.

## **Сводный исходный список**

### **МЕМОРАНДУМ А**

#### **1. ВВЕДЕНИЕ**

Правительство рассмотрело процедуры относительно экспорта ядерных материалов в свете своего обязательства не предоставлять исходного или специального расщепляющегося материала любому государству, не обладающему ядерным оружием, для мирных целей, если на этот исходный или специальный расщепляющийся материал не распространяются гарантии в соответствии с соглашением с Международным агентством по атомной энергии.

#### **2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО РАСЩЕПЛЯЮЩЕГОСЯ МАТЕРИАЛА**

Определение исходного и специального расщепляющегося материала, принятое правительством, является определением, которое содержится в статье XX Устава Агентства:

##### **а) “ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ”**

Термин “исходный материал” означает уран с содержанием изотопов в том отношении, в каком они находятся в природном уране; уран, обедненный изотопом 235; торий; любое из вышеуказанных веществ в форме металла, сплава, химического соединения или концентрата; какой бы то ни было другой материал, содержащий одно или несколько из вышеуказанных веществ такой концентрации, которая время от времени будет определяться Советом управляющих; и такой другой материал, какой время от времени будет определяться Советом управляющих.

##### **б) “СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАСЩЕПЛЯЮЩИЙСЯ МАТЕРИАЛ”**

i) Термин “специальный расщепляющийся материал” означает плутоний 239, уран 233; уран, обогащенный изотопами 235 или 233; любой материал, содержащий одно или несколько из вышеуказанных веществ; и такой другой расщепляющийся материал, который время от времени будет определяться Советом управляющих; однако термин “специальный расщепляющийся материал” не включает исходного материала.

ii) Термин “уран, обогащенный изотопами 235 или 233”, означает уран, содержащий изотопы 235 или 233, или тот и другой вместе, в таком количестве, чтобы отношение (abundance ratio) суммы этих изотопов к изотопу 238 было больше отношения изотопа 235 к изотопу 238 в природном уране.

#### **3. ПРИМЕНЕНИЕ ГАРАНТИЙ**

Правительство заинтересовано исключительно в том, чтобы обеспечить в соответствующих случаях применение гарантий в государствах, не обладающих ядерным оружием и не являющихся участниками Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), с целью предотвращения переключения ядерного материала, находящегося под гарантиями, с мирных целей на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства. Если правительство намеревается поставить исходный или

специальный расщепляющийся материал для мирных целей в такое государство, то правительство:

- a) устанавливает для этого государства-получателя в качестве условия поставки, что этот исходный или специальный расщепляющийся материал, или специальный расщепляющийся материал, произведенный в этом материале или в результате его использования, не должен переключаться на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства; и
- b) удостоверяется в том, что гарантии для этой цели по соглашению с Агентством и в соответствии с его системой гарантий будут применяться к указанному исходному или специальному расщепляющемуся материалу.

#### **4. ПРЯМОЙ ЭКСПОРТ**

В случае прямого экспорта исходного или специального расщепляющегося материала в государство, не обладающее ядерным оружием и не являющиеся участниками ДНЯО, правительство, прежде чем разрешить экспорт указанного материала, удостоверяется, что такой материал будет подпадать под соглашение о гарантиях с Агентством, как только государство-получатель берет ответственность за этот материал, но не позднее поступления этого материала в место назначения.

#### **5. РЕЭКСПОРТ**

Правительство при экспорте исходного или специального расщепляющегося материала в государство, обладающее ядерным оружием, но не являющееся участником ДНЯО, будет требовать удовлетворительных заверений в том, что этот материал не будет реэкспортироваться в какое-либо государство, не обладающее ядерным оружием и не являющееся участником ДНЯО, если не будут осуществляться мероприятия, соответствующие указанным выше, в отношении принятия гарантий государством, получающим такой реэкспортируемый материал.

#### **6. РАЗНОЕ**

Экспорт единиц, указанных в подпункте а) ниже, и экспорт исходного или специального расщепляющегося материала в данную страну в течение 12 месяцев в объеме менее пределов, определяемых в подпункте b) ниже, не принимается во внимание для цели указанных выше процедур:

- a) плутоний с изотопной концентрацией плутония 238 свыше 80%, специальный расщепляющийся материал при использовании в граммовых или меньших количествах в качестве чувствительного элемента в приборах; и исходный материал, в отношении которого правительство удостоверяется, что он предназначен только для использования в неядерной деятельности, например при производстве сплавов или керамики;
- b) специальный расщепляющийся материал 50 эффективных граммов;  
природный уран 500 килограммов;  
обедненный уран 1000 килограммов; и  
торий 1000 килограммов.

## МЕМОРАНДУМ В

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Правительство рассмотрело процедуры в связи с экспортом некоторых категорий оборудования и материала в свете своего обязательства не предоставлять оборудования и материала, специально предназначенного или подготовленного для обработки, использования или производства специального расщепляющегося материала, любому государству, не обладающему ядерным оружием, для мирных целей, если на этот исходный или специальный расщепляющийся материал, произведенный, обработанный или использованный в указанном оборудовании или материале, не распространяются гарантии по соглашению с Международным агентством по атомной энергии.

### 2. ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ИЛИ МАТЕРИАЛА, СПЕЦИАЛЬНО ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ИЛИ ПОДГОТОВЛЕННОГО ДЛЯ ОБРАБОТКИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЛИ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНОГО РАСЩЕПЛЯЮЩЕГОСЯ МАТЕРИАЛА

Описание единиц оборудования или материала, специально предназначенного или подготовленного для обработки, использования или производства специального расщепляющегося материала (в дальнейшем именуемое "Исходным списком"), принятое правительством, следует ниже (количества, не превышающие уровней, указанных в Приложении, рассматриваются как несущественные для практических целей):

- 2.1. Реакторы и реакторное оборудование (см. Приложение, раздел 1);
- 2.2. Неядерные материалы для реакторов (см. Приложение, раздел 2);
- 2.3. Установки для переработки облученных топливных элементов и оборудование, специально предназначенное или подготовленное для этого (см. Приложение, раздел 3);
- 2.4. Установки для изготовления топливных элементов (см. Приложение, раздел 4);
- 2.5. Установки для разделения изотопов урана и оборудование, кроме аналитических приборов, специально предназначенное или подготовленное для этого (см. Приложение, раздел 5);
- 2.6. Установки для производства тяжелой воды, дейтерия и дейтериевых соединений и оборудование, специально предназначенное или подготовленное для этого (см. Приложение, раздел 6).
- 2.7. Установки для конверсии урана и плутония в целях использования при изготовлении топливных элементов и при разделении изотопов урана, как определяется в разделах 4 и 5 Приложения соответственно, и оборудование, специально предназначенное и подготовленное для этого (см. Приложение, раздел 7).

