

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201992738 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.09.16

(51) Int. Cl. G21C 9/016 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.12.28

(54) УСТРОЙСТВО ЛОКАЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА АКТИВНОЙ ЗОНЫ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

(31) 2018133761

(32) 2018.09.25

(33) RU

(86) PCT/RU2018/000898

(87) WO 2020/067919 2020.04.02

(71) Заявитель:

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ";
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"НАУКА И ИННОВАЦИИ" (АО
"НАУКА И ИННОВАЦИИ") (RU)

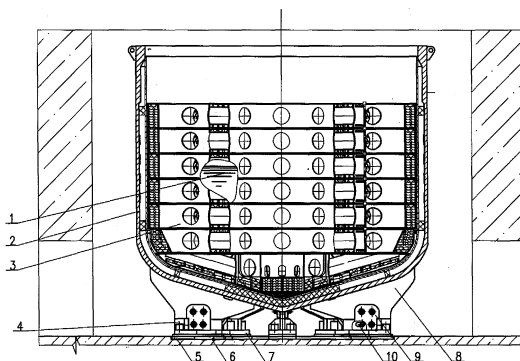
(72) Изобретатель:

Сидоров Александр Стальевич,
Дзбановская Татьяна Ярополковна,
Рощин Михаил Александрович (RU)

(74) Представитель:

Черных И.В. (RU)

(57) Изобретение относится к области атомной энергетики, в частности к системам, обеспечивающим безопасность атомных электростанций (АЭС), и может быть использовано при тяжёлых авариях, приводящих к расплавлению активной зоны, разрушению корпуса ядерного реактора и выходу расплава в пространство герметичной оболочки АЭС. Технический результат заявленного изобретения заключается в повышении надежности устройства локализации расплава активной зоны ядерного реактора. Технический результат достигается за счет применения в составе устройства локализации расплава активной зоны ядерного реактора нижней опоры, состоящей из радиальных опор горизонтальной закладной плиты, и радиальных опор, установленных в нижней части корпуса ловушки расплава, соединённых друг с другом посредством фиксаторов, при этом радиальные опоры и фиксаторы имеют отверстия овальной формы.



A1

201992738

201992738

A1

Устройство локализации расплава активной зоны ядерного реактора

Изобретение относится к области атомной энергетики, в частности, к системам, обеспечивающим безопасность атомных электростанций (АЭС), и может быть использовано при тяжёлых авариях, приводящих к расплавлению активной зоны, разрушению корпуса ядерного реактора и выходу расплава в пространство герметичной оболочки АЭС.

Наибольшую радиационную опасность представляют аварии с расплавлением активной зоны, которые могут происходить при различных сочетаниях отказов (разрушений элементов оборудования) активных и пассивных систем безопасности и систем нормальной эксплуатации, или в условиях полного обесточивания АЭС и невозможности подать электропитание в установленный проектом АЭС промежуток времени для обеспечения аварийного охлаждения активной зоны.

При таких авариях расплав активной зоны – кориум, расплавляя внутриреакторные конструкции и корпус реактора, вытекает за его пределы и вследствие сохраняющегося в нем остаточного тепловыделения может нарушить целостность герметичной оболочки АЭС – последнего барьера на пути выхода радиоактивных продуктов в окружающую среду.

Для исключения этого необходимо локализовать кориум, вытекший из корпуса реактора, и обеспечить его непрерывное охлаждение, вплоть до полной кристаллизации всех компонентов кориума. Эту функцию выполняет система локализации и охлаждения расплава активной зоны ядерного реактора, которая предотвращает повреждения герметичной оболочки АЭС и, тем самым, защищает население и окружающую среду от радиационного воздействия при тяжелых авариях ядерных реакторов.

Известно устройство [1] локализации расплава активной зоны ядерного реактора, содержащее ловушку расплава, установленную под днищем корпуса реактора и снабженную охлаждаемой оболочкой в виде

многослойного сосуда, наполнитель для разбавления расплава, размещенный в упомянутом многослойном сосуде, нижнюю опору, состоящую из горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты, установленной под многослойным сосудом в бетоне шахты реактора, вертикальной цилиндрической трубы, соединяющей ловушку расплава с закладной плитой посредством фиксаторов, и крепёжных изделий.

Недостатками данного устройства является то, что при движении расплава в ловушке не обеспечиваются свободные температурные радиальные расширения её днища, а также сохранение целостности днища ловушки расплава и закладной плиты в полу шахты реактора при аксиальных термических расширениях днища ловушки расплава и при ударах, что обусловлено конструктивными особенностями крепления ловушки расплава с помощью вертикальной цилиндрической трубы к нижней опоре.

А именно, при попадании расплава на днище ловушки расплава, внутренняя поверхность ловушки расплава нагревается до температуры близкой к температуре плавления стали, что составляет порядка полутора тысяч градусов Цельсия. И хотя толщина днища ловушки расплава выполнена не менее чем на 30% толще её боковых стенок, это всё равно приводит к возникновению критических термических напряжений между днищем ловушки расплава, расширяющимся в радиальном направлении, и относительно холодной вертикальной цилиндрической трубой, расширение которой в радиальном направлении происходит только под действием механического нагружения со стороны днища ловушки расплава. Вертикальная цилиндрическая труба начинает неравномерно деформироваться, как в азимутальном, так и в радиальном направлениях, что в результате приводит к возникновению в ней трещин с последующим разрушением. Разрушение вертикальной цилиндрической трубы приводит к прекращению проектного функционирования ловушки расплава.

