



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013150064/07, 08.11.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
08.11.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.11.2013

(45) Опубликовано: 27.05.2014 Бюл. № 15

Адрес для переписки:

123060, Москва, а/я 369, ОАО "ВНИИНМ",  
ОКИС

(72) Автор(ы):

Новиков Владимир Владимирович (RU),  
Кузнецов Владимир Иванович (RU),  
Богатырь Сергей Михайлович (RU),  
Крупкин Антон Владимирович (RU),  
Сергиенко Иван Романович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество  
"Высокотехнологический научно-  
исследовательский институт неорганических  
материалов имени академика А.А. Бочвара"  
(RU)

## (54) МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКАЯ АМПУЛА ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ

## Формула полезной модели

1. Материаловедческая ампула для облучения образцов в ядерном реакторе, содержащая оболочку, приваренные к ней верхнюю заглушку, выполненную с резьбовым наконечником и проточкой, нижнюю заглушку с коническим наконечником и размещенные внутри оболочки две капсулы с образцами, одну капсулу с индикатором нейтронно-активационным и фиксатор.

2. Материаловедческая ампула по п.1, отличающаяся тем, что капсула с индикатором нейтронно-активационным размещена между двух капсул с образцами.

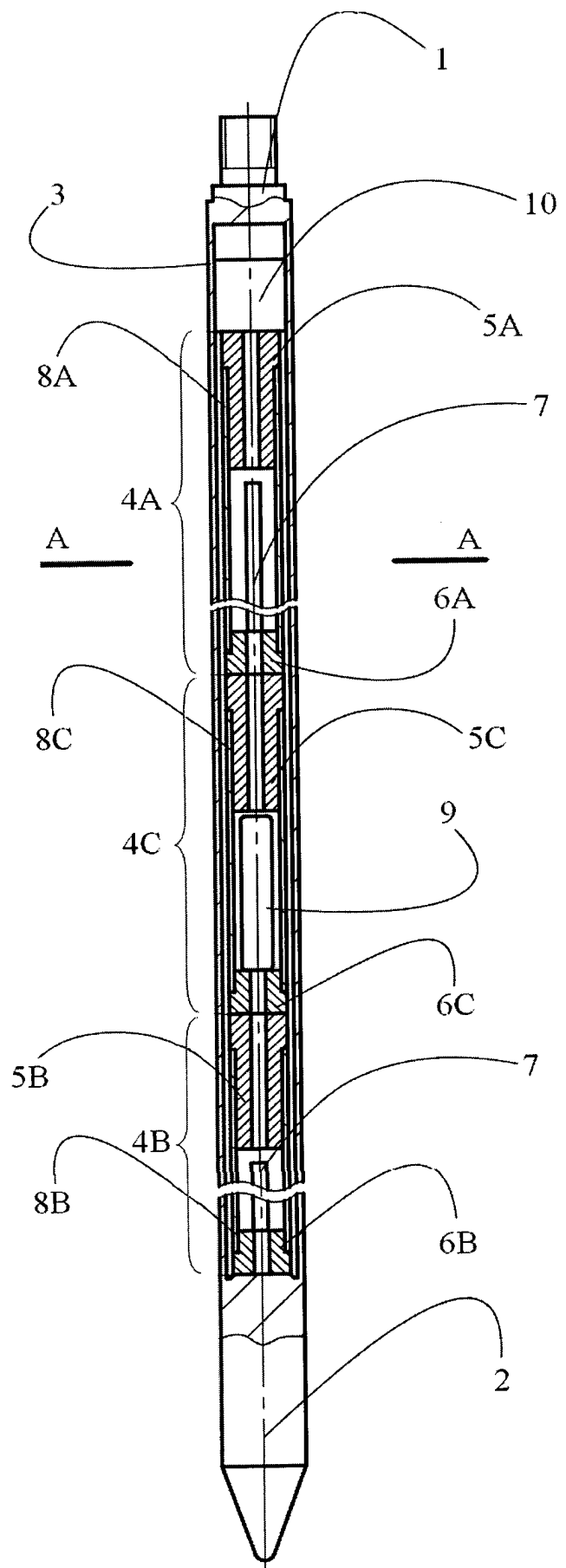
3. Материаловедческая ампула по п.1, отличающаяся тем, что образцы представляют собой сегмент циркониевой твэльной оболочки.

4. Материаловедческая ампула по п.1, отличающаяся тем, что капсулы с образцами снабжены образцами, помещенными внутрь капсул, верхними и нижними заглушками, выполненными с отверстиями, причем нижние и верхние заглушки капсул зафиксированы кернением в оболочках капсул.

5. Материаловедческая ампула по п.1, отличающаяся тем, что капсула с индикатором нейтронно-активационным снабжена индикатором нейтронно-активационным, помещенным внутрь капсулы, и верхней и нижней заглушками, выполненными с отверстиями, причем нижняя и верхняя заглушки капсулы зафиксированы кернением в оболочке капсулы.