### 3. ПРИМЕНЕНИЕ ГАРАНТИЙ

Правительство заинтересовано исключительно в том, чтобы обеспечить в соответствующих случаях применение гарантий в государствах, не обладающих ядерным оружием и не являющихся участниками Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), с целью предотвращения переключения находящегося под

гарантиями ядерного материала с мирных целей на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства. Если правительство намеревается поставить виды оборудования или материалы, включенные в “Исходный список”, для мирных целей в такое государство, то правительство:

- a) устанавливает для этого государства-получателя в качестве условия поставки, что этот исходный или специальный расщепляющийся материал, произведенный, обработанный или использованный в установке, для которой поставляется этот вид оборудования или материала, не должен переключаться на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства; и
- b) удостоверяется в том, что гарантии для этой цели по соглашению с Агентством в соответствии с его системой гарантий будут применяться к указанному исходному или специальному расщепляющемуся материалу.

#### **4. ПРЯМОЙ ЭКСПОРТ**

В случае прямого экспорта в государства, не обладающие ядерным оружием и не являющиеся участниками ДНЯО, правительство, прежде чем разрешить экспорт указанного оборудования или материала, удостоверяется, что такое оборудование или такой материал будут подпадать под соглашение о гарантиях с Агентством.

#### **5. РЕЭКСПОРТ**

Правительство при экспорте единиц, включенных в “Исходный список”, будет требовать удовлетворительных заверений в том, что единицы не будут реэкспортироваться в какое-либо государство, не обладающее ядерным оружием и не являющееся участником ДНЯО, если не осуществляются мероприятия, соответствующие указанным выше, в отношении принятия гарантий государством, получающим такой реэкспорт.

#### **6. РАЗНОЕ**

Правительство оставляет за собой право относительно толкования и осуществления своего обязательства, упоминаемого в пункте 1 выше, и право требовать, если оно этого пожелает, гарантий, как это изложено выше, в отношении единиц, которые оно экспортирует, в дополнение к единицам, указанным в пункте 2 выше.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ПОЯСНЕНИЯ ЕДИНИЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ИСХОДНЫЙ СПИСОК (по описанию в разделе 2 Меморандума В)

#### 1. Ядерные реакторы и специально предназначенные или подготовленные для них оборудование и компоненты

##### 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.

###### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

“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 и 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 единиц в рамках этой границы будет происходить только в соответствии с процедурами Меморандума. Отдельные единицы в рамках этой функционально определенной границы, которые будут экспортироваться только в соответствии с процедурами Меморандума, перечислены в пунктах 1.2 - 1.10. В соответствии с пунктом 6 Меморандума правительство оставляет за собой право применять процедуры Меморандума к другим единицам в рамках функционально определенной границы.

##### 1.2. Корпуса ядерных реакторов

Металлические корпуса или их основные части заводского изготовления, которые специально предназначены или подготовлены для размещения в них активной зоны ядерных реакторов, как они определены в пункте 1.1. выше, а также соответствующие внутрикорпусные устройства реакторов, как они определены в пункте 1.8 ниже.

###### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Крышка корпуса реактора охватывается пунктом 1.2 как основная, заводского изготовления, часть корпуса реактора.

### **1.3. Машины для загрузки и выгрузки топлива ядерных реакторов**

Манипуляторное оборудование, специально предназначенное или подготовленное для загрузки или извлечения топлива из ядерных реакторов, как они определены в пункте 1.1. выше.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Предметы, указанные выше, способны производить операции по перегрузке на мощности или обладают 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. Управляющие стержни ядерных реакторов**

Специально предназначенные или подготовленные стержни, опорные или подвесные конструкции для них, механизмы привода стержней или направляющие трубы стержней для управления процессом деления в ядерных реакторах, как они определены в пункте 1.1. выше.

### **1.5. Трубы высокого давления ядерных реакторов**

Трубы, которые специально предназначены или подготовлены для размещения в них топливных элементов и теплоносителя первого контура в реакторах, как они определены в пункте 1.1. выше, при рабочем давлении, превышающем 50 атмосфер.

### **1.6. Циркониевые трубы**

Трубы или сборки труб из металлического циркония или его сплавов, по весу превышающие 500 кг для любой страны-получателя в течение любого 12-месячного периода, которые специально предназначены или подготовлены для использования в реакторах, как они определены 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.

### **1.8. Внутрикорпусные устройства ядерных реакторов**

"Внутрикорпусные устройства ядерных реакторов", специально предназначенные или подготовленные для использования в ядерных реакторах, как они определены в пункте 1.1. выше, включая опорные колонны активной зоны, топливные каналы, тепловые экраны, отражатели, опорные решетки активной зоны и пластины диффузора.



ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

"Внутрикорпусные устройства ядерных реакторов" являются основными конструкциями внутри корпуса реактора, которые выполняют одну или несколько функций, таких, как обеспечение опоры для активной зоны, размещения и дистанционирования топлива, подачи и регулирования потока теплоносителя первого контура, радиационной защиты корпуса реактора и ввода внутризонных датчиков.

**1.9. Теплообменники**

Теплообменники (парогенераторы), специально предназначенные или подготовленные для использования в первом контуре теплоносителя ядерных реакторов, как они определены в пункте 1.1. выше.

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Парогенераторы специально предназначены или подготовлены для переноса тепла, выработанного в реакторе (первый контур), к питательной воде (второй контур) для производства пара. В случае быстрых реакторов-размножителей с жидкометаллическим теплоносителем, в которых также присутствует промежуточный контур жидкометаллического теплоносителя, понимается, что теплообменники для переноса тепла с первого контура на промежуточный контур охлаждения находятся под контролем в дополнение к парогенераторам. В сферу действия контроля по этому наименованию не включены теплообменники для систем аварийного охлаждения или систем отвода остаточного тепловыделения.

**1.10. Детекторы нейтронного потока**

Специально предназначенные или подготовленные датчики нейтронного потока для определения уровней нейтронного потока в пределах активной зоны реакторов, как они определены в пункте 1.1. выше.

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

В сферу охвата данного наименования входят внутризонные и внезонные измерительные приборы, которые измеряют уровни потока в широком диапазоне, обычно от  $10^4$  нейтронов на  $\text{см}^2$  в секунду до  $10^{10}$  нейтронов на  $\text{см}^2$  в секунду или более. К внезонным относятся те измерительные приборы за пределами активной зоны реакторов, как они определены в пункте 1.1. выше, которые расположены внутри биологической защиты.

**2. Неядерные материалы для реакторов**

**2.1. Дейтерий и тяжелая вода**

Дейтерий, тяжелая вода (окись дейтерия) и любое другое соединение дейтерия, в котором отношение дейтерия к атомам водорода превышает 1:5000, предназначенные для использования в ядерных реакторах, как они определены в пункте 1.1. выше, в количествах, превышающих 200 кг атомов дейтерия для любой одной страны-получателя в течение любого 12-месячного периода.

**2.2. Ядерно-чистый графит**

Графит, имеющий степень чистоты выше 5-миллионных борного эквивалента, с плотностью больше чем  $1,50 \text{ г/см}^3$ , предназначенный для использования в ядерных реакторах, как они определены в пункте 1.1 выше, в количествах, превышающих 30 метрических тонн для любой одной страны-получателя в течение любого 12-месячного периода.

#### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Для целей экспортного контроля правительство определяет, будут ли экспортные партии соответствующего вышеуказанным характеристикам графита использоваться в ядерных реакторах.

Борный эквивалент (BE) может быть определен экспериментальным путем или рассчитан как сумма  $BE_Z$  для примесей (за исключением  $BE_{\text{УГЛЕРОД}}$ , поскольку углерод не считается примесью), включая бор, где:

$BE_Z (10^{-4}) = CF \times \text{концентрацию элемента } Z (10^{-4})$ ; CF - коэффициент пересчета:  $(\sigma_Z \times A_B)$  деленное на  $(\sigma_B \times A_Z)$ ;  $\sigma_B$  и  $\sigma_Z$  - сечения захвата тепловых нейтронов (в барнах) для природного бора и элемента Z, соответственно;  $A_B$  и  $A_Z$  - атомные массы природного бора и элемента Z, соответственно.

### 3. Установки для переработки облученных топливных элементов и оборудование, специально предназначенное или подготовленное для этого

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

При переработке облученного ядерного топлива плутоний и уран отделяются от высокоактивных продуктов деления и других трансурановых элементов. Для такого разделения могут использоваться различные технологические процессы. Однако со временем процесс "Пурекс" стал наиболее распространенным и приемлемым процессом. Этот процесс включает растворение облученного ядерного топлива в азотной кислоте с последующим выделением урана, плутония и продуктов деления экстракцией растворителем с помощью трибутил фосфата в органическом разбавителе.

Технологические процессы на различных установках типа "Пурекс" аналогичны и включают: измельчение облученных топливных элементов, растворение топлива, экстракцию растворителем и хранение технологической жидкости. Может иметься также оборудование для тепловой денитрации нитрата урана, конверсии нитрата плутония в окись или металл, а также для обработки жидких отходов, содержащих продукты деления, до получения формы, пригодной для продолжительного хранения или захоронения. Однако конкретные типы и конфигурация оборудования, выполняющего эти функции, могут различаться на различных установках типа "Пурекс" по нескольким причинам, включая типы и количество облученного ядерного топлива, подлежащего переработке, и предполагаемый процесс осаждения извлекаемых материалов, а также принципы обеспечения безопасности и технического обслуживания, присущие конструкции данной обстановки.

"Установка для переработки облученных топливных элементов" включает оборудование и компоненты, которые обычно находятся в прямом контакте с облученным топливом и основными технологическими потоками ядерного материала и продуктов деления, и непосредственно управляет ими.

Эти процессы, включая комплектные системы для конверсии плутония и производства металлического плутония, могут быть идентифицированы по мерам, принимаемым для предотвращения опасностей в связи с критичностью (например, мерами, связанными с геометрией), облучением (например, путем защиты от облучения) и токсичностью (например, мерами по удерживанию).

#### ЭКСПОРТ

Экспорт полного комплекта основных единиц в рамках этой границы осуществляется только в соответствии с процедурами Меморандума.

Единицы оборудования, на которые, как считается, распространяется значение фразы "и оборудование, специально предназначенное или подготовленное" для переработки отработавших топливных элементов, включают:

### **3.1. Машины для измельчения облученных топливных элементов**

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Такое оборудование используется для вскрытия оболочки топлива с целью последующего растворения облученного ядерного материала. Как правило, используются специально предназначенные сконструированные для рубки металла устройства, хотя может использоваться и более совершенное оборудование, например лазеры.

Дистанционно управляемое оборудование, специально предназначенное или подготовленное для использования на установке по переработке, определенной выше, для резки, рубки или нарезки сборок, пучков или стержней облученного ядерного топлива.

### **3.2. Диссоolverы**

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

В диссоolverы обычно поступает измельченное отработавшее топливо. В этих безопасных с точки зрения критичности резервуарах облученный ядерный материал растворяется в азотной кислоте, и остающиеся обрезки оболочек выводятся из технологического потока.

Безопасные с точки зрения критичности резервуары (например, малого диаметра, кольцевые или прямоугольные резервуары), специально предназначенные или подготовленные для использования на установке по переработке, определенной выше, для растворения облученного ядерного топлива, которые способны выдерживать горячую, высококоррозионную жидкость и могут дистанционно загружаться и технически обслуживаться.

### **3.3. Экстракторы и оборудование для экстракции растворителем**

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

В экстракторы с растворителем поступает как раствор облученного топлива из диссоolverов, так и органический раствор, с помощью которого разделяются уран, плутоний и продукты деления. Оборудование для экстракции растворителем обычно конструируется таким образом, чтобы оно удовлетворяло жестким эксплуатационным требованиям, таким, как длительный срок службы без технического обслуживания или легкая заменяемость, простота в эксплуатации и управлении, а также гибкость в отношении изменения параметров процесса.

Специально предназначенные или подготовленные экстракторы с растворителем, такие, как насадочные или пульсационные колонны, смесительно-отстойные аппараты или центробежные контактные аппараты для использования на установке по обработке облученного топлива. Экстракторы с растворителем должны быть устойчивы к коррозионному воздействию азотной кислоты. Экстракторы с растворителем обычно изготавливаются с соблюдением чрезвычайно высоких требований (включая применение специальных методов сварки, инспекций, обеспечение и контроль качества) из малоуглеродистых нержавеющей сталей, титана, циркония или других высококачественных материалов.

### **3.4. Химические резервуары для выдерживания или хранения**

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

На этапе экстракции растворителем образуются три основных технологических потока жидкости. Резервуары для выдерживания или хранения используются в дальнейшей обработке всех трех потоков следующим образом:

- a) Раствор чистого нитрата концентрируется выпариванием и происходит процесс денитрации, где он превращается в оксид урана. Этот оксид повторно используется в ядерном топливном цикле.
- b) Раствор высокоактивных продуктов деления обычно концентрируется выпариванием и хранится в виде концентрированной жидкости. Этот концентрат может впоследствии пройти выпаривание или быть преобразован в форму, пригодную для хранения или захоронения.
- c) Раствор чистого нитрата плутония концентрируется и хранится до поступления на дальнейшие этапы технологического процесса. В частности, резервуары для выдерживания или хранения растворов плутония конструируются таким образом, чтобы избежать связанных с критичностью проблем, возникающих в результате изменений в концентрации или форме данного потока.