Технический результат заявленного изобретения заключается в повышении надежности устройства локализации расплава активной зоны ядерного реактора.

Задачи, на решения которых направлено заявленное изобретение, заключаются в устранении вышеуказанных недостатков.

Поставленные задачи решаются за счёт того, что в устройстве локализации расплава активной зоны ядерного реактора, содержащем ловушку расплава, установленную под днищем корпуса реактора, и снабженную охлаждаемой оболочкой в виде многослойного сосуда, наполнитель для разбавления расплава, размещенный в упомянутом многослойном сосуда, нижнюю опору, состоящую из горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты, установленной под многослойным сосудом в бетоне шахты реактора, согласно изобретению, горизонтальная секционная, сплошная или разделённая, закладная плита содержит радиальные опоры, ловушка расплава также содержит радиальные опоры, опирающиеся на радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты, радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты и радиальные опоры ловушки расплава соединены посредством фиксаторов, при этом радиальные опоры и фиксаторы имеют отверстия овальной формы.

Отличительным признаком заявленного изобретения является нижняя опора, состоящая из горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты, имеющей радиальные опоры, и радиальных опор, установленных в нижней части ловушки расплава, при этом радиальные опоры закладной плиты и ловушки расплава соединены посредством фиксаторов. Радиальные опоры закладной плиты, ловушки расплава, а также фиксаторы имеют отверстия овальной формы.

Это позволяет, при нагревании днища ловушки расплава и его радиальных опор, обеспечить свободные радиальные термические расширения днища ловушки расплава совместно с его радиальными опорами

за счёт проскальзывания радиальных опор ловушки расплава вдоль радиальных опор закладной плиты, при этом сохраняя прочную механическую азимутальную и аксиальную связи между радиальными опорами нижней закладной плиты и ловушки расплава за счёт изменения положения фиксаторов в овальных отверстиях радиальных опор закладной плиты и ловушки расплава (за счёт изменения положения люфтовых зон в овальных отверстиях). При этом исключается риск формоизменения ловушки расплава и нижней закладной плиты с потерей их работоспособности и риск образования трещин в днище ловушки расплава и в полу шахты реактора, при которых возможно разрушение ловушки расплава.

При аксиальных термических и механических деформациях ловушки расплава и в случае удара сохранение целостности днища и закладной плиты в полу шахты реактора достигается за счет перераспределения нагрузки между всеми радиальными опорами ловушки расплава и нижней закладной плиты. В этом случае часть радиальных опор будет работать на скольжение и растяжение, а часть - на сжатие и срез. В случае воздействия ударной нагрузки на ловушку расплава возникают колебания её днища, при которых все радиальные опоры и фиксаторы работают попеременно на растяжение и сжатие в зоне действия упругих деформаций, вплоть до затухания колебательного процесса.

На фиг.1 изображено устройство локализации расплава активной зоны ядерного реактора, выполненное в соответствии с заявленным изобретением.

Заявленное изобретение работает следующим образом.

На фиг.1 изображено устройство локализации расплава (1) активной зоны ядерного реактора, которое содержит ловушку (2) расплава (1), установленную под днищем корпуса реактора и снабженную охлаждаемой оболочкой в виде многослойного сосуда, наполнитель (3) для разбавления расплава (1), размещенный в упомянутом многослойном сосуда, нижнюю опору (4), состоящую из горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты (5), установленной под многослойным

сосудом в бетоне шахты (6) реактора, имеющей радиальные опоры (7). С внешней стороны нижней части ловушки (2) расплава (1) выполнены радиальные опоры (8), опирающиеся на радиальные опоры (7) горизонтальной закладной плиты (5). Радиальные опоры (7) горизонтальной закладной плиты (5) и радиальные опоры (8) ловушки (2) расплава (1) соединены посредством фиксаторов (9), при этом каждая из радиальных опор (8) ловушки (2) расплава (1) и горизонтальной закладной плиты (5), а также фиксатор (9) имеет отверстия (10) овальной формы.

В момент разрушения корпуса реактора расплав (1) активной зоны под действием гидростатического и избыточного давлений начинает поступать в ловушку (2) и входит контакт с наполнителем (3).

Расплав (1), главным образом, скапливается в центральной части днища ловушки (2) расплава (1). Температура расплава составляет порядка 2500 °С, что приводит к расширению как ловушки (2) расплава (1), так и радиальных опор (7), (8). Тем не менее, наличие радиальных опор (8) в нижней части ловушки (2) расплава (1) и радиальных опор (7) у горизонтальной закладной плиты (5), соединенных друг с другом посредством фиксаторов (9) с отверстиями (10) овальной формы, позволяет сохