

## Информационный циркуляр

**INFCIRC/327/Add.1**

Date: 15 January 2008

**General Distribution**

Original: English and Russian

---

# Дополнительный протокол между Российской Федерацией и Международным агентством по атомной энергии к Соглашению между Союзом Советских Социалистических Республик и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в Союзе Советских Социалистических Республик

1. Текст Дополнительного протокола между Российской Федерацией и Международным агентством по атомной энергии к Соглашению между Союзом Советских Социалистических Республик и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в Союзе Советских Социалистических Республик<sup>1</sup> воспроизводится в настоящем документе для сведения всех членов. Совет управляющих одобрил данный Дополнительный протокол 21 марта 2000 года. Он был подписан 22 марта 2000 года в Вене.

2. В соответствии со статьей 11 Дополнительного протокола он вступил в силу 16 октября 2007 года, в день, когда Агентство получило от Российской Федерации письменное уведомление о том, что процедуры Российской Федерации, необходимые для вступления в силу, выполнены.

---

<sup>1</sup> Воспроизведено в документе INFCIRC/327.

# Дополнительный протокол между Российской Федерацией и Международным агентством по атомной энергии к Соглашению между Союзом Советских Социалистических Республик и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в Союзе Советских Социалистических Республик

## Преамбула

ПРИНИМАЯ ВО ВНИМАНИЕ, что Российская Федерация и Международное агентство по атомной энергии (далее именуется - Агентство) являются участниками Соглашения между Союзом Советских Социалистических Республик и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в Союзе Советских Социалистических Республик, подписанного 21 февраля 1985 года (далее именуется - Соглашение о гарантиях), которое вступило в силу 10 июня 1985 года;

УЧИТЫВАЯ желание международного сообщества еще более укрепить режим ядерного нераспространения путем повышения действенности и эффективности системы гарантий Агентства;

НАПОМИНАЯ, что Агентство при осуществлении гарантий должно учитывать необходимость: избегать создания препятствий экономическому и технологическому развитию Российской Федерации или международному сотрудничеству в области мирной ядерной деятельности; соблюдать действующие положения в области охраны здоровья, безопасности, физической защиты, а также другие действующие требования безопасности и права отдельных лиц; и принимать все меры по защите коммерческих, технологических и промышленных секретов, а также другой конфиденциальной информации, которая становится ему известной;

ПРИНИМАЯ ВО ВНИМАНИЕ, что частота проведения и интенсивность мероприятий, указанных в настоящем Протоколе, будут поддерживаться на минимальном уровне, соответствующем цели повышения действенности и эффективности гарантий Агентства;

Российская Федерация и Агентство согласились о нижеследующем:

## **СВЯЗЬ МЕЖДУ НАСТОЯЩИМ ПРОТОКОЛОМ И СОГЛАШЕНИЕМ О ГАРАНТИЯХ**

### Статья 1

Положения Соглашения о гарантиях применяются к настоящему Протоколу в той мере, в какой они соответствуют положениям настоящего Протокола и совместимы с ними. В случае противоречия между положениями Соглашения о гарантиях и положениями настоящего Протокола применяются положения настоящего Протокола. Российская Федерация применяет и разрешает Агентству применять настоящий Протокол, за исключением лишь тех случаев, когда его применение может нанести ущерб безопасности или национальным интересам Российской Федерации.

## **ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ**

### Статья 2

- а. Российская Федерация предоставляет Агентству заявление, содержащее:
- i) общее описание и информацию, указывающую место проведения относящихся к ядерному топливному циклу научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, не связанных с ядерным материалом, осуществляемых где-либо для государства, не обладающего ядерным оружием (далее именуется – неядерное государство), или совместно с ним, которые финансируются, разрешены или контролируются Правительством Российской Федерации, или осуществляются от его лица;
  - ii) информацию, определенную Агентством на основе ожидаемого повышения действенности или эффективности и согласованную с Российской Федерацией, об относящейся к гарантиям эксплуатационной деятельности на установках, выбранных в соответствии с пунктом "b" Статьи 2 Соглашения о гарантиях;
  - iii) описание масштабов деятельности для каждого места проведения работ, указанных в Приложении I к настоящему Протоколу, осуществляемой для неядерного государства или совместно с ним;
  - iv) информацию о месте нахождения урановых рудников и заводов по обогащению урановых и ториевых руд в Российской Федерации, которые участвуют в производстве для неядерного государства, и о текущем годовом объеме производства таких рудников и обогатительных заводов для одного и того же неядерного государства. Предоставление этой информации не требует подробного учета ядерного материала;
  - v) информацию относительно исходного материала, который еще не достиг состава и чистоты, которые делают его пригодным для изготовления топлива или изотопного обогащения, включающую:
    - а) количества, химический состав и пункт назначения каждой экспортной поставки такого материала из Российской Федерации в неядерное государство для конкретных неядерных целей в количествах, превышающих:
      - 1) десять метрических тонн урана, или для последовательных экспортных поставок урана из Российской Федерации в одно и то же неядерное

государство, каждая из которых менее десяти метрических тонн, но сумма которых превышает десять метрических тонн в течение года;

2) двадцать метрических тонн тория, или для последовательных экспортных поставок тория из Российской Федерации в одно и то же неядерное государство, каждая из которых менее двадцати метрических тонн, но сумма которых превышает двадцать метрических тонн в течение года;

b) количества и химический состав каждой импортной поставки такого материала из одного и того же неядерного государства в Российскую Федерацию для конкретных неядерных целей в количествах, превышающих:

1) десять метрических тонн урана, или для последовательных импортных поставок урана из одного и того же неядерного государства в Российскую Федерацию, каждая из которых менее десяти метрических тонн, но сумма которых превышает десять метрических тонн в течение года;

2) двадцать метрических тонн тория, или для последовательных импортных поставок тория из одного и того же неядерного государства в Российскую Федерацию, каждая из которых менее двадцати метрических тонн, но сумма которых превышает двадцать метрических тонн в течение года;

при этом понимается, что представление информации о таком материале, предназначенном для неядерного использования, после того как он достигнет окончательной формы своего неядерного использования, не требуется;

vi) информацию об экспорте отходов среднего или высокого уровня активности, содержащих плутоний, высокообогащенный уран или уран-233, в неядерное государство;

vii) следующую информацию по согласованному оборудованию и неядерным материалам, указанным в Приложении II к настоящему Протоколу:

a) по каждой экспортной поставке из Российской Федерации в неядерное государство такого оборудования и материала: сведения об идентификации, количестве, месте предполагаемого использования в получающем государстве и фактической дате или в соответствующих случаях ожидаемой дате экспортной поставки;

b) по конкретному запросу Агентства – подтверждение Российской Федерацией как импортирующим государством информации, предоставленной Агентству неядерным государством в отношении экспортной поставки такого оборудования и материала в Российскую Федерацию.

b. Российская Федерация предпринимает все разумные усилия, с тем чтобы предоставить Агентству общее описание и информацию о месте проведения где-либо в Российской Федерации относящихся к ядерному топливному циклу научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, не связанных с ядерным материалом и выполняемых для неядерного государства или совместно с ним, которые конкретно относятся к

обогащению, переработке ядерного топлива или обработке отходов среднего или высокого уровня активности, содержащих плутоний, высокообогащенный уран или уран-233, но которые не финансируются, не разрешены или не контролируются Правительством Российской Федерации или не осуществляются от его лица. Для цели данного пункта "обработка" отходов среднего или высокого уровня активности не включает переупаковку отходов или их кондиционирование (не предусматривающее разделения элементов) для хранения или захоронения.

- c. По запросу Агентства Российская Федерация представляет уточнения или разъяснения любой информации, переданной в соответствии с настоящей статьей, в той степени, в какой это имеет отношение к цели гарантий в неядерном государстве.

### Статья 3

- a. Российская Федерация представляет Агентству в течение 180 дней после вступления в силу настоящего Протокола информацию, предусмотренную подпунктами a.i), a.iii) и a.iv) статьи 2 и пунктом b. статьи 2 настоящего Протокола.
- b. Российская Федерация представляет Агентству до 15 мая каждого года обновленную информацию, предусмотренную в пункте a. выше, за период, охватывающий предшествующий календарный год. Если ранее предоставленная информация осталась без изменений, Российская Федерация уведомляет об этом Агентство.
- c. Российская Федерация представляет Агентству до 15 мая каждого года информацию, предусмотренную подпунктами a.v) и a.vi) статьи 2 настоящего Протокола, за период, охватывающий предшествующий календарный год.
- d. Российская Федерация ежеквартально представляет Агентству информацию, предусмотренную подпунктом a.vii) а) статьи 2 настоящего Протокола. Эта информация предоставляется в течение шестидесяти дней после окончания каждого квартала.
- e. Российская Федерация и Агентство договариваются о времени и частоте представления информации, предусмотренной подпунктом a.ii) статьи 2 настоящего Протокола.
- f. Российская Федерация представляет Агентству информацию, предусмотренную подпунктом a.vii) b) статьи 2 настоящего Протокола, в течение шестидесяти дней после поступления запроса от Агентства.

### Статья 4

Агентство информирует Российскую Федерацию о:

- a. деятельности, осуществленной в рамках настоящего Протокола, включая деятельность в отношении любых вопросов или несоответствий, которые Агентство довело до сведения Российской Федерации, в течение шестидесяти дней после осуществления Агентством этой деятельности;
- b. результатах деятельности в отношении любых вопросов или несоответствий, которые Агентство довело до сведения Российской Федерации, как можно быстрее, но в любом случае в течение тридцати дней после получения Агентством этих результатов;

- с. выводах, которые оно сделало в результате своей деятельности в соответствии с настоящим Протоколом. Такие выводы предоставляются ежегодно.

## **НАЗНАЧЕНИЕ ИНСПЕКТОРОВ АГЕНТСТВА**

### **Статья 5**

- а. Генеральный директор уведомляет Российскую Федерацию об утверждении Советом управляющих любого должностного лица Агентства инспектором по гарантиям. Если Российская Федерация в течение трех месяцев после получения уведомления об утверждении Советом управляющих не извещает Генерального директора Агентства о своем отклонении такого должностного лица как инспектора для Российской Федерации, инспектор, о котором уведомлена Российская Федерация, считается назначенным в Российскую Федерацию.
- б. Генеральный директор, действуя в ответ на просьбу Российской Федерации или по собственной инициативе, незамедлительно информирует Российскую Федерацию об отзыве любого должностного лица, назначенного в качестве инспектора для Российской Федерации.
- с. Уведомление, предусмотренное в пункте а. выше, считается полученным Российской Федерацией через семь дней после даты направления Агентством такого уведомления Российской Федерации заказной корреспонденцией.

## **ВИЗЫ**

### **Статья 6**

Российская Федерация при необходимости в течение одного месяца после получения запроса об этом предоставляет указанному в запросе назначенному инспектору соответствующую многократную въездную/выездную и/или транзитную визы, чтобы обеспечить инспектору возможность въезда и пребывания на территории Российской Федерации в целях выполнения его/ее функций. Любые запрошенные визы действительны не менее года и в случае необходимости возобновляются на период назначения инспектора в Российскую Федерацию.

## **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **Статья 7**

- а. В тех случаях, когда Российская Федерация или Агентство указывают на необходимость определить в Дополнительных положениях, каким образом следует применять меры, изложенные в настоящем Протоколе, Российская Федерация и Агентство согласовывают такие Дополнительные положения в течение девяноста дней после вступления в силу настоящего Протокола или, в тех случаях, когда указание на необходимость таких Дополнительных положений дается после вступления в силу настоящего Протокола, – в течение девяноста дней после даты такого указания.
- б. До вступления в силу любых необходимых Дополнительных положений Агентство имеет право применять меры, изложенные в настоящем Протоколе.

## СИСТЕМЫ СВЯЗИ

### Статья 8

- a. Российская Федерация дает разрешение Агентству свободно использовать для служебных целей системы связи между инспекторами Агентства в Российской Федерации и Центральными учреждениями Агентства и/или Региональными бюро, включая передачу в неавтономном или автономном режиме информации, поступающей от устройств Агентства, установленных в целях сохранения и/или наблюдения или для измерения, и обеспечивает защиту такой связи. Агентство после проведения консультаций с Российской Федерацией имеет право использовать установленные на международном уровне системы прямой связи, включая спутниковые системы и другие виды дальней связи, не используемые в Российской Федерации. По просьбе Российской Федерации или Агентства подробности, касающиеся осуществления этого пункта в отношении передачи в неавтономном или автономном режиме информации, поступающей от устройств Агентства, установленных в целях сохранения и/или наблюдения или для измерения, определяются в Дополнительных положениях.
- b. При установлении связи и передаче информации в соответствии с пунктом а. выше, надлежащим образом учитывается необходимость обеспечения защиты информации, находящейся в частной собственности, или являющейся чувствительной с коммерческой точки зрения, или той информации о конструкции, которую Российская Федерация считает особо чувствительной.

## ЗАЩИТА КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

### Статья 9

- a. Агентство поддерживает строгий режим обеспечения эффективной защиты от раскрытия коммерческих, технологических и промышленных секретов и другой конфиденциальной информации, которая становится ему известной, включая такую информацию, которая становится известной Агентству в ходе осуществления настоящего Протокола.
- b. Режим, указанный в пункте а. выше, включает, в частности, положения, относящиеся к:
  - i) общим принципам и связанным с ними мерам по обращению с конфиденциальной информацией;
  - ii) условиям найма персонала, касающимся защиты конфиденциальной информации;
  - iii) процедурам в случаях нарушения или якобы имевших место случаях нарушения конфиденциальности.
- c. Режим, указанный в пункте а. выше, утверждается и периодически рассматривается Советом управляющих.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Статья 10

- a. Приложения к настоящему Протоколу являются его неотъемлемой частью. За исключением целей внесения поправок в Приложения, термин "Протокол", как он употребляется в настоящем документе, означает Протокол и Приложения, вместе взятые.
- b. В перечень видов деятельности, указанных в Приложении I, и перечень оборудования и материала, указанных в Приложении II, Советом управляющих могут вноситься поправки по рекомендации созданной Советом управляющих рабочей группы экспертов открытого состава. Любая такая поправка вступает в силу через четыре месяца после ее принятия Советом управляющих.

## ВСТУПЛЕНИЕ В СИЛУ

### Статья 11

- a. Настоящий Протокол вступает в силу с даты получения Агентством письменного уведомления Российской Федерации о выполнении процедур Российской Федерации, необходимых для его вступления в силу.
- b. Российская Федерация может в любое время до того, как настоящий Протокол вступит в силу, заявить, что она будет применять настоящий Протокол на временной основе.
- c. Генеральный директор незамедлительно информирует все государства – члены Агентства о любом заявлении о применении настоящего Протокола на временной основе и о его вступлении в силу.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

### Статья 12

Для целей настоящего Протокола:

- a. *Относящиеся к ядерному топливному циклу научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы* означают деятельность, которая конкретно относится к любому аспекту разработки процесса или системы любого из следующего:
  - конверсии ядерного материала,
  - обогащения ядерного материала,
  - изготовления ядерного топлива,
  - реакторов,
  - критических сборок,
  - переработки ядерного топлива,
  - обработки отходов среднего или высокого уровня активности, содержащих плутоний, высокообогащенный уран или уран-233 (не включая переупаковку или кондиционирование, не предусматривающее разделения элементов, для хранения или захоронения),

но не включают деятельность, относящуюся к теоретическим или фундаментальным научным исследованиям или к научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам по промышленным применениям радиоизотопов, медицинским,



гидрологическим и сельскохозяйственным применениям, изучению последствий для здоровья и окружающей среды и по усовершенствованию технического обслуживания.

- b. *Высокообогащенный уран* означает уран с обогащением 20 процентов или выше по изотопу урана-235.
- c. *Ядерный материал* согласно определению, данному в статье XX Устава Агентства, означает любой исходный материал или любой специальный расщепляющийся материал. Термин "исходный материал" не интерпретируется как включающий руду или отходы руды. Любое определение, данное Советом управляющих в соответствии со статьей XX Устава Агентства после вступления в силу настоящего Протокола, которое расширяет список материалов, считающихся исходным материалом или специальным расщепляющимся материалом, вступает в силу в соответствии с настоящим Протоколом только после его принятия Российской Федерацией.
- d. *Установка* означает:
  - i) реактор, критическую сборку, завод по конверсии, завод по изготовлению, завод по переработке, завод по разделению изотопов или отдельное хранилище; или
  - ii) любое место нахождения, где обычно используется ядерный материал в количествах, превышающих один эффективный килограмм.

СОВЕРШЕНО в Вене 22 дня марта 2000 года в двух экземплярах, каждый на русском и английском языках, причем оба текста имеют одинаковую силу.

за РОССИЙСКУЮ ФЕДЕРАЦИЮ:

за МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ:

(подпись)

(подпись)

Михаил Никитович Рыжов  
Руководитель Департамента международного  
и внешнеэкономического сотрудничества  
Министерства Российской Федерации  
по атомной энергии

Мохамед ЭльБарадей  
Генеральный директор

## ПРИЛОЖЕНИЕ I

### К ДОПОЛНИТЕЛЬНОМУ ПРОТОКОЛУ МЕЖДУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ И МЕЖДУНАРОДНЫМ АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ К СОГЛАШЕНИЮ МЕЖДУ СОЮЗОМ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК И МЕЖДУНАРОДНЫМ АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ О ПРИМЕНЕНИИ ГАРАНТИЙ В СОЮЗЕ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

Перечень видов деятельности, предусмотренных пунктом iii) статьи 2.а Дополнительного протокола между Российской Федерацией и Международным агентством по атомной энергии к Соглашению между Союзом Советских Социалистических Республик и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в Союзе Советских Социалистических Республик

- i) Изготовление роторных труб для центрифуг или сборка газовых центрифуг.  
Роторные трубы для центрифуг означают тонкостенные цилиндры, описание которых приведено в разделе 5.1.1 b) Приложения II к настоящему Протоколу.  
Газовые центрифуги означают центрифуги, описание которых приведено во вводном замечании к разделу 5.1 Приложения II к настоящему Протоколу.
- ii) Изготовление диффузионных барьеров.  
Диффузионные барьеры означают тонкие пористые фильтры, описание которых приведено в разделе 5.3.1 а) Приложения II к настоящему Протоколу.
- iii) Изготовление или сборка систем, использующих лазеры.  
Системы, использующие лазеры, означают системы, включающие те предметы, описание которых приведено в разделе 5.7 Приложения II к настоящему Протоколу.
- iv) Изготовление или сборка электромагнитных сепараторов изотопов.  
Электромагнитные сепараторы изотопов означают те предметы, о которых говорится в разделе 5.9.1 Приложения II и которые содержат источники ионов, описание которых приведено в разделе 5.9.1 а) Приложения II к настоящему Протоколу.
- v) Изготовление или сборка колонн или экстракционного оборудования.  
Колонны или экстракционное оборудование означают те предметы, описание которых приведено в разделах 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.5, 5.6.6, 5.6.7 и 5.6.8 Приложения II к настоящему Протоколу.
- vi) Изготовление разделительных сопел или вихревых трубок для аэродинамического обогащения.  
Разделительные сопла или вихревые трубки для аэродинамического обогащения означают разделительные сопла и вихревые трубки, описание которых приведено соответственно в разделах 5.5.1 и 5.5.2 Приложения II к настоящему Протоколу.
- vii) Изготовление или сборка систем генерации урановой плазмы.  
Системы генерации урановой плазмы означают системы для генерации урановой плазмы, описание которых приведено в разделе 5.8.3 Приложения II к настоящему Протоколу.

viii) Изготовление циркониевых труб.

Циркониевые трубы означают трубы, описание которых приведено в разделе 1.6 Приложения II к настоящему Протоколу.

ix) Производство или повышение качества тяжелой воды или дейтерия.

Тяжелая вода или дейтерий означают дейтерий, тяжелую воду (оксид дейтерия) и любое другое соединение дейтерия, в котором отношение числа атомов дейтерия к числу атомов водорода превышает 1:5000.

x) Изготовление графита ядерной чистоты.

Графит ядерной чистоты означает графит, уровень чистоты которого выше, чем 5 миллионных частей борного эквивалента, а плотность превышает  $1,50 \text{ г/см}^3$ .

xi) Изготовление контейнеров для облученного топлива.

Контейнер для облученного топлива означает емкость для перевозки и/или хранения облученного топлива, обеспечивающую химическую, тепловую и радиационную защиту, а также отвод тепла распада во время перемещения, перевозки и хранения.

xii) Изготовление реакторных управляющих стержней.

Реакторные управляющие стержни означают стержни, описание которых приведено в разделе 1.4 Приложения II к настоящему Протоколу.

xiii) Изготовление безопасных с точки зрения критичности баков и резервуаров.

Безопасные с точки зрения критичности баки и резервуары означают те предметы, описание которых приведено в разделах 3.2 и 3.4 Приложения II к настоящему Протоколу.

xiv) Изготовление машин для рубки облученных топливных элементов.

Машины для рубки облученных топливных элементов означают оборудование, описание которого приведено в разделе 3.1 Приложения II к настоящему Протоколу.

xv) Сооружение горячих камер.

Горячие камеры означают камеру или соединенные между собой камеры общим объемом не менее  $6 \text{ м}^3$ , снабженные защитой, равной или превышающей эквивалент  $0,5 \text{ м}$  бетона плотностью  $3,2 \text{ г/см}^3$  или более, укомплектованные оборудованием для проведения операций с использованием дистанционного управления.

## ПРИЛОЖЕНИЕ II

### К ДОПОЛНИТЕЛЬНОМУ ПРОТОКОЛУ МЕЖДУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ И МЕЖДУНАРОДНЫМ АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ К СОГЛАШЕНИЮ МЕЖДУ СОЮЗОМ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК И МЕЖДУНАРОДНЫМ АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ О ПРИМЕНЕНИИ ГАРАНТИЙ В СОЮЗЕ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

Перечень оборудования и неядерных материалов, согласованный для представления информации об экспорте и импорте в соответствии с пунктом vii) статьи 2.а Дополнительного протокола между Российской Федерацией и Международным агентством по атомной энергии к Соглашению между Союзом Советских Социалистических Республик и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в Союзе Советских Социалистических Республик

#### 1. Реакторы и реакторное оборудование

##### 1.1. Комплектные ядерные реакторы

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

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

"Ядерный реактор" в основном включает узлы, находящиеся внутри корпуса реактора или непосредственно примыкающие к нему, оборудование, которое контролирует уровень мощности в активной зоне, и компоненты, которые обычно содержат теплоноситель первого контура активной зоны реактора, или вступают с ним в непосредственный контакт или управляют им.

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

##### 1.2. Реакторные корпуса высокого давления

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

##### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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

Внутренние части реактора (например, поддерживающие колонны и плиты активной зоны и другие внутренние части корпуса, направляющие трубы для регулирующих стержней, тепловые экраны, перегородки, трубные решетки активной зоны, пластины диффузора и т.д.) обычно поставляются поставщиком реактора. В некоторых случаях определенные внутренние опорные компоненты включаются в изготовление корпуса высокого давления. Эти предметы являются достаточно важными с точки зрения безопасности и надежности эксплуатации реакторов (и следовательно, с точки зрения гарантийных обязательств и

ответственности поставщика реактора), чтобы их поставка вне рамок основного соглашения о поставке самого реактора не стала бы обычной практикой. Поэтому, хотя отдельная поставка этих уникальных, специально предназначенных и подготовленных, важных, крупных и дорогостоящих предметов не обязательно будет рассматриваться как выпадающая из сферы интересов, такой способ поставки считается маловероятным.

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

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

### **1.4. Реакторные управляющие стержни**

Стержни, специально предназначенные или подготовленные для управления скоростью реакции в ядерных реакторах, как они определены в пункте 1.1. выше.

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Сюда же включаются, помимо части, поглощающей нейтроны, ее опорные и подвесные конструкции, если поставка производится отдельно.

### **1.5. Реакторные трубы высокого давления**

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 5,1 МПа (740 фунт/кв. дюйм).

### **1.6. Циркониевые трубы**

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

## **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  $3 \times 10^4$  кг (30 метрических тонн) для любой одной страны-получателя в течение любого 12-месячного периода.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ**

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

## **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. Этот процесс включает растворение облученного ядерного топлива в азотной кислоте с последующим выделением урана, плутония и продуктов деления экстракцией растворителем с помощью трибутилфосфата 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 управляют ими.

Эти процессы, включая полные 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 удержанию).

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

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

#### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Это 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, как она определена выше, для резки, рубки или нарезки сборок, пучков или стержней облученного ядерного топлива.

### **3.2. Диссольтеры**

#### **ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

В диссольтеры 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, как они определены 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 диссольтеров, 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 азотнокислого урана 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).

### 3.5. Система конверсии нитрата плутония в оксид

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

На большинстве установок по переработке этот конечный процесс включает конверсию раствора нитрата плутония в двуокись плутония. 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.

Замкнутые системы, специально предназначенные или подготовленные для конверсии нитрата плутония в оксид плутония, в частности, оборудованные таким образом, чтобы избежать достижения критичности и радиационных эффектов, а также свести к минимуму опасности, связанные с токсичностью.

### 3.6. Система конверсии оксида плутония в металл

#### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Этот процесс, который может быть связан с установкой по переработке, включает фторирование двуоксида 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.

Замкнутые системы, специально предназначенные или подготовленные для производства металлического плутония, в частности, оборудованные таким образом, чтобы избежать достижения критичности и радиационных эффектов, а также свести к минимуму опасности, связанные с токсичностью.

### 4. Установки для изготовления топливных элементов

"Установка для изготовления топливных элементов" включает оборудование:

- a) которое обычно находится в непосредственном контакте с технологическим потоком ядерного материала или непосредственно обрабатывает его, или же управляет им, или
- b) которое герметизирует ядерный материал внутри оболочки.

### 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/с или более. Для достижения большой скорости конструкционные материалы вращающихся компонентов должны иметь высокое значение отношения прочности к плотности, а роторная сборка и, следовательно, отдельные ее компоненты должны изготавливаться с высокой степенью точности, чтобы разбаланс был минимальным. В отличие от других центрифуг газовая центрифуга для обогащения урана имеет внутри роторной камеры вращающуюся(иеся) перегородку(и) в форме диска и неподвижную систему подачи и отвода газа  $UF_6$ , состоящую по меньшей мере из трех отдельных каналов, два из которых соединены с лопатками, отходящими от оси ротора к периферийной части роторной камеры. В вакууме находится также ряд важных невращающихся элементов, которые, хотя и имеют особую конструкцию, не сложны в изготовлении и не изготавливаются из уникальных материалов. Центрифужная установка, однако, требует большого числа

этих компонентов, так что их количество может служить важным индикатором конечного использования.

### 5.1.1. Вращающиеся компоненты

#### а) Полные роторные сборки:

Тонкостенные цилиндры или ряд соединенных между собой тонкостенных цилиндров, изготовленных из одного или более материалов с высоким значением отношения прочности к плотности, указанных в ПОЯСНИТЕЛЬНОМ ЗАМЕЧАНИИ к настоящему разделу. Соединение цилиндров между собой осуществляется при помощи гибких сильфонов или колец, описанных в части 5.1.1. с) ниже. Собранный ротор имеет внутреннюю(ие) перегородку(и) и концевые узлы, описанные в частях 5.1.1.d) и е) ниже. Однако полная сборка может быть поставлена заказчику в частично собранном виде.

#### б) Роторные трубы:

Специально предназначенные или подготовленные тонкостенные цилиндры с толщиной стенки 12 мм (0,5 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.

#### в) 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 (0,12 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.

#### г) 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.

#### е) 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 нее. 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  $0,3 \times 10^6$  или более ("удельный модуль упругости" - это модуль Юнга в Н/м<sup>2</sup>, деленный на удельный вес в Н/м<sup>3</sup>; "максимальный удельный предел прочности на растяжение" - это максимальный предел прочности на растяжение в Н/м<sup>2</sup>, деленный на удельный вес в Н/м<sup>3</sup>).

### 5.1.2. Статические компоненты

- a) Подшипники с магнитной подвеской:

Специально предназначенные или подготовленные подшипниковые узлы, состоящие из кольцевого магнита, подвешенного в обойме, содержащей демфирующую среду. Обойма изготавливается из стойкого к UF<sub>6</sub> 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 Гн/м (120 000 единиц СГС) или более, или остаточную намагниченность 98,5% или более, или произведение индукции на максимальную напряженность поля более 80 кДж/м<sup>3</sup> (10<sup>7</sup> Гс.Э). Кроме обычных свойств материала, необходимым предварительным условием является ограничение очень малыми допусками (менее 0,1 мм или 0,004 дюйма), отклонения магнитных осей от геометрических осей или обеспечение особой гомогенности материала магнита.

- b) Подшипники/демпферы:

Специально предназначенные или подготовленные подшипники, содержащие узел ось/уплотнительное кольцо, смонтированный на демпере. 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 демпера.

- c) Молекулярные насосы:

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

## d) Статоры двигателей:

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

## e) Корпуса/приемники центрифуги:

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

## f) Ловушки:

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

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

### ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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

Обычно  $UF_6$  испаряется из твердых веществ, помещенных внутри подогреваемых автоклавов, и подается в газообразной форме к центрифугам через систему коллекторных трубопроводов каскада. "Продукт" и "хвосты"  $UF_6$ , поступающие из центрифуг в виде газообразных потоков, также проходят через систему коллекторных трубопроводов каскада к холодным ловушкам (работающим при температуре около 203 К (-70°C)), 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  $UF_6$  в каскады центрифуг при давлении до 100 кПа (15 фунт/кв. дюйм) и при скорости 1 кг/ч или более;

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

станции "продукта" и "хвостов", используемые для перемещения  $UF_6$  в контейнеры.

Эта установка, оборудование и трубопроводы полностью изготавливаются из стойких к  $UF_6$  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  $UF_6$  внутри центрифужных каскадов. Эта сеть трубопроводов обычно представляет собой систему с "тройным" коллектором, и каждая центрифуга соединена с каждым из коллекторов. Следовательно, схема основной части их соединения многократно повторяется. Она полностью изготавливается из стойких к  $UF_6$  материалов (см. ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ к настоящему разделу) с соблюдением высоких требований к вакуум-плотности и чистоте обработки.

### 5.2.3. Масс-спектрометры/источники ионов для $UF_6$

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

1. удельная разрешающая способность по массе свыше 320;
2. 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  $UF_6$  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<sub>6</sub> 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 отдельныхборок 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 давлении 300 кПа (45 фунт/кв. дюйм) или менее, включая:

питающие автоклавы (или системы), используемые для подачи  $UF_6$  в газодиффузионные каскады;

десублиматоры (или холодные ловушки), используемые для выведения  $UF_6$  из газодиффузионных каскадов;

станции сжижения, где  $UF_6$  в газообразной форме из каскада сжимается и охлаждается до жидкого состояния;

станции "продукта" или "хвостов", используемые для перемещения  $UF_6$  в контейнеры.

#### 5.4.2. Системы коллекторных трубопроводов

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

#### 5.4.3. Вакуумные системы

а) Специально предназначенные или подготовленные крупные вакуумные магистрали, вакуумные коллекторы и вакуумные насосы производительностью  $5 \text{ м}^3/\text{мин}$  ( $175 \text{ фут}^3/\text{мин}$ ) или более.

б) Вакуумные насосы, специально предназначенные для работы в содержащей  $UF_6$  атмосфере и изготовленные из алюминия, никеля или сплавов, содержащих более 60% никеля или покрытые ими. Эти насосы могут быть или ротационными, или поршневыми, могут иметь вытесняющие и фтористоуглеродные уплотнения, а также в них могут присутствовать специальные рабочие жидкости.

#### 5.4.4. Специальные стопорные и регулирующие клапаны

Специально предназначенные или подготовленные ручные или автоматические стопорные и регулирующие клапаны сильфонного типа, изготовленные из стойких к  $UF_6$  материалов, диаметром от 40 до 1500 мм (1,5 до 59 дюймов) для установки в основных и вспомогательных системах газодиффузионных установок по обогащению.

#### 5.4.5. Масс-спектрометры/источники ионов для $UF_6$

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

1. удельная разрешающая способность по массе свыше 320;
2. 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.

## ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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 коррозиестойких к  $UF_6$  материалов, или защищенные покрытием из таких материалов, производительностью на входе 2 м<sup>3</sup>/мин или более смеси  $UF_6$  и несущего газа (водород или гелий).

#### ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

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

#### 5.5.4. Уплотнения вращающихся валов

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

#### 5.5.5. Теплообменники для охлаждения газа

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

#### 5.5.6. Кожухи разделяющих элементов

Специально предназначенные или подготовленные кожухи разделяющих элементов, изготовленные из коррозиестойких к  $UF_6$  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 коррозиестойких 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 сжижения, используемые для выведения  $UF_6$  из процесса обогащения путем сжатия и перевода  $UF_6$  в жидкую или твердую форму;
- d) станции "продукта" или "хвостов", используемые для перемещения  $UF_6$  в контейнеры.