Специально предназначенные или подготовленные резервуары для выдерживания или хранения для использования на установке по переработке облученного топлива. Резервуары для выдерживания или хранения должны быть устойчивы к коррозионному воздействию азотной кислоты. Резервуары для выдерживания или хранения обычно изготавливаются из таких материалов, как малоуглеродистые нержавеющие стали, титан или цирконий или другие высококачественные материалы. Резервуары для выдерживания или хранения могут быть сконструированы таким образом, чтобы их эксплуатация и техническое обслуживание производились дистанционно, и могут иметь следующие особенности с точки зрения контроля за ядерной критичностью:

- 1) борный эквивалент стенок или внутренних конструкций равен по меньшей мере 2%, либо
- 2) цилиндрические резервуары имеют максимальный диаметр 175 мм (7 дюймов), либо
- 3) прямоугольный или кольцевой резервуар имеет максимальную ширину 75 мм (3 дюйма).

#### **4. Установки для изготовления топливных элементов ядерных реакторов и специально предназначенное или подготовленное оборудование**

##### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Топливные элементы ядерных реакторов изготавливаются из одного или более исходных или специальных расщепляющихся материалов, упомянутых в части А настоящего приложения. Для изготовления оксидного топлива, наиболее распространенного типа топлива, имеется оборудование для прессования таблеток, спекания, шлифования и сортировки. Операции со смешанным оксидным топливом производятся в перчаточных боксах (или эквивалентных камерах) до момента их герметизации в оболочку. Во всех случаях топливо герметизируется внутри соответствующей оболочки, которая предназначена выполнять роль первичного барьера, с тем чтобы во время эксплуатации реактора обеспечивались приемлемые рабочие характеристики и безопасность топлива. Также во всех случаях в целях обеспечения предсказуемого и безопасного поведения топлива необходим точный, до исключительно высоких стандартов, контроль технологических процессов, операций и оборудования.

##### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Предметы оборудования, которые, как считается, подпадают под значение фразы "и специально предназначенное или подготовленное оборудование" для изготовления топливных элементов, включают оборудование, которое:

- a) обычно вступает в непосредственный контакт с потоком обрабатываемого ядерного материала или непосредственно обрабатывает его, или же управляет им;
- b) герметизирует ядерный материал внутри оболочки;
- c) производит проверку герметичности оболочки или сварного шва; или
- d) производит проверку окончательной обработки герметизированного топлива.

Такое оборудование или системы оборудования могут включать, например:

- 1) полностью автоматизированные посты контроля таблеток, специально предназначенные или подготовленные для проверки окончательных размеров и поверхностных дефектов топливных таблеток;
- 2) автоматические сварочные аппараты, специально предназначенные или подготовленные для приваривания концевых заглушек твэлов;
- 3) посты автоматического испытания и контроля, специально предназначенные или подготовленные для проверки герметичности готовых твэлов.

В наименование 3 обычно входит оборудование для: а) рентгеновского контроля сварных швов концевых заглушек твэлов, б) обнаружения утечек гелия из заполненных под давлением твэлов, и с) гамма-сканирования твэлов для проверки сплошности топливного столба (правильности загрузки топливных таблеток внутрь).

## **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, включают в себя:

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

#### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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(е) помещен(ы) в вакуум и вращается(ются) 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**

- a) 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 ПОЯСНИТЕЛЬНОМ

ЗАМЕЧАНИИ к настоящему разделу. Соединение цилиндров между собой осуществляется при помощи гибких сильфонов или колец, описанных в части 5.1.1.c) ниже. Собранный 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.

b) 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 ПОЯСНИТЕЛЬНОМ ЗАМЕЧАНИИ к настоящему разделу.

c) 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 ПОЯСНИТЕЛЬНОМ ЗАМЕЧАНИИ 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 ПОЯСНИТЕЛЬНОМ ЗАМЕЧАНИИ 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 элементы 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 к плотности, указанных в ПОЯСНИТЕЛЬНОМ ЗАМЕЧАНИИ к настоящему разделу.

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Для вращающихся компонентов центрифуг используются следующие материалы:

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

или более и максимального удельного предела прочности на растяжение  $0,3 \times 10^6$  м или более ("удельный модуль упругости" - это модуль Юнга в  $\text{Н/м}^2$ , деленный на удельный вес в  $\text{Н/м}^3$ ; "максимальный удельный предел прочности на растяжение" - это максимальный предел прочности на растяжение 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. ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ 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  $0,15 \text{ Гн/м}$  ( $120\,000$  единиц СГС) или более, или остаточную намагниченность  $98,5\%$  или более, или произведение индукции на максимальную напряженность поля более  $80 \text{ кДж/м}^3$  ( $10^7 \text{ Гс.Э}$ ). Кроме обычных свойств материала, необходимым предварительным условием является ограничение очень малыми допусками (менее  $0,1 \text{ мм}$  или  $0,004$  дюйма), отклонения магнитных осей от геометрических осей или обеспечение особой однородности 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.

с) 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  $75 \text{ мм}$  ( $3$  дюйма) до  $400 \text{ мм}$  ( $16$  дюймов), толщина стенки  $10 \text{ мм}$  ( $0,4$  дюйма) или более, с длиной, равной диаметру или больше. Канавки обычно имеют прямоугольное поперечное сечение и глубину  $2 \text{ мм}$  ( $0,08$  дюйма) или более.

д) 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  $600\text{-}2000 \text{ Гц}$  и в диапазоне мощностей  $50\text{-}1000 \text{ ВА}$ . Статоры состоят из многофазных обмоток на многослойном железном сердечнике с низкими потерями, составленном из тонких пластин, обычно толщиной  $2,0 \text{ мм}$  ( $0,08$  дюйма) или менее.

е) 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, коррозиестойких к UF<sub>6</sub>, или защищаются покрытием из таких материалов.

f) Ловушки:

Специально предназначенные или подготовленные трубки внутренним диаметром до 12 мм (0,5 дюйма) для извлечения газа UF<sub>6</sub> 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, коррозиестойких к UF<sub>6</sub>, или защищаются покрытием из таких материалов.

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

### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Вспомогательные системы, оборудование и компоненты газоцентрифужной установки по обогащению представляют собой системы установки, необходимые для подачи UF<sub>6</sub> в центрифугу, для связи отдельных центрифуг между собой с целью образования каскадов (или ступеней), чтобы достичь более высокого обогащения и извлечь "продукт" и "хвосты" UF<sub>6</sub> из центрифуг, а также оборудование, необходимое для приведения в действие центрифуг или для управления установкой.

Обычно UF<sub>6</sub> испаряется из твердых веществ, помещенных внутри подогреваемых автоклавов, и подается в газообразной форме к центрифугам через систему коллекторных трубопроводов каскада. "Продукт" и "хвосты" UF<sub>6</sub>, поступающие из центрифуг в виде газообразных потоков, также проходят через систему коллекторных трубопроводов каскада к холодным ловушкам (работающим при температуре около 203° K (-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, включающие:

питающие автоклавы (или станции), используемые для подачи UF<sub>6</sub> 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<sub>6</sub> из каскадов при давлении до 3 кПа (0,5 фунт/кв.дюйм). Десублиматоры способны охлаждаться до 203° K (-70°С) и нагреваться до 343° K (70°С);

станции "продукта" и "хвостов", используемые для перемещения UF<sub>6</sub> в контейнеры.

Эта установка, оборудование и трубопроводы полностью изготавливаются из стойких к UF<sub>6</sub> материалов или защищаются покрытием из них (см. ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ 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<sub>6</sub> 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<sub>6</sub> материалов (см. ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ к настоящему разделу) с соблюдением высоких требований к вакуум-плотности и чистоте обработки.

### 5.2.3. Масс-спектрометры/источники ионов 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. содержат источники ионов, изготовленные из нихрома или монеля или защищенные покрытием из них, или никелированные;
3. содержат ионизационные источники с бомбардировкой электронами;
4. содержат коллекторную систему, пригодную 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 подборки 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. коэффициент полезного действия свыше 80%.

#### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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.

Коррозионностойкие к  $UF_6$  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**

#### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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 таких сборок, так что их количество может быть важным показателем конечного предназначения.

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

а) 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, коррозионностойких к  $UF_6$ , и

б) специально подготовленные соединения или порошки для изготовления таких фильтров. Такие соединения и порошки включают никель или сплавы, содержащие 60% или более никеля, оксид 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 защищенные покрытием из них, 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  $UF_6$  и с давлением на выходе до нескольких сотен кПа (100 фунт/кв. дюйм), предназначенные для долговременной эксплуатации в среде  $UF_6$  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  $UF_6$  материалов или покрываются 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 UF<sub>6</sub>. Такие уплотнения обычно проектируются на скорость натекания буферного газа менее 1000 см<sup>3</sup>/мин. (60 дюйм<sup>3</sup>/мин.).

#### 5.3.5. Теплообменники для охлаждения UF<sub>6</sub>

Специально предназначенные или подготовленные теплообменники, изготовленные из стойких к UF<sub>6</sub> 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

##### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Вспомогательные системы, оборудование и компоненты для газодиффузионных установок по обогащению представляют собой системы установки, необходимые для подачи UF<sub>6</sub> в газодиффузионную сборку, для связи отдельных сборок между собой и образования каскадов (или ступеней) с целью постепенного достижения более высокого обогащения и извлечения "продукта" и "хвостов" UF<sub>6</sub> 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<sub>6</sub> испаряется из цилиндров, помещенных внутри автоклавов, и подается в газообразной форме к входным точкам через систему коллекторных трубопроводов каскада. "Продукт" и "хвосты" UF<sub>6</sub>, 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<sub>6</sub> сжижается и затем помещается в соответствующие контейнеры для транспортировки или хранения. Поскольку газодиффузионная установка по обогащению имеет большое количество газодиффузионныхборок, 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:



Перечисленное выше оборудование вступает в непосредственный контакт с технологическим газом  $UF_6$ , либо непосредственно регулирует поток в пределах каскада. Все поверхности, которые вступают в контакт с технологическим газом, целиком изготавливаются из стойких к  $UF_6$  материалов или покрываются ими. Для целей разделов, относящихся к газодиффузионным устройствам, материалы, коррозиестойкие к  $UF_6$ , включают нержавеющую сталь, алюминий, алюминиевые сплавы, оксид алюминия, никель или сплавы, содержащие 60% или более никеля, а также стойкие к  $UF_6$  полностью фторированные углеводородные полимеры.

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

### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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  $UF_6$ .

### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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, коррозиестойкие 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), коррозиестойких 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 коррозиестойких 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 или объемные компрессоры или газодувки, изготовленные из коррозионностойких к UF<sub>6</sub> материалов, или защищенные покрытием из таких материалов, производительностью на входе 2 м<sup>3</sup>/мин. или более смеси UF<sub>6</sub> 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<sub>6</sub> и несущего газа.

**5.5.5. Теплообменники для охлаждения газа**

Специально предназначенные или подготовленные теплообменники, изготовленные из коррозионностойких к UF<sub>6</sub> материалов или защищенные покрытием из таких материалов.

**5.5.6. Кожухи разделяющих элементов**

Специально предназначенные или подготовленные кожухи разделяющих элементов, изготовленные из коррозионностойких к UF<sub>6</sub> материалов или защищенных покрытием из таких материалов, для помещения в них вихревых трубок или разделительных сопел.

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 коррозионностойких к UF<sub>6</sub> материалов или защищенных покрытием из таких материалов, включающие:

- a) питающие автоклавы, печи или системы, используемые для подачи UF<sub>6</sub> для процесса обогащения;
- b) десублиматоры (или холодные ловушки), используемые для выведения нагретого UF<sub>6</sub> из процесса обогащения для последующего перемещения;



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

#### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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  $-120^\circ C$  или менее, или
- b) блоки криогенного охлаждения, способные создавать температуры  $-120^\circ C$  или менее, или
- c) блоки разделительных сопел или вихревых трубок для отделения  $UF_6$  от несущего газа, или
- d) холодные ловушки  $UF_6$ , способные создавать температуры  $-20^\circ C$  или менее.

### 5.6. Специально предназначенные или подготовленные системы, оборудование и компоненты для использования на установках химического обмена или ионообменного обогащения

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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 тарелками) 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 реагенты пропускаются через цилиндрические обогатительные 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 реагентов 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 коррозионноустойчивых 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 обогащения урана 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 органических 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 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 коррозиестойкими к концентрированным растворам соляной кислоты.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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 для извлечения  $U^{+4}$  из органического потока, регулирования концентрации кислоты и для заполнения ячеек электрохимического восстановления на производственном выходе каскада.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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, изготавливаются 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 установок по разделению изотопов урана методом химического обмена.

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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, фторированные углеводородные 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 обогащения методом химического обмена.

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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/адсорбенты (ионный обмен)

Быстро реагирующие ионообменные смолы или адсорбенты, 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/адсорбенты 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/адсорбенты 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/адсорбентов, 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)

- a) Специально предназначенные или подготовленные системы химического или электрохимического восстановления для регенерации реагента(ов) химического восстановления, используемого(ых) в каскадах ионообменного обогащения урана.
- b) Специально предназначенные или подготовленные системы химического или электрохимического окисления для регенерации реагента(ов) химического окисления, используемого(ых) в каскадах ионообменного обогащения урана.

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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 в качестве окислителя может использоваться, например, 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

##### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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 (AVLIS 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 включают: 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; с) рабочие лазерные системы для избирательного возбуждения изотопов урана-235; и d) оборудование для подготовки подачи и конверсии продукта. Вследствие сложности спектроскопии атомов и соединений урана может потребоваться использование любой из ряда имеющихся лазерных технологий.

