

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G21F 5/00 (2019.08); G21C 19/44 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019126503, 22.08.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
22.08.2019Дата регистрации:  
24.12.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.08.2019

(45) Опубликовано: 24.12.2019 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1,  
НИЦ "Курчатовский институт", первому зам.  
директора - руководителю Аппарата Центра  
Левину Льву Залмановичу

(72) Автор(ы):

Абалин Сергей Сергеевич (RU),  
Кеворков Леонид Рубенович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

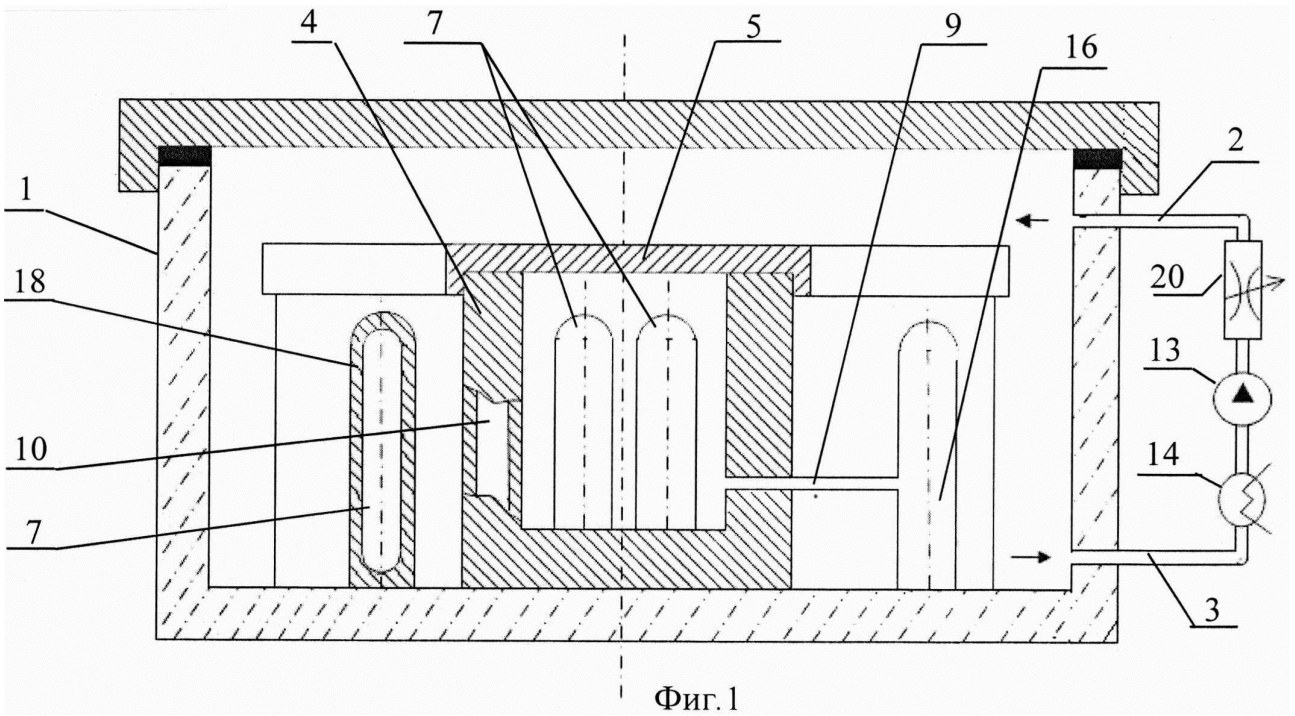
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение "Национальный  
исследовательский центр "Курчатовский  
институт" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 146031 U1, 27.09.2014. RU 145997  
U1, 27.09.2014. RU 2157009 C1, 27.09.2000. US  
4528454 A1, 09.07.1985. GB 2010164 A, 27.06.1979.

## (54) КОНТЕЙНЕР ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

(57) Реферат:

Полезная модель относится как к контейнерам для длительного сухого хранения емкостей с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ). Контейнер для хранения и переработки ОЯТ состоит из корпуса с крышкой, с размещенной в нем емкостью с отработавшим ядерным топливом с каналом для закачивания инертного газа в ее внутреннюю полость. Емкость снабжена крышкой, управляемой дистанционно. ОЯТ содержится в термостойких тиглях, размещенных внутри емкости, а внутри стенок корпуса емкости имеется полость, образующая внутри этого корпуса пустотелую рубашку. Контейнер соединен трубопроводами с системой вентиляции

инертным газом, которая состоит из трех независимых циркуляционных петель инертного газа. Одна петля подключена трубопроводами к внутренней полости контейнера, вторая к внутренней полости емкости, а третья к рубашке охлаждения корпуса емкости. Каждая циркуляционная петля содержит водяной теплообменник, клапан регулирующий расход газа в петле и компрессор для прокачки инертного газа, соединенный трубопроводом с вентилируемой полостью этой петли. Полезная модель позволяет разделять ОЯТ на актиноиды и шлаки в процессе его хранения в контейнере. 4 з.п. ф-лы, 2 ил.



RU 194792 U1

RU 194792 U1

## Область техники

Полезная модель относится как к контейнерам для длительного сухого хранения емкостей с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), в частности к контейнерам для хранения ОЯТ ядерных реакторов типа ВВЭР-1000, так и к технологии переработки отработавшего (облученного) твердого ядерного топлива (ОЯТ) как керамического, например, реакторов типа ВВЭР с оксидным топливом, так и ОЯТ быстрых реакторов (БР) типа свинцово-висмутowego реактора (проект «Прорыв») или типа БН с керамическим топливом (оксидным или составным нитридным (СНУП) топливом), так и для варианта БР с металлическим топливом, с целью дальнейшего использования топлива.

## Уровень техники

Известны хранилища для сухого длительного хранения отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ), в котором отработавшие тепловыделяющие сборки (ОТВС) после предварительной выдержки в станционном мокром бассейне выдержки (БВ), хранятся долгое время с отводом остаточного тепловыделения посредством естественной конвекции воздуха или инертного газа.

Эти хранилища представляют собой помещения для хранения специальных закрытых пеналов или контейнеров, имеющих внутреннюю закрытую полость для расположения в ней ОТВС. Тепло от пеналов или контейнеров отводится посредством естественной конвекции («Атомная техника за рубежом» №9, 1998 г., стр. 3). Хранилища имеют корпус, устройства для установки внутри корпуса ОТВС и газовую систему естественной вентиляции для отвода тепла остаточного тепловыделения ОЯТ.

Известен также контейнер для длительного сухого хранения емкостей с ОЯТ, содержащий корпус с крышкой, во внутренней полости которого размещены емкости с ОЯТ, имеющий пассивную воздушную систему отвода остаточных тепловыделений от ОТВС (патент РФ №2227336).

Недостаток этих технических решений заключается в необходимости длительной многолетней выдержки ОЯТ после выгрузки из реактора до достижения уровня остаточного тепловыделения, допустимого для перевозки топлива к месту его переработки.

Наиболее близким по технической сущности является контейнер для хранения отработавшего ядерного топлива (патент РФ на полезную модель №146031). Этот контейнер относится к контейнерам для длительного сухого хранения емкостей с ОЯТ, в частности, к контейнерам для хранения ОЯТ ядерных реакторов типа ВВЭР-1000 и состоит из корпуса с крышкой с размещенной в нем емкостью с ОЯТ, при этом в верхней части емкости выполнен канал для закачивания инертного газа в ее внутреннюю полость.

Недостаток этого технического решения заключается, во-первых, в необходимости предварительной длительной многолетней выдержки ОЯТ в мокром пристанционном БВ после выгрузки из реактора до достижения уровня остаточного тепловыделения, допустимого для перегрузки в контейнер длительного сухого хранения ОЯТ, а, во-вторых, после отправки топлива к месту переработки. Кроме того, сам процесс переработки возможен только с большими энергозатратами.

Технической проблемой, на решение которой направлена заявляемая полезная модель является снижение энергозатрат при переработке отработавшего ядерного топлива, находящегося в тепловыделяющих сборках ядерного реактора.

## Раскрытие сущности полезной модели

Техническим результатом предлагаемой полезной модели является разделение

отработавшего ядерного топлива тепловыделяющих сборок ядерного реактора на актиноиды и шлаки в процессе его хранения в контейнере.

Для достижения этого технического результата предложен контейнер для хранения и переработки отработавшего ядерного топлива, состоящий из корпуса с крышкой, с размещенной в нем емкостью с отработавшим ядерным топливом с каналом для закачивания инертного газа в ее внутреннюю полость, при этом, емкость снабжена крышкой, управляемой дистанционно, отработавшее ядерное топливо, находящееся в отработавшей тепловыделяющей сборке, содержится в термостойких тиглях, размещенных внутри емкости, а внутри стенок корпуса емкости имеется полость, образующая внутри этого корпуса пустотелую рубашку, контейнер соединен трубопроводами с системой вентиляции инертным газом, которая состоит из трех независимых циркуляционных петель инертного газа, при этом одна петля подключена трубопроводами к внутренней полости контейнера, вторая к внутренней полости емкости, а третья к рубашке охлаждения корпуса емкости, каждая циркуляционная петля содержит водяной теплообменник, клапан регулирующий расход газа в петле и компрессор для прокачки инертного газа, соединенный трубопроводом с вентилируемой полостью этой петли.

Кроме того, в корпусе контейнера установлены несколько емкостей с отработавшим ядерным топливом, а также коллектор раздающий инертный газ во внутренние полости емкостей от компрессора петли циркуляции газа через емкости, соединенный с каналами для закачивания газа в их внутренние полости, коллектор сбора инертного газа, выходящего из полостей емкостей и размещены также коллекторы подвода к рубашкам емкостей и отвода газа от них, которые сообщены на входе с напорным трубопроводом компрессора петли циркуляции газа через рубашки корпусов емкостей, а на выходе - с трубопроводом, присоединенным к водяному теплообменнику этой петли через клапан регулирующий расход газа.

Кроме того, крышки тиглей снабжены предохранительными клапанами, сообщающими при открытии внутреннюю полость тигля с внутренней полостью емкости.

Кроме того, на трубопроводе отвода охлаждающего газа из корпусов емкостей, установлен фильтр для очистки газа от летучих продуктов деления.

Кроме того, корпуса тиглей выполнены из термостойкого материала, сохраняющего стойкость при температуре свыше 3000°C, например, из сплавов ванадия или из графита, плакированного карбидом циркония.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 и 2 показаны конструктивные схемы контейнера для хранения и переработки отработавшего ядерного топлива, где:

- 1 - корпус контейнера;
- 2, 3 - трубопроводы петли циркуляции инертного газа через корпус контейнера (трубопроводы подвода и отвода инертного газа в корпус и из корпуса контейнера, соответственно);
- 4 - емкости с отработавшим ядерным топливом;
- 5 - крышка емкости;
- 6 - канал для подвода инертного газа к емкости;
- 7 - тигли с отработавшим ядерным топливом;
- 8, 9 - трубопроводы петли циркуляции инертного газа через внутренние полости емкостей с отработавшим ядерным топливом;
- 10 - рубашки охлаждения корпусов емкостей с отработавшим ядерным топливом;

11, 12 - трубопроводы петли циркуляции инертного газа через рубашки корпусов емкостей;

13 - компрессоры петель циркуляции системы вентиляции контейнера;

14 - водяные теплообменники петель циркуляции системы вентиляции контейнера;

5 15 - коллектор раздачи инертного газа в емкости;

16 - коллектор сбора инертного газа из емкостей 4;

17 - коллектор раздачи инертного газа к рубашкам охлаждения 8;

18 - коллектор сбора инертного газа из рубашек охлаждения 8;

10 19, 20, 21 - регуляторы расхода на трубопроводах подачи охлаждающего инертного газа к водяным теплообменникам петель циркуляции инертного газа.

На трубопроводе 8 может быть установлен фильтр для очистки газа от летучих продуктов деления в случае их попадания при открытии какого-либо предохранительного клапана, расположенных на корпусах тиглей 7. Эти фильтры и предохранительные клапаны не указаны на фиг. 1 и 2.

15 Осуществление полезной модели

Пример реализации предлагаемого контейнера для хранения и переработки отработавшего ядерного топлива для ОТВС применительно к реактору ВВЭР-1000, например, проекта ВВЭР ТОИ (Типовой Оптимизированный и Информатизированный проект) будущих поколений представлен ниже.

20 Топливо в активной зоне реактора ВВЭР до проектного выгорания находится в течении 4-5-х лет.

После проектного выгорания ОТВС выгружают из активной зоны ядерного реактора, перегружают их в бассейн выдержки (БВ) ОЯТ и при реализации технологии с предлагаемым контейнером, извлекают из БВ после достижения уровня остаточного тепловыделения (ОТ) до 0,025-0,023% от номинальной мощности реактора. В реакторе 25 типа ВВЭР-1000, например, это произойдет через 1-1,5 года после выгрузки из активной зоны. В этот момент ОТВС извлекают из БВ и в разделочной камере под слоем воды от ОТВС отрезают концевые металлические детали, а топливные части кассет длиной, примерно, 3600 мм загружают вместе с порошком металла-восстановителя (кальция 30 или алюминия) в термостойкие тигли 7 (см. фиг. 1 и 2) и заполняют их инертным газом (например, аргонно-гелиевой смесью газов), после чего закрывают тигли 7 герметичной крышкой. Затем тигли 7 помещают в емкости 4, установленные в корпусе контейнера 1, в котором также смонтированы вертикально расположенные, коллекторы 15, 16, 17, 18 для подвода и отвода охлаждающего газа из петель охлаждения внутренней полости 35 контейнера, емкостей и их рубашек.

В активной зоне реактора «работает» 163 тепловыделяющих сборок (ТВС). Кампания горения топлива в реакторе организована с перегрузкой раз в 1,5 года после выхода в стационарный режим перегрузок, т.е. перегружается, примерно третья часть ТВС, - т.е. 54-60 ТВС.

40 Размер под ключ ТВС ВВЭР составляет 235 мм. Тогда при размещении в одном тигле 7 четырех ОТВС наружный диаметр тигля 7 составит - 900 мм, а в одной емкости 4 с наружным диаметром 2100 мм разместиться 4 тигля. Т.е. в одной емкости будет 16 ОТВС. При установке в одном контейнере 3-х емкостей 4 (этот вариант показан на 45 фиг. 2), в нем будет находиться  $3 \times 16 = 48$  ОТВС, а в варианте контейнера с 4-мя емкостями -  $4 \times 16 = 64$  ОТВС.

Таким образом, для третьей части выгружаемых ОТВС из активной зоны при одной перегрузке в варианте с размещением в контейнере одной емкости 4 с 4-мя тиглями (т.е. 16 ОТВС) достаточно, соответственно, 4 контейнера с наружным диаметром,

порядка, 2300-2500 мм, в котором поместиться 64 ОТВС.

При варианте контейнера с 3-мя емкостями 4 внутри его корпуса 1 для одной перегрузки будет достаточно одного контейнера, в котором можно разместить 64 ОТВС.

5 Внутренний диаметр корпуса 1 контейнера (в случае корпуса контейнера цилиндрической формы) в этом варианте составит, около 4400 мм, а наружный - 5000 мм. Поэтому для этого варианта целесообразно иметь корпус 1 в виде пенала с 3-мя емкостями 4 (при 4-х тиглях 7 в каждой емкости 4), расположенными в пенале в один ряд.

10 Такой пенал для варианта ОТВС ВВЭР-1000 будет иметь наружные габариты: высота - 4,4 м; длина - не более 10 м, с учетом размещения внутри коллекторов для подвода и отвода охлаждающего теплоносителя в емкости 4 контейнера.

Для того, чтобы этот контейнер мог быть транспортабелен по железной дороге, можно уменьшить его высоту в два раза, разрезав его топливную часть ОТВС перед 15 загрузкой в тигель 7 на 2 части, тогда высота тигля не превысит 2,5 м. В этом случае необходимое количество контейнеров увеличится в 2 раза.

После загрузки тиглей 7 в емкости 4, закрывают их крышки 5 и регулируют температуру в петлях циркуляции инертного газа путем изменения температуры газа, как за счет изменения его расхода регуляторами расхода 19, 20, 21 через вентилируемые 20 полости и, соответственно, через водяные теплообменники 14, так и за счет изменения мощности этих теплообменников, и производят регулируемый разогрев ОТВС в тиглях теплом отработавшего топлива, добиваясь разрушения циркониевых оболочек ТВЭлов ОТВС и последующего расплавления топлива, сохраняя при этом во внутреннем пространстве корпуса контейнера 1, безопасный уровень температуры для его стенок 25 в пределах 40-50°C.

После выдержки топлива в условиях регулируемого теплоотвода в расплавленном состоянии и его расслоения на тяжелые актиноиды, располагающиеся в нижней части тиглей, и «легкие» продукты деления (шлаки), располагающиеся в верхней части тиглей, проводится охлаждение топлива. В результате, получают в тиглях слитки из 30 металлического расплава топлива с разделенным по высоте частями продуктов деления с разной плотностью.

После выгрузки тиглей 7 из контейнера и топлива из них, слитки разрезают на две части - металлическую (слабо реактивную) «тяжелую» нижнюю часть слитка с актиноидами (изотопы оставшихся не сгоревшими изотопами сырьевого U-238 и 35 делящегося U-235 и «наработанные» изотопы плутония и других трансурановых элементов), для ВВЭР-1200 это 80-85% по объему слитка, и «легкую» - смесь остальных более легких продуктов деления, содержащую шлаки.

#### (57) Формула полезной модели

40 1. Контейнер для хранения и переработки отработавшего ядерного топлива, состоящий из корпуса с крышкой, с размещенной в нем емкостью с отработавшим ядерным топливом с каналом для закачивания инертного газа в ее внутреннюю полость, отличающийся тем, что емкость снабжена крышкой, управляемой дистанционно, отработавшее ядерное топливо, находящееся в отработавшей тепловыделяющей сборке, 45 содержится в термостойких тиглях, размещенных внутри емкости, а внутри стенок корпуса емкости имеется полость, образующая внутри этого корпуса пустотелую рубашку, контейнер соединен трубопроводами с системой вентиляции инертным газом, которая состоит из трех независимых циркуляционных петель инертного газа, при этом

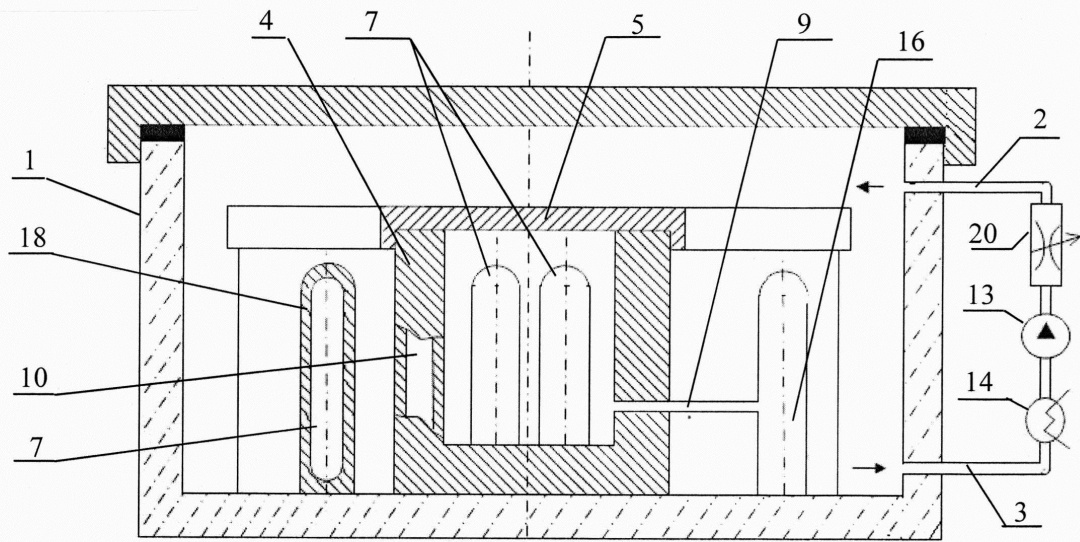
одна петля подключена трубопроводами к внутренней полости контейнера, вторая к внутренней полости емкости, а третья к рубашке охлаждения корпуса емкости, каждая циркуляционная петля содержит водяной теплообменник, клапан, регулирующий расход газа в петле, и компрессор для прокачки инертного газа, соединенный трубопроводом с вентилируемой полостью этой петли.

2. Контейнер по п. 1, отличающийся тем, что в корпусе контейнера установлены несколько емкостей с отработавшим ядерным топливом, а также коллектор, раздающий инертный газ во внутренние полости емкостей от компрессора петли циркуляции газа через емкости, соединенный с каналами для закачивания газа в их внутренние полости, коллектор сбора инертного газа, выходящего из полостей емкостей, и размещены также коллекторы подвода к рубашкам емкостей и отвода газа от них, которые сообщены на входе с напорным трубопроводом компрессора петли циркуляции газа через рубашки корпусов емкостей, а на выходе - с трубопроводом, присоединенным к водяному теплообменнику этой петли через клапан, регулирующий расход газа.

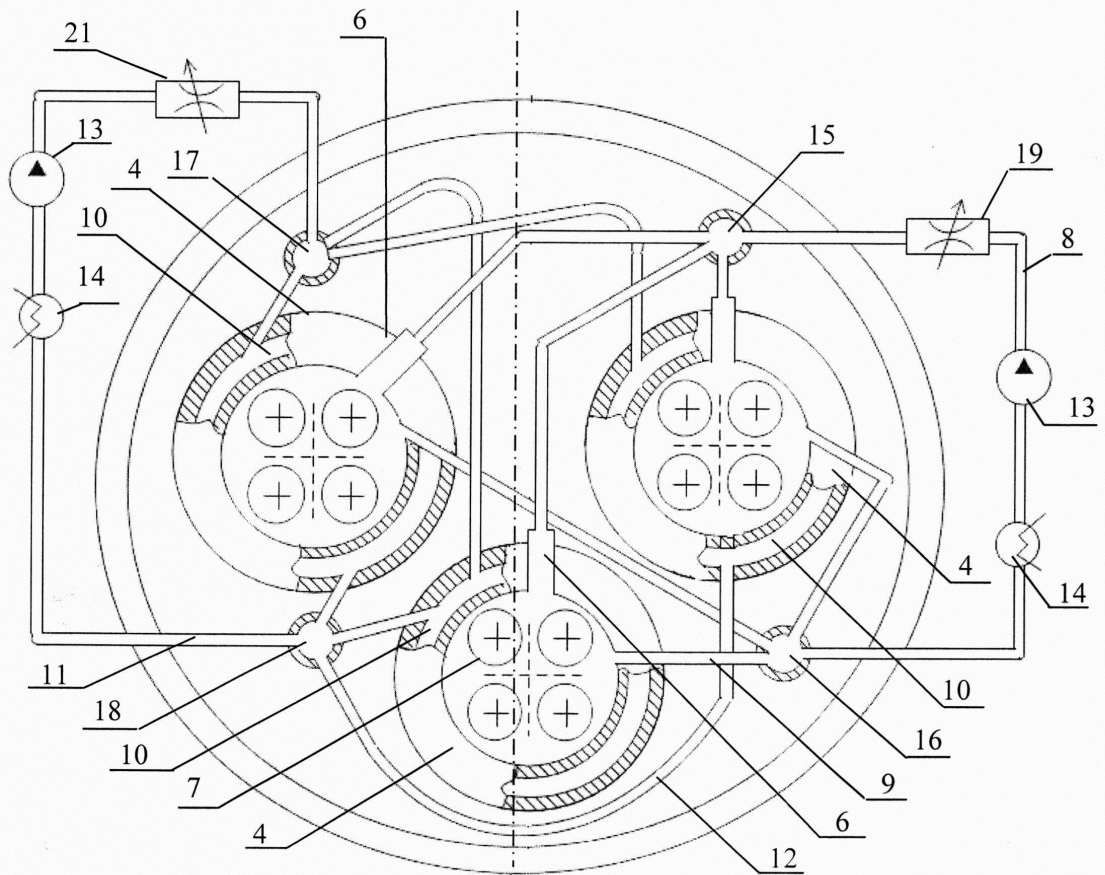
3. Контейнер по п. 1, отличающийся тем, что крышки тиглей снабжены предохранительными клапанами, сообщающими при открытии внутреннюю полость тигля с внутренней полостью емкости.

4. Контейнер по п. 1, отличающийся тем, что на трубопроводе отвода охлаждающего газа из корпусов емкостей, установлен фильтр для очистки газа от летучих продуктов деления.

5. Контейнер по п. 1, отличающийся тем, что корпуса тиглей выполнены из термостойкого материала, сохраняющего стойкость при температуре свыше 3000°C, например, из сплавов ванадия или из графита, плакированного карбидом циркония.



Фиг. 1



Фиг. 2