RU 141018 U1

RU 141018 U1



Полезная модель относится к атомной энергетике, в частности к облучению образцов в ядерном реакторе для их дальнейшего исследования, и может найти применение на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 для исследования радиационного роста циркониевых оболочек в условиях реакторного облучения и дальнейшей аналитической оценки полученных данных и валидации расчетных программных кодов.

Тепловыделяющие элементы (ТВЭЛЫ) являются ответственными и самыми напряженными конструкциями активной зоны современного ядерного энергетического реактора. Оболочка ТВЭЛА обеспечивает требуемую механическую прочность конструкции, а также являясь барьером безопасности, защищает теплоноситель от взаимодействия с ядерным топливом и продуктами деления. Выход ТВЭЛА из строя приводит к наиболее опасным последствиям - попаданию ядерного топлива и продуктов деления в контур теплоносителя. Помимо механического взаимодействия топлива, в результате которого в оболочке возникают окружные и осевые растягивающие напряжения, на оболочку одновременно воздействуют продукты деления и так же существует радиационный рост материала оболочки. Совместное взаимодействие этих факторов может привести к разрушению оболочки.

Одним из факторов, приводящих к накоплению повреждений и соответствующему снижению ресурсных характеристик ТВЭЛА, является радиационный рост оболочки и изменение ее механических свойств.

Реакторное исследование образцов проводится с целью получения достоверных данных о накопленном повреждении циркониевых оболочек нейтронным потоком и радиационном росте.

Известно устройство для облучения образцов в ядерном реакторе [RU 9332 U1, кл. G21C 17/06, опубликовано 16.02.1999]. Устройство для облучения образцов в ядерном реакторе содержит цилиндрический корпус с выполненными в нем отверстиями, гильзу, установленную внутри корпуса с возможностью перемещения в осевом направлении, верхний и нижний узлы уплотнения отверстий корпуса и коллектора сепаратора, тростинки с ампулами, размещенные в сепараторе, регулятор расхода теплоносителя, привод. Нижний клапан выполнен в виде мембраны полого шарового слоя переменного сечения, меньшего на крыльях и увеличивающегося к центру, а привод выполняет два обратных противоположных поступательных принудительных движений и регулировку расхода теплоносителя.

Недостатками данного устройства являются: сложность конструкторского исполнения, вероятность отказа деталей устройства из-за большого количества сопрягаемых деталей, а также требование дополнительного контроля во время облучения и создания параметров облучения и течения теплоносителя отличных от внутриреакторных.

Известна ампула облучательного устройства ядерного реактора [RU 2342716 C1, кл. G21C 7/10, G21G 4/04, опубликовано 27.12.2008]. Ампула состоит из корпуса и двух приваренных к нему крышек. Ампула заполнена таблетками из кобальта-59 и проставками из циркониевого сплава в виде пружинящих колец. В гнездах крышки ампулы установлены пружины для прижатия проставки к таблеткам в направлении продольной оси ампулы. При облучении ампул нейтронами кобальт-59 в таблетках превращается в гамма-активный кобальт-60. После достижения необходимой гамма-активности ампулы извлекаются из облучательного устройства и передаются потребителю.

При облучении в данной ампуле имеются следующие недостатки: наличие дополнительного сложного оборудования для сборки и производства, отсутствие в

штатных технологиях по сборке ампул приварки концевых элементов и газонаполнений.

Задачей полезной модели является создание материаловедческой ампулы для получения данных о поведении новых оболочечных циркониевых материалов в условиях облучения и температуры в течение от одного года до шести лет в энергетическом (коммерческом) реакторе.

Техническим результатом заявляемой полезной модели является обеспечение сохранности образцов от влияния факторов коррозионного взаимодействия с теплоносителем и во время транспортно-технологических операций, небольшие искажения нейтронного потока реактора, отсутствие использования дополнительного сложного оборудования при изготовлении материаловедческой ампулы.

Технический результат достигается тем, что материаловедческая ампула для облучения образцов в ядерном реакторе содержит оболочку, приваренные к оболочке верхнюю заглушку с резьбовым наконечником и проточкой, нижнюю заглушку с коническим наконечником, размещенные внутри оболочки две капсулы с образцами, одну капсулу с индикатором нейтронно-активационным и фиксатор.

Капсула с индикатором нейтронно-активационным размещена между двух капсул с образцами.

Образцы представляют собой сегмент циркониевой твэльной оболочки.

Капсулы с образцами снабжены образцами, помещенными внутрь капсул, верхними и нижними заглушками, выполненными с отверстиями, причем нижние и верхние заглушки капсул зафиксированы кернением в оболочках капсул.

Капсула с индикатором нейтронно-активационным снабжена индикатором нейтронно-активационным, помещенным внутрь капсулы, и верхней и нижней заглушками, выполненными с отверстиями, причем нижняя и верхняя заглушки капсулы зафиксированы кернением в оболочке капсулы.

На фиг. 1 изображена материаловедческая ампула для облучения образцов.

На фиг. 2 изображено сечение А-А.

На фиг. 3 изображена схематичная компоновка кластера материаловедческих ампул.

Материаловедческая ампула для облучения образцов содержит верхнюю 1 и нижнюю 2 заглушки ампулы, оболочку 3 ампулы, и размещенные внутри ампулы две капсулы 4А, 4В с образцами и одну капсулу 4С с индикатором нейтронно-активационным.

Материаловедческая ампула снизу закрыта нижней заглушкой 2, которая приварена к оболочке 3 ампулы. Нижняя заглушка 2 ампулы имеет конический наконечник для уменьшения сопротивления потоку теплоносителя в направляющем канале и для центрирования при загрузке кластера.

Обе капсулы 4А, 4В с образцами одинаковой конструкции и снабжены верхними 5А, 5В и нижними 6А, 6В заглушками, выполненными с отверстиями для прохода газа, и образцами 7, помещенными внутрь капсул. Верхние 5А, 5В и нижние 6А, 6В заглушки зафиксированы кернением в оболочках 8А, 8В капсул 4А, 4В соответственно. Образцы 7 представляют собой сегмент, вырезанный из циркониевой твэльной оболочки.

Капсула 4С с индикатором нейтронно-активационным отличается от капсул 4А, 4В с образцами уменьшенной длиной оболочки. Капсула 4С с индикатором нейтронно-активационным снабжена верхней 5С и нижней 6С заглушками, выполненными с отверстиями для прохода газа, и индикатором нейтронно-активационным 9, помещенного внутрь капсулы. Верхняя 5С и нижняя 6С заглушки зафиксированы кернением в оболочке 8С капсулы 4С. Индикатор нейтронно-активационный 9 размещают в капсуле 4С с целью валидации расчетных данных и получения более точного значения при расчете флюенса, полученном во время облучения образцов 7.

Загрузку материаловедческой ампулы в оболочку 3 ампулы осуществляют в следующем порядке: сначала загружают капсулу 4 В с образцами, далее капсулу 4С с индикатором нейтронно-активационным, затем капсулу 4А с образцами и сверху устанавливают фиксатор 10. Таким образом, капсулу 4С с индикатором нейтронно-активационным размещают между двух капсул 4А, 4В с образцами с целью получения данных о среднем нейтронном потоке в материаловедческой ампуле.

Нижняя заглушка 6В капсулы 4В с образцами упирается в нижнюю заглушку 2 ампулы. Нижняя заглушка 6С капсулы 4С с индикатором нейтронно-активационным упирается в верхнюю заглушку 5В капсулы 4В с образцами. Нижняя заглушка 6А капсулы 4А с образцами упирается в верхнюю заглушку 5С капсулы 4С с индикатором нейтронно-активационным. Капсула 4А с образцами внутри оболочки 3 ампулы ограничена в осевом перемещении фиксатором 10.

После загрузки ампулы капсулами 4А, 4В, 4С и фиксатором 10 внутренний объем ампулы заполняют гелием, для предотвращения схлопывания оболочки под действием давления теплоносителя, проникающим внутрь капсул через отверстия в заглушках, с избыточным давлением и приваривают верхнюю заглушку 1 ампулы к оболочке 3 ампулы. Верхняя заглушка 1 ампулы выполнена с резьбовым наконечником и проточкой. Резьбовой наконечник привинчивается к штанге 11 кластера, а с помощью проточки обеспечивается фиксация кернением.

Материаловедческая ампула выполняется в герметичном исполнении. Все материалы, используемые при изготовлении ампулы из циркония.

Материаловедческая ампула работает следующим образом.

Материаловедческие ампулы используются в кластере по шесть штук. Каждая ампула через штангу 11 крепится к внутреннему ряду отверстий траверсы 12, стандартной конструкции используемой со стержнями выгорающего поглотителя. Кластер загружается в тепловыделяющую сборку и далее совместно эксплуатируется до выгрузки в течение от 1 до 6 лет. После выгрузки кластера материаловедческие ампулы отделяются от штанг 11 и разрезаются для извлечения образцов 7 и индикатора нейтронно-активационного 9 для их дальнейших исследований.

Данная материаловедческая ампула создается впервые для опытной эксплуатации в энергетическом реакторе (АЭС «Темелин»). Исследоваться будут шесть сплавов в различных состояниях термической обработки.

В таблице 1 представлены условия облучения материаловедческой ампулы в составе материаловедческой сборки в активной зоне реактора АЭС «Темелин».

Таблица 1		
Наименование		Значение
1	Давление теплоносителя на выходе из активной зоны, МПа:	
	- номинальное (абсолютное)	15,7 <sup>1*</sup>
2	Давление теплоносителя, избыточное, МПа:	
	- при гидравлических испытаниях	24,5 <sup>2*</sup>
3	- при проверках на плотность	17,6 <sup>3*</sup>
	3	Температура гидроиспытаний, °С
4	Температура оболочки МА при работе на мощности (номинальная), °С	≤350
5	Максимально допустимое время пребывания МА, в активной зоне, лет	6
6	Максимальный флюенс нейтронов с энергией нейтронов E>0.1 МэВ, см <sup>-2</sup>	≤4.5·10 <sup>235*</sup>
<sup>1*</sup> Допустимые пределы поддержания параметров активной зоны (с учетом погрешности измерения): - по тепловой мощности - не более ±4% от номинального значения; - по давлению теплоносителя первого контура - не более ±0,29 МПа;		

- по температуре теплоносителя на входе в активную зону - не более +2-5°C.

2\* Время выдержки при гидравлических испытаниях - не менее 10 мин (однократно, но не более 60 минут за весь срок эксплуатации каждой ТВСА-Т), после чего давление должно быть понижено до величины 19,6 МПа и проведен осмотр оборудования в доступных местах в течение времени, достаточного для осмотра.

3\* Проверка плотности проводится в течение не менее 1 ч, время выдержки оборудования под указанным давлением - в течение времени, достаточного для осмотра.

4\* Определяется требованиями к реактору.

5\* Флюенс, набираемый образцами за максимально допустимое время пребывания МА в активной зоне.

МА - Материаловедческая ампула

ТВСА-Т - Тепловыделяющая сборка для АЭС «Темелин»

10 Номенклатура образцов загружаемых в материаловедческую ампулу может включать в себя любой циркониевый сплав - конструкционный или для оболочек ТВЭЛОВ.

Каждый образец уникально отмаркирован для однозначного определения.

Маркировка выполнена в виде системы прорезей на гранях образцов.

15 Радиационный рост за шесть лет составит порядка одной сотой миллиметра, а наличие отложений или коррозионных продуктов на образцах недопустимо и не позволит однозначно оценить величину непосредственно радиационного распухания. Для устранения данного эффекта материаловедческая ампула выполнена в герметичном исполнении.

20 Конструкция материаловедческой ампулы не накладывает ограничений на тип циркониевого сплава образца, ограничивается только габаритный размер: ширина может быть не более 5 мм и длина не более 50 мм. Конструкция материаловедческой ампулы может быть адаптирована под образцы другой длины, ширина же ограничивается необходимостью обеспечения сохранения формы оболочки материаловедческой ампулы и капсулы при длительном облучении в энергетическом реакторе.

25 Использование материаловедческой ампулы позволит однозначно оценить величину непосредственного радиационного роста (вносит небольшие искажения в нейтронный поток), обеспечить сохранность образцов от влияния факторов коррозионного взаимодействия с теплоносителем и во время транспортно-технологических операций, гарантированно извлечь образцы в условиях горячей камеры, отказаться от

30 использования дополнительного сложного оборудования.

35 Таким образом, конструкция материаловедческой ампулы для облучения образцов позволяет получить данные о поведении новых оболочечных циркониевых материалов в условиях облучения и температуры в течении от одного года до шести лет в энергетическом (коммерческом) реакторе и данные о флюенсе для валидации кодов для нейтронно-физических расчетов.

### (57) Реферат

40 Полезная модель относится к атомной энергетике, в частности к облучению образцов в ядерном реакторе для их дальнейшего исследования, и может найти применение на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 для исследования радиационного роста циркониевых оболочек в условиях реакторного облучения и дальнейшей аналитической оценки полученных данных и валидации расчетных программных кодов. Техническим

45 результатом заявляемой полезной модели является обеспечение сохранности образцов от влияния факторов коррозионного взаимодействия с теплоносителем и во время транспортно-технологических операций, небольшие искажения нейтронного потока реактора, отсутствие использования дополнительного сложного оборудования при изготовлении материаловедческой ампулы. Материаловедческая ампула для облучения

образцов в ядерном реакторе содержит оболочку, приваренные к ней верхнюю заглушку, выполненную с резьбовым наконечником и проточкой, нижнюю заглушку с коническим наконечником и размещенные внутри оболочки две капсулы с образцами, одну капсулу с индикатором нейтронно-активационным и фиксатор. 4 з.п. ф-лы, 1 табл., 3 ил.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

## МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКАЯ АМПУЛА ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ



Реферат

Полезная модель относится к атомной энергетике, в частности к облучению образцов в ядерном реакторе для их дальнейшего исследования, и может найти применение на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 для исследования радиационного роста циркониевых оболочек в условиях реакторного облучения и дальнейшей аналитической оценки полученных данных и валидации расчетных программных кодов. Техническим результатом заявляемой полезной модели является обеспечение сохранности образцов от влияния факторов коррозионного взаимодействия с теплоносителем и во время транспортно-технологических операций, небольшие искажения нейтронного потока реактора, отсутствие использования дополнительного сложного оборудования при изготовлении материаловедческой ампулы. Материаловедческая ампула для облучения образцов в ядерном реакторе содержит оболочку, приваренные к ней верхнюю заглушку, выполненную с резьбовым наконечником и проточкой, нижнюю заглушку с коническим наконечником и размещенные внутри оболочки две капсулы с образцами, одну капсулу с индикатором нейтронно-активационным и фиксатор. 4 з.п. ф-лы, 1 табл., 3 ил.





## МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКАЯ АМПУЛА ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ

Полезная модель относится к атомной энергетике, в частности к облучению образцов в ядерном реакторе для их дальнейшего исследования, и может найти применение на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 для исследования радиационного роста циркониевых оболочек в условиях реакторного облучения и дальнейшей аналитической оценки полученных данных и валидации расчетных программных кодов.

Тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) являются ответственными и самыми напряженными конструкциями активной зоны современного ядерного энергетического реактора. Оболочка ТВЭЛА обеспечивает требуемую механическую прочность конструкции, а также являясь барьером безопасности, защищает теплоноситель от взаимодействия с ядерным топливом и продуктами деления. Выход ТВЭЛА из строя приводит к наиболее опасным последствиям – попаданию ядерного топлива и продуктов деления в контур теплоносителя. Помимо механического взаимодействия топлива, в результате которого в оболочке возникают окружные и осевые растягивающие напряжения, на оболочку одновременно воздействуют продукты деления и так же существует радиационный рост материала оболочки. Совместное взаимодействие этих факторов может привести к разрушению оболочки.

Одним из факторов, приводящих к накоплению повреждений и соответствующему снижению ресурсных характеристик ТВЭЛА, является радиационный рост оболочки и изменение её механических свойств.

Реакторное исследование образцов проводится с целью получения достоверных данных о накопленном повреждении циркониевых оболочек нейтронным потоком и радиационном росте.

Известно устройство для облучения образцов в ядерном реакторе [RU 9332 U1, кл. G21C 17/06, опубликовано 16.02.1999]. Устройство для облучения образцов в ядерном реакторе содержит цилиндрический корпус с выполненными в нем отверстиями, гильзу, установленную внутри корпуса с возможностью перемещения в осевом направлении, верхний и нижний узлы уплотнения отверстий корпуса и коллектора сепаратора, тростинки с ампулами, размещенные в сепараторе, регулятор расхода теплоносителя, привод. Нижний клапан выполнен в виде мембраны полого шарового слоя переменного сечения, меньшего на крыльях и увеличивающегося к центру, а привод выполняет два обратно противоположных поступательных принудительных движений и регулировку расхода теплоносителя.

Недостатками данного устройства являются: сложность конструкторского исполнения, вероятность отказа деталей устройства из-за большого количества сопрягаемых деталей, а также требование дополнительного контроля во время облучения и создания параметров облучения и течения теплоносителя отличных от внутриреакторных.

Известна ампула облучательного устройства ядерного реактора [RU 2342716 C1, кл. G21C 7/10, G21G 4/04, опубликовано 27.12.2008]. Ампула состоит из корпуса и двух приваренных к нему крышек. Ампула заполнена таблетками из кобальта-59 и проставками из циркониевого сплава в виде пружинящих колец. В гнездах крышки ампулы установлены пружины для прижатия проставки к таблеткам в направлении продольной оси ампулы. При облучении ампул нейтронами кобальт-59 в таблетках превращается в гамма-активный кобальт-60. После достижения необходимой гамма-активности ампулы извлекаются из облучательного устройства и передаются потребителю.

При облучении в данной ампуле имеются следующие недостатки: наличие дополнительного сложного оборудования для сборки и производства, отсутствие в штатных технологиях по сборке ампул приварки концевых элементов и газонаполнений.

Задачей полезной модели является создание материаловедческой ампулы для получения данных о поведении новых оболочечных циркониевых материалов в условиях облучения и температуры в течение от одного года до шести лет в энергетическом (коммерческом) реакторе.

Техническим результатом заявляемой полезной модели является обеспечение сохранности образцов от влияния факторов коррозионного взаимодействия с теплоносителем и во время транспортно-технологических операций, небольшие искажения нейтронного потока реактора, отсутствие использования дополнительного сложного оборудования при изготовлении материаловедческой ампулы.

Технический результат достигается тем, что материаловедческая ампула для облучения образцов в ядерном реакторе содержит оболочку, приваренные к оболочке верхнюю заглушку с резьбовым наконечником и проточкой, нижнюю заглушку с коническим наконечником, размещенные внутри оболочки две капсулы с образцами, одну капсулу с индикатором нейтронно-активационным и фиксатором.

Капсула с индикатором нейтронно-активационным размещена между двух капсул с образцами.

Образцы представляют собой сегмент циркониевой твэльной оболочки.

Капсулы с образцами снабжены образцами, помещенными внутрь капсул, верхними и нижними заглушками, выполненными с отверстиями, причем нижние и верхние заглушки капсул зафиксированы кернением в оболочках капсул.

Капсула с индикатором нейтронно-активационным снабжена индикатором нейтронно-активационным, помещенным внутрь капсулы, и верхней и нижней заглушками, выполненными с отверстиями, причем нижняя и верхняя заглушки капсулы зафиксированы кернением в оболочке капсулы.

На фиг. 1 изображена материаловедческая ампула для облучения образцов.

На фиг. 2 изображено сечение А – А.

На фиг. 3 изображена схематичная компоновка кластера материаловедческих ампул.

Материаловедческая ампула для облучения образцов содержит верхнюю 1 и нижнюю 2 заглушки ампулы, оболочку 3 ампулы, и размещенные внутри ампулы две капсулы 4А, 4В с образцами и одну капсулу 4С с индикатором нейтронно-активационным.

Материаловедческая ампула снизу закрыта нижней заглушкой 2, которая приварена к оболочке 3 ампулы. Нижняя заглушка 2 ампулы имеет конический наконечник для уменьшения сопротивления потоку теплоносителя в направляющем канале и для центрирования при загрузке кластера.

Обе капсулы 4А, 4В с образцами одинаковой конструкции и снабжены верхними 5А, 5В и нижними 6А, 6В заглушками, выполненными с отверстиями для прохода газа, и образцами 7, помещенными внутрь капсул. Верхние 5А, 5В и нижние 6А, 6В заглушки зафиксированы кернением в оболочках 8А, 8В капсул 4А, 4В соответственно. Образцы 7 представляют собой сегмент, вырезанный из циркониевой твэльной оболочке.

Капсула 4С с индикатором нейтронно-активационным отличается от капсул 4А, 4В с образцами уменьшенной длиной оболочки. Капсула 4С с индикатором нейтронно-активационным снабжена верхней 5С и нижней 6С заглушками, выполненными с отверстиями для прохода газа, и индикатором нейтронно-активационным 9, помещенного внутрь капсулы. Верхняя 5С и нижняя 6С заглушки зафиксированы кернением в оболочке 8С капсулы 4С. Индикатор нейтронно-активационный 9 размещают в капсуле 4С с целью валидации расчетных данных и получения более точного значения при расчете флюенса, полученном во время облучения образцов 7.

Загрузку материаловедческой ампулы в оболочку 3 ампулы осуществляют в следующем порядке: сначала загружают капсулу 4В с образцами, далее капсулу 4С с индикатором нейтронно-активационным, затем капсулу 4А с образцами и сверху устанавливают фиксатор 10. Таким образом, капсулу 4С с индикатором нейтронно-

активационным размещают между двух капсул 4А, 4В с образцами с целью получения данных о среднем нейтронном потоке в материаловедческой ампуле.

Нижняя заглушка 6В капсулы 4В с образцами упирается в нижнюю заглушку 2 ампулы. Нижняя заглушка 6С капсулы 4С с индикатором нейтронно-активационным упирается в верхнюю заглушку 5В капсулы 4В с образцами. Нижняя заглушка 6А капсулы 4А с образцами упирается в верхнюю заглушку 5С капсулы 4С с индикатором нейтронно-активационным. Капсула 4А с образцами внутри оболочки 3 ампулы ограничена в осевом перемещении фиксатором 10.

После загрузки ампулы капсулами 4А, 4В, 4С и фиксатором 10 внутренний объем ампулы заполняют гелием, для предотвращения схлопывания оболочки под действием давления теплоносителя, проникающим внутрь капсул через отверстия в заглушках, с избыточным давлением и приваривают верхнюю заглушку 1 ампулы к оболочке 3 ампулы. Верхняя заглушка 1 ампулы выполнена с резьбовым наконечником и проточкой. Резьбовой наконечник привинчивается к штанге 11 кластера, а с помощью проточки обеспечивается фиксация кернением.

Материаловедческая ампула выполняется в герметичном исполнении. Все материалы, используемые при изготовлении ампулы из циркония.

Материаловедческая ампула работает следующим образом.

Материаловедческие ампулы используются в кластере по шесть штук. Каждая ампула через штангу 11 крепится к внутреннему ряду отверстий траверсы 12, стандартной конструкции используемой со стержнями выгорающего поглотителя. Кластер загружается в тепловыделяющую сборку и далее совместно эксплуатируется до выгрузки в течение от 1 до 6 лет. После выгрузки кластера материаловедческие ампулы отделяются от штанг 11 и разрезаются для извлечения образцов 7 и индикатора нейтронно-активационного 9 для их дальнейших исследований.

Данная материаловедческая ампула создается впервые для опытной эксплуатации в энергетическом реакторе (АЭС «Темелин»). Исследоваться будут шесть сплавов в различных состояниях термической обработки.

В таблице 1 представлены условия облучения материаловедческой ампулы в составе материаловедческой сборки в активной зоне реактора АЭС «Темелин».

Таблица 1

	Наименование	Значение
1	Давление теплоносителя на выходе из активной зоны, МПа: - номинальное (абсолютное) - расчетное (абсолютное)	15,7 <sup>1*</sup> 17,6
2	Давление теплоносителя, избыточное, МПа: - при гидравлических испытаниях - при проверках на плотность	24,5 <sup>2*</sup> 17,6 <sup>3*</sup>
3	Температура гидроиспытаний, °С	85-130 <sup>4*</sup>
4	Температура оболочки МА при работе на мощности (номинальная), °С	≤350
5	Максимально допустимое время пребывания МА, в активной зоне, лет	6
6	Максимальный флюенс нейтронов с энергией нейтронов E>0.1 МэВ, см <sup>-2</sup>	≤4.5·10 <sup>23 5*</sup>
<p><sup>1*</sup> Допустимые пределы поддержания параметров активной зоны (с учетом погрешности измерения):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по тепловой мощности – не более ±4 % от номинального значения;</li> <li>- по давлению теплоносителя первого контура – не более ±0,29 МПа;</li> <li>- по температуре теплоносителя на входе в активную зону – не более +2-5 °С.</li> </ul> <p><sup>2*</sup> Время выдержки при гидравлических испытаниях – не менее 10 мин (однократно, но не более 60 минут за весь срок эксплуатации каждой ТВСА-Т), после чего давление должно быть понижено до величины 19,6 МПа и проведен осмотр оборудования в доступных местах в течение времени, достаточного для осмотра.</p> <p><sup>3*</sup> Проверка плотности проводится в течение не менее 1 ч, время выдержки оборудования под указанным давлением - в течение времени, достаточного для осмотра.</p> <p><sup>4*</sup> Определяется требованиями к реактору.</p> <p><sup>5*</sup> Флюенс, набираемый образцами за максимально допустимое время пребывания МА в активной зоне.</p> <p>МА - Материаловедческая ампула            ТВСА-Т – Тепловыделяющая сборка для АЭС «Темелин»</p>		

Номенклатура образцов загружаемых в материаловедческую ампулу может включать в себя любой циркониевый сплав - конструкционный или для оболочек твэлов.

Каждый образец уникально отмаркирован для однозначного определения. Маркировка выполнена в виде системы прорезей на гранях образцов.

Радиационный рост за шесть лет составит порядка одной сотой миллиметра, а наличие отложений или коррозионных продуктов на образцах недопустимо и не позволит однозначно оценить величину непосредственно радиационного распухания. Для устранения данного эффекта материаловедческая ампула выполнена в герметичном исполнении.

Конструкция материаловедческой ампулы не накладывает ограничений на тип циркониевого сплава образца, ограничивается только габаритный размер: ширина может быть не более 5 мм и длина не более 50 мм. Конструкция материаловедческой ампулы может быть адаптирована под образцы другой длины, ширина же ограничивается необходимостью обеспечения сохранения формы оболочки материаловедческой ампулы и капсулы при длительном облучении в энергетическом реакторе.

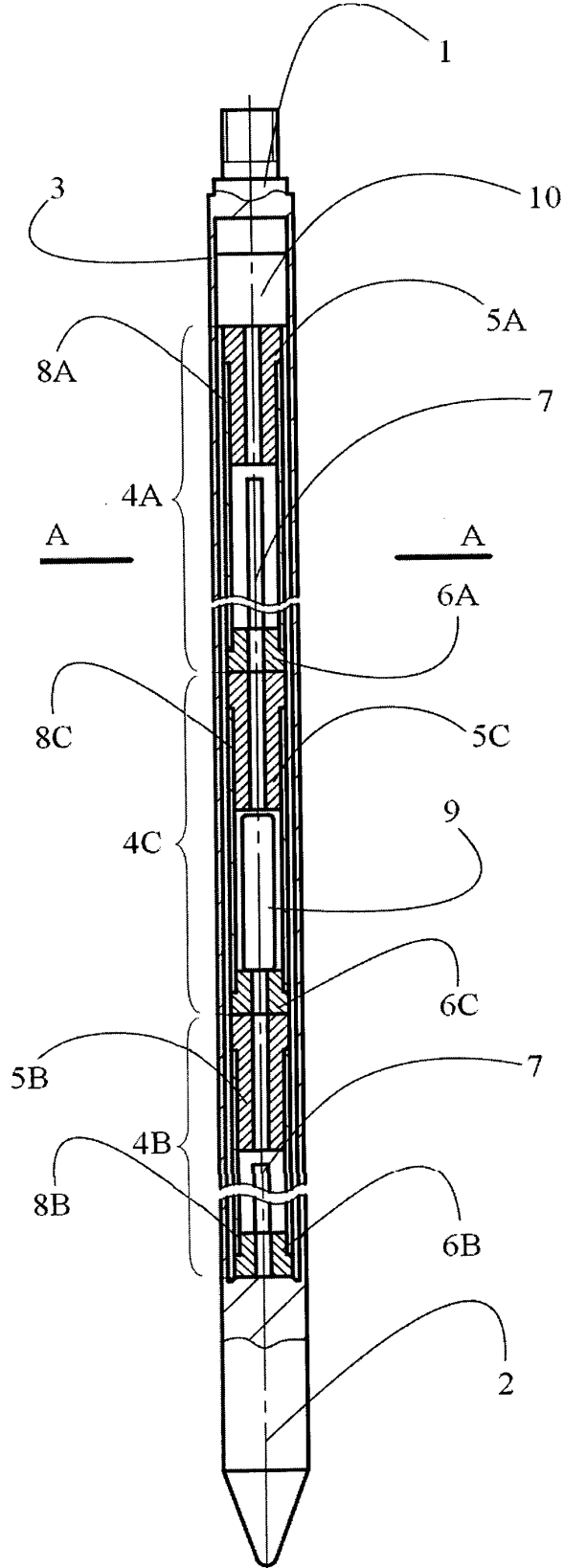
Использование материаловедческой ампулы позволит однозначно оценить величину непосредственного радиационного роста (вносит небольшие искажения в нейтронный поток), обеспечить сохранность образцов от влияния факторов коррозионного взаимодействия с теплоносителем и во время транспортно-технологических операций, гарантированно извлечь образцы в условиях горячей камеры, отказаться от использования дополнительного сложного оборудования.

Таким образом, конструкция материаловедческой ампулы для облучения образцов позволяет получить данные о поведении новых оболочечных циркониевых материалов в условиях облучения и температуры в течении от одного года до шести лет в энергетическом (коммерческом) реакторе и данные о флюенсе для валидации кодов для нейтронно-физических расчетов.

PP



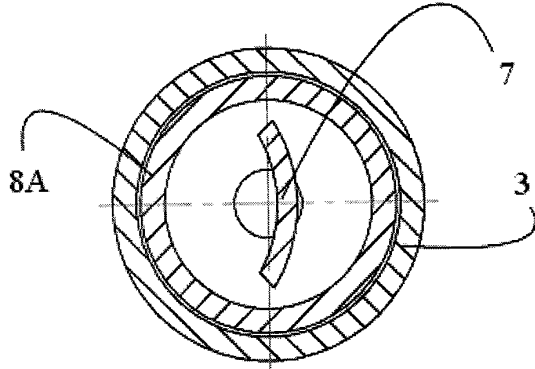
МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКАЯ АМПУЛА ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ



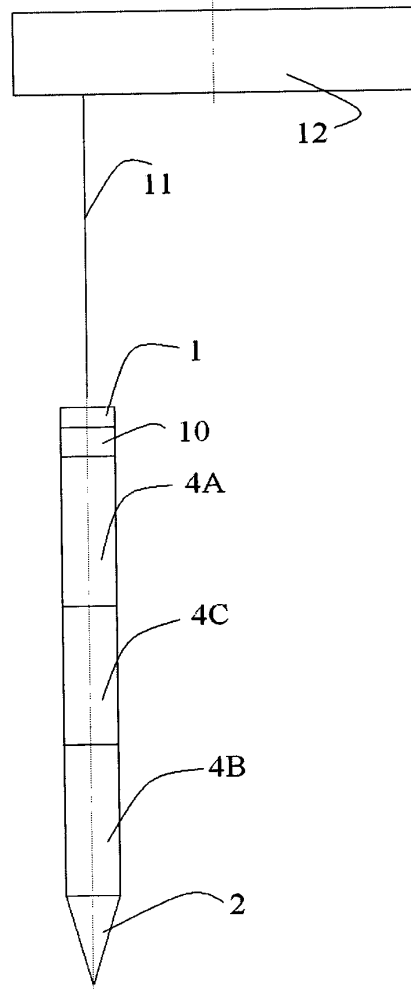
Фиг. 1

**МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКАЯ АМПУЛА ДЛЯ  
ОБЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ**

A - A



Фиг. 2



Фиг. 3