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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 коррозионноустойчивых 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 оксидом иттрия 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 (AVLIS)**

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

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

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 коррозиестойких и термостойких материалов или защищенных покрытием из таких материалов. Приемлемые материалы включают тантал, покрытый оксидом иттрия графит, графит, покрытый окислами других редкоземельных элементов или их смесями.

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

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

##### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Компоненты 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 оксидом иттрия 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 (AVLIS)**

Специально предназначенные или подготовленные цилиндрические или прямоугольные камеры для помещения в них источника паров металлического урана, электронно-лучевой пушки и коллекторов "продукта" и "хвостов".

##### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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°К или ниже и коррозиестойкие к  $UF_6$ .

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

Специально предназначенные или подготовленные коллекторы твердого продукта пятифтористого урана ( $UF_5$ ), состоящие из фильтра, коллекторов ударного или циклонного типа или их сочетаний и коррозиестойкие 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 для длительной эксплуатации в среде  $UF_6$ . Компоненты этих компрессоров, которые вступают в контакт с несущим газом, изготовлены из коррозиестойких 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  $UF_5$  (в твердом состоянии) в  $UF_6$  (газ).

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Эти системы предназначены для фторирования собранного порошка  $UF_5$  в  $UF_6$  в целях последующего сбора в контейнерах продукта или для подачи 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  $UF_5$  может быть извлечен/перемещен из коллекторов "продукта" в подходящий реактор (например, реактор с псевдосжиженным слоем катализатора, геликоидальный реактор или жаровая башня) в целях фторирования. В обоих случаях используется оборудование для хранения и переноса фтора (или других приемлемых фторирующих реагентов) и для сбора и переноса  $UF_6$ .

#### 5.7.10. Масс-спектрометры/ источники ионов $UF_6$ (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. содержат источники ионов, изготовленные из нихрома или монеля или защищенные покрытием из них, или никелированные;
3. содержат ионизационные источники с бомбардировкой электронами;
4. содержат коллекторную систему, пригодную 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 коррозионноустойчивых к  $UF_6$  материалов, или защищенных покрытием из таких материалов, включающие:

- 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 ожигения, 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.

#### 5.7.12. Системы отделения $UF_6$ от несущего газа (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные технологические системы для отделения  $UF_6$  от несущего газа. Несущим газом может быть азот, аргон или другой газ.

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Эти системы могут включать такое оборудование, как:

- a) криогенные теплообменники или криосепараторы, способные создавать температуры  $-120^{\circ}C$  или менее, или
- b) блоки криогенного охлаждения, способные создавать температуры  $-120^{\circ}C$  или менее, или
- c) холодные ловушки  $UF_6$ , способные создавать температуры  $-20^{\circ}C$  или менее.

#### 5.7.13. Лазерные системы (AVLIS, MLIS и CRISLA)

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

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Лазерная система процесса AVLIS обычно состоит из двух лазеров: лазера на парах меди и лазера на красителях. Лазерная система для MLIS обычно состоит из лазера, работающего на  $CO_2$ , 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 лазерные компоненты, используемые для процессов обогащения, основанных на применении лазеров, включают:

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 на основе ионов неодима (кроме стеклянных), в том числе:
  - 1) импульсные с длиной волны 1000-1100 нм и модулированной добротностью, с длительностью импульса 1 нс или более, имеющие:
    - a) выходной сигнал с одной поперечной модой и среднюю выходную мощность, 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 лазерные генераторы 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 от 300 до 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 от 300 до 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 от 720 до 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;
- h) импульсные эксимерные лазеры (XeF, XeCl, KrF) с частотой следования импульсов более 250 Гц и средней выходной мощностью свыше 500 Вт, работающие на длинах волн 240-360 нм;
- i) пароводородные 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**

### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

При процессе плазменного разделения плазма, состоящая из ионов урана, проходит через электрическое поле, настроенное на частоту ионного резонанса  $U^{235}$ , 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  $U^{235}$ . 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 ГГц и средняя выходная мощность для генерации 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 генерации урановой плазмы**

Специально предназначенные или подготовленные системы генерации урановой плазмы, которые могут содержать высокомогущные полосовые или

растровые электронно-лучевые пушки с передаваемой мощностью на мишень более 2,5 кВт/см.

#### **5.8.4. Системы для обработки 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.

##### 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 защищены покрытием из таких материалов. Приемлемые материалы включают тантал, покрытый оксидом иттрия графит, графит, покрытый оксидами других редкоземельных 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 оксидом иттрия, 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".

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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.**

##### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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 ускорителя пучка, 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 обогащенного и обедненного урана и изготовленные из соответствующих материалов, таких, как графит или нержавеющая сталь.

в) 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.

г) 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 более, выходной ток 1 А или более и стабилизация напряжения менее 0,01% в течение 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 более при напряжении 100 В или более, при стабилизации по току или напряжению менее 0,01% в течение 8 часов.

## **6. Установки для производства тяжелой воды, дейтерия и дейтериевых соединений и оборудование, специально предназначенное или подготовленное для этого**

### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Тяжелую воду можно производить, используя различные процессы. Однако коммерчески выгодными являются два процесса: процесс изотопного обмена воды и сероводорода (процесс GS) и процесс изотопного обмена аммиака и водорода.

Процесс GS основан на обмене водорода и дейтерия между водой и сероводородом в системе колонн, которые эксплуатируются с холодной верхней секцией и горячей нижней секцией. Вода течет вниз по колоннам, в то время как сероводородный газ циркулирует от дна к вершине колонн. Для содействия смешиванию газа и воды используется ряд дырчатых лотков. Дейтерий перемещается в воду при низких температурах и в сероводород при высоких температурах. Обогащенные дейтерием газ или вода удаляются из колонн первой ступени на стыке горячих и холодных секций, и процесс повторяется в колоннах следующей ступени. Продукт последней фазы - вода, обогащенная дейтерием до 30%, направляется в дистилляционную установку для производства реакторно-чистой тяжелой воды, т.е. 99,75% окиси дейтерия.

В процессе обмена между аммиаком и водородом можно извлекать дейтерий из синтез-газа посредством контакта с жидким аммиаком в присутствии катализатора. Синтез-газ подается в обменные колонны и затем в аммиачный конвертер. Внутри колонн газ поднимается от дна к вершине, в то время как жидкий аммиак течет от вершины ко дну. Дейтерий в синтез-газе лишается водорода и концентрируется в аммиаке. Аммиак поступает затем в установку для крекинга аммиака на дне колонны, тогда как газ собирается в аммиачном конвертере на вершине. На последующих ступенях происходит дальнейшее обогащение, и путем окончательной дистилляции производится реакторно-чистая тяжелая вода. Подача синтез-газа может быть обеспечена аммиачной установкой, которая в свою очередь может быть сооружена вместе с установкой для производства тяжелой воды путем изотопного обмена аммиака и водорода. В процессе аммиачно-водородного обмена в качестве источника исходного дейтерия может также использоваться обычная вода.