### 5.5.8. Системы коллекторных трубопроводов

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

### 5.5.9. Вакуумные системы и насосы

- a) Специально предназначенные или подготовленные вакуумные системы, производительностью на входе  $5 \text{ м}^3/\text{мин}$  или более, состоящие из вакуумных магистралей, вакуумных коллекторов и вакуумных насосов, и предназначенные для работы в содержащих  $UF_6$  газовых средах.
- b) Вакуумные насосы, специально предназначенные или подготовленные для работы в содержащих  $UF_6$  газовых средах и изготовленные из коррозиестойких к  $UF_6$  материалов или защищенные покрытием из таких материалов. В этих насосах могут использоваться фтористо-углеродные уплотнения и специальные рабочие жидкости.

### 5.5.10. Специальные стопорные и регулирующие клапаны

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

### 5.5.11. Масс-спектрометры/источники ионов для $UF_6$

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

1. удельная разрешающая способность по массе свыше 320;
2. 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.

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

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

##### 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 равновесии 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 в целях обогащения урана с использованием процесса химического обмена. Материалы ячеек, находящиеся в контакте с технологическими растворами, должны быть коррозионноустойчивыми 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 катионнообменного 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, а также 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:

- a) оборудование для контактирования хлора и кислорода с водными эфлюентами из оборудования разделения изотопов и экстракции образовавшегося  $U^{+4}$  в обедненный органический поток, возвращающийся из производственного выхода каскада;
- b) 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 давлении 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 коррозиестойких 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, "желоба", 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 пentaфтористого урана (MLIS)

Специально предназначенные или подготовленные коллекторы твердого продукта пentaфтористого урана ( $UF_5$ ), состоящие из фильтра, коллекторов ударного или циклонного типа или их сочетаний и 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 псевдооживленным слоем катализатора, геликоидальный реактор или жаровая башня) в целях фторирования. В обоих случаях используется оборудование для хранения и переноса фтора (или других приемлемых фторирующих 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 коррозиестойких 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 сжижения, 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<sub>2</sub> или эксимерного лазера и многоходовой оптической ячейки с вращающимися зеркалами на обеих сторонах. Для лазеров или лазерных систем при обоих процессах требуется стабилизатор спектральной частоты для работы в течение длительных периодов времени.

## **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<sup>235</sup>, 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<sup>235</sup>. 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 высокоомощные 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 коррозионноустойчивых и термостойких материалов или защищены покрытием из таких материалов. Приемлемые материалы включают тантал, покрытый оксидом иттрия графит, графит, покрытый окислами других редкоземельных элементов или их смесями.

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

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

c) 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 давлении 0,1 Па или ниже.

**ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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

d) Магнитные полюсные наконечники

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

**5.9.2. Высоковольтные источники питания**

Специально предназначенные или подготовленные высоковольтные источники питания для источников ионов, обладающие полным набором следующих характеристик: могут работать в непрерывном режиме, выходное напряжение 20 000 В или 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. Водо-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 давлении свыше или равном 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%  $H_2S$ ), специально предназначенные или подготовленные для производства тяжелой воды путем использования процесса обмена воды и сероводорода. Эти газодувки или компрессоры имеют производительность, превышающую или равную  $56 \text{ м}^3/\text{с}$ . (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  $H_2S$ .

## **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.



## **7. 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 концентратов урановой руды в  $UO_3$ , конверсию  $UO_3$  в  $UO_2$ , конверсию окисей урана в  $UF_4$  или  $UF_6$ , 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. Специально предназначенные или подготовленные системы для конверсии концентратов урановой руды в $UO_3$**

#### **ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

Конверсия концентратов урановой руды в  $UO_3$  может осуществляться сначала посредством растворения руды в азотной кислоте и экстракции очищенного гексагидрата уранилдинитрата с помощью такого растворителя, как трибутил фосфат. Затем гексагидрат уранилдинитрата преобразуется в  $UO_3$  либо посредством концентрации и денитрации, либо посредством нейтрализации газообразным аммиаком для получения диураната аммония с последующей фильтрацией, сушкой и кальцинированием.

### **7.2. 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.

### **7.3. 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.

**7.4. 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.

**7.5. 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  $-10^\circ C$ . Для процесса требуется источник газообразного фтора.

**7.6. 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 ( $1130^\circ C$ ).

**7.7. 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  $820^\circ C$ . При третьем процессе газообразные  $UF_6$ ,  $CO_2$  и  $NH_3$  смешиваются в воде, осажая уранилкарбонат аммония. Уранилкарбонат аммония смешивается с паром и водородом при температуре  $500-600^\circ C$  для производства  $UO_2$ .

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

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

**ПОЯСНИТЕЛЬНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ**

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