Многие предметы ключевого оборудования для установок по производству тяжелой воды, использующих процессы GS или аммиачно-водородного обмена, широко распространены в некоторых отраслях нефтехимической промышленности. Особенно это касается небольших установок, использующих процесс GS. Однако немногие предметы оборудования являются стандартными. Процессы GS и аммиачно-водородного обмена требуют обработки больших количеств воспламеняющихся, коррозионных и токсичных жидкостей при повышенном давлении. Соответственно при разработке стандартов по проектированию и эксплуатации для установок и оборудования, использующих эти процессы, следует уделять большое внимание подбору материалов и их характеристикам с тем, чтобы обеспечить длительный срок службы при сохранении высокой безопасности и надежности. Определение масштабов обуславливается главным образом соображениями экономики и необходимости. Таким образом, большая часть предметов оборудования изготавливается в соответствии с требованиями заказчика.

Наконец, следует отметить, что как в процессе GS, так и в процессе аммиачно-водородного обмена, предметы оборудования, которые по отдельности не предназначены или подготовлены специально для производства тяжелой воды, могут собираться в системы, специально предназначенные или подготовленные для производства тяжелой воды. Примерами таких систем, применяемых в обоих процессах, являются система каталитического крекинга, используемая в процессе обмена аммиака и водорода, и дистилляционные системы, используемые в процессе окончательной концентрации тяжелой воды, доводящей ее до уровня реакторно-чистой.

Предметы оборудования, которые специально предназначены или подготовлены для производства тяжелой воды путем использования либо процесса обмена воды и сероводорода, либо процесса обмена аммиака и водорода, включают:

#### **6.1. Водно-сероводородные обменные колонны**

Обменные колонны, изготавливаемые из мелкозернистой углеродистой стали (например, ASTM A516), диаметром от 6 м (20 футов) до 9 м (30 футов), которые могут эксплуатироваться при давлениях свыше или равных 2 МПа (300 фунт/кв. дюйм) и имеют коррозионный допуск в 6 мм или больше, специально предназначены или подготовлены для производства тяжелой воды путем использования процесса изотопного обмена воды и сероводорода.

#### **6.2. Газодувки и компрессоры**

Одноступенчатые, малонапорные (т.е. 0,2 МПа или 30 фунт/кв. дюйм) центробежные газодувки или компрессоры для циркуляции сероводородного газа (т.е. газа, содержащего более 70% H<sub>2</sub>S), специально предназначенные или подготовленные для производства тяжелой воды путем использования процесса обмена воды и сероводорода. Эти газодувки или компрессоры имеют производительность, превышающую или равную 56 м<sup>3</sup>/с. (120 000 SCFM) при эксплуатации под давлением, превышающим или равным 1,8 МПа (260 фунт/кв. дюйм) на входе, и снабжены сальниками, устойчивыми к воздействию H<sub>2</sub>S.

#### **6.3. Аммиачно-водородные обменные колонны**

Аммиачно-водородные обменные колонны высотой более или равной 35 м (114,3 футов) диаметром от 1,5 м (4,9 футов) до 2,5 м (8,2 футов), которые могут эксплуатироваться под давлением, превышающим 15 МПа (2225 фунт/кв. дюйм), специально предназначенные или подготовленные для производства тяжелой воды путем использования процесса обмена аммиака и водорода. Эти колонны имеют также по меньшей мере одно отбортованное осевое отверстие того же диаметра, что и цилиндрическая часть, через которую могут вставляться или выниматься внутренние части колонны.

#### **6.4. Внутренние части колонны и ступенчатые насосы**

Внутренние части колонны и ступенчатые насосы, специально предназначенные или подготовленные для колонн для производства тяжелой воды путем использования процесса аммиачно-водородного обмена. Внутренние части колонны включают специально предназначенные контакторы между ступенями, содействующие тесному контакту газа и жидкости. Ступенчатые насосы включают специально предназначенные погружаемые в жидкость насосы для циркуляции жидкого аммиака в пределах объема контакторов, находящихся внутри ступеней колонн.

#### **6.5. Установки для крекинга аммиака**

Установки для крекинга аммиака, эксплуатируемые под давлением, превышающим или равным 3 МПа (450 фунт/кв. дюйм), специально предназначенные или подготовленные для производства тяжелой воды путем использования процесса изотопного обмена аммиака и водорода.

#### **6.6. Инфракрасные анализаторы поглощения**

Инфракрасные анализаторы поглощения, способные осуществлять анализ соотношения между водородом и дейтерием в реальном масштабе времени, когда концентрации дейтерия равны или превышают 90%.

#### **6.7. Каталитические печи**

Каталитические печи для переработки обогащенного дейтериевого газа в тяжелую воду, специально предназначенные или подготовленные для производства тяжелой воды путем использования процесса изотопного обмена аммиака и водорода.

#### **6.8. Полные системы для восстановления тяжелой воды или колонны для этого**

Полные системы восстановления тяжелой воды или колонны для этого, специально предназначенные или подготовленные для восстановления тяжелой воды до концентрации дейтерия реакторного качества.

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Эти системы, в которых для отделения тяжелой воды от легкой воды обычно используется процесс водной дистилляции, специально предназначены или подготовлены для производства тяжелой воды реакторного качества (т.е. обычно 99,75% окиси дейтерия) из запасов тяжелой воды меньшей концентрации.

### **7. Установки для конверсии урана и плутония, используемых при изготовлении топливных элементов, и для разделения изотопов урана, как определяется в разделах 4 и 5, соответственно, и оборудование, специально предназначенное или подготовленное для этого**

##### ЭКСПОРТ

Экспорт полного комплекта основных единиц в рамках этой границы будет происходить только в соответствии с процедурами Меморандума. Все установки, системы и специально предназначенное и подготовленное оборудование в рамках этой границы могут использоваться для обработки, изготовления или применения специального расщепляющегося материала.

#### **7.1. Установки для конверсии урана и оборудование, специально предназначенное или подготовленное для этого**

##### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

В установках и системах для конверсии урана может осуществляться одно или несколько превращений из одного химического изотопа урана в другой, включая: конверсию  $UO_3$  в  $UO_2$ , конверсию окисей урана в  $UF_4$ ,  $UF_6$ , или  $UCl_4$ , конверсию  $UF_4$  в  $UF_6$ , конверсию  $UF_6$  в  $UF_4$ , конверсию  $UF_4$  в металлический уран и конверсию фторидов урана в  $UO_2$ . Многие ключевые компоненты оборудования установок для конверсии урана характерны для некоторых секторов химической обрабатывающей промышленности. Например, виды оборудования, используемого в этих процессах, могут включать: печи, карусельные печи, реакторы с псевдоожиженным слоем катализатора, жаровые реакторные башни, жидкостные центрифуги, дистилляционные колонны и жидкостно-жидкостные экстракционные колонны. Однако не многие компоненты оборудования имеются в "готовом виде"; большинство из них должны быть подготовлены согласно требованиям и спецификациям заказчика. В некоторых случаях требуется учитывать специальные проектные и конструкторские особенности для защиты от агрессивных свойств некоторых из обрабатываемых химических веществ ( $HF$ ,  $F_2$ ,  $ClF_3$  и фториды урана). Наконец, следует отметить, что во всех процессах конверсии урана компоненты оборудования, которые

отдельно специально не предназначены или подготовлены для конверсии урана, могут быть объединены в системы, которые специально предназначены или подготовлены для использования в целях конверсии урана.

**7.1.1. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии  $UO_3$  в  $UF_6$**

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Конверсия  $UO_3$  в  $UF_6$  может осуществляться непосредственно фторированием. Для процесса требуется источник газообразного фтора или трехфтористого хлора.

**7.1.2. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии  $UO_3$  в  $UO_2$**

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Конверсия  $UO_3$  в  $UO_2$  может осуществляться посредством восстановления  $UO_3$  газообразным крекинг-аммиаком или водородом.

**7.1.3. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии  $UO_2$  в  $UF_4$**

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Конверсия  $UO_2$  в  $UF_4$  может осуществляться посредством реакции  $UO_2$  с газообразным фтористым водородом (HF) при температуре 300-500°C.

**7.1.4. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии  $UF_4$  в  $UF_6$**

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Конверсия  $UF_4$  в  $UF_6$  осуществляется посредством экзотермической реакции с фтором в реакторной башне.  $UF_6$  конденсируется из горячих летучих газов посредством пропускания потока газа через холодную ловушку, охлажденную до -10°C. Для процесса требуется источник газообразного фтора.

**7.1.5. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии  $UF_4$  в металлический уран**

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Конверсия  $UF_4$  в металлический уран осуществляется посредством его восстановления магнием (крупные партии) или кальцием (малые партии). Реакция осуществляется при температурах выше точки плавления урана (1130°C).

**7.1.6. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии  $UF_6$  в  $UO_2$**

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Конверсия  $UF_6$  в  $UO_2$  может осуществляться посредством одного из трех процессов. В первом процессе  $UF_6$  восстанавливается и гидролизуется в  $UO_2$  с использованием водорода и пара. Во втором процессе  $UF_6$  гидролизуется растворением в воде, для осаждения диураната аммония добавляется аммиак, а диуранат восстанавливается в  $UO_2$  водородом при температуре 820°C. При третьем процессе газообразные  $UF_6$ ,  $CO_2$  и  $NH_3$  смешиваются в воде, осаждая уранилкарбонат аммония. Уранилкарбонат аммония смешивается с паром и водородом при температуре 500-600°C для производства  $UO_2$ .

Конверсия  $UF_6$  в  $UO_2$  часто осуществляется на первой ступени установки по изготовлению топлива.

### **7.1.7. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии $UF_6$ в $UF_4$**

#### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Конверсия  $UF_6$  в  $UF_4$  осуществляется посредством восстановления водородом.

### **7.1.8. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии $UO_2$ в $UCl_4$**

#### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Конверсия  $UO_2$  в  $UCl_4$  может осуществляться посредством одного из двух процессов. При первом процессе происходит реакция  $UO_2$  с четыреххлористым углеродом ( $CCl_4$ ) приблизительно при  $400^\circ C$ . При втором процессе при температуре приблизительно в  $700^\circ C$  в присутствии газовой сажи (CAS 1333-86-4) происходит реакция  $UO_2$  с одноокисью углерода и хлора, в результате которой образуется  $UCl_4$ .

## **7.2. Установки для конверсии плутония и оборудование, специально предназначенное или подготовленное для этого**

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

В установках и системах конверсии плутония происходит одно или несколько превращений одного содержащего плутоний химического соединения в другое, включая: конверсию нитрата плутония в  $PuO_2$ , конверсию  $PuO_2$  в  $PuF_4$  и конверсию  $PuF_4$  в металлический плутоний. Установки для конверсии плутония, обычно связаны с перерабатывающими установками, однако они могут быть также связаны с установками по изготовлению плутониевого топлива. Многие ключевые компоненты оборудования установок для конверсии плутония характерны для некоторых секторов химической обрабатывающей промышленности. Например, виды оборудования, используемого в этих процессах, могут включать: печи, карусельные печи, реакторы с псевдооживленным слоем катализатора, жаровые реакторные башни, жидкостные центрифуги, дистилляционные колонны и жидкостно-жидкостные экстракционные колонны. Могут также потребоваться горячие камеры, перчаточные боксы и дистанционные манипуляторы. Однако не многие компоненты оборудования имеются в "готовом виде"; большинство из них должны быть подготовлены согласно требованиям и спецификациям заказчика. При проектировании настоятельно необходимо уделять особое внимание специфическим опасностям, связанным с радиоактивностью, токсичностью и критичностью, которые характерны для плутония. В некоторых случаях требуется учитывать специальные проектные и конструкторские особенности для защиты от агрессивных свойств некоторых из обрабатываемых химических веществ (например,  $HF$ ). Наконец, следует отметить, что во всех процессах конверсии плутония компоненты оборудования, которые отдельно специально не предназначены или подготовлены для конверсии плутония, могут быть объединены в системы, которые специально предназначены или подготовлены для использования в целях конверсии плутония.

### **7.2.1. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии нитрата плутония в оксид**

#### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

В число основных операций этого процесса входят: хранение и корректировка исходного технологического материала, осаждение и разделение твердой и жидкой фазы, прокаливание, обращение с продуктом, вентиляция, обращение с отходами и управление процессом. Технологические системы специально оборудованы таким образом, чтобы избежать достижения критичности и радиационных эффектов, а также свести к минимуму опасности, связанные с токсичностью. На большинстве установок по переработке этот конечный процесс включает конверсию раствора нитрата плутония в двуокись плутония. Другие процессы могут включать осаждение оксалата плутония или перекиси плутония.

**7.2.2. Специально предназначенные или подготовленные системы для производства металлического плутония**

ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Этот процесс обычно включает фторирование двуокиси плутония, обычно с применением высокоактивного фтористого водорода, с целью получения фторида плутония, который впоследствии восстанавливается с помощью металлического кальция высокой чистоты до получения металлического плутония и фторида кальция в виде шлака. В число основных операций данного процесса входят: фторирование (например, с применением оборудования, содержащего благородные металлы или защищенного покрытием из них), восстановление металла (например, с применением керамических тиглей), восстановление шлака, обращение с продуктом, вентиляция, обращение с отходами и управление процессом. Технологические системы, в частности, оборудованы таким образом, чтобы избежать достижения критичности и радиационных эффектов, а также свести к минимуму опасности, связанные с токсичностью. Другие процессы включают фторирование оксидата плутония или пероксида плутония, за которыми следует восстановление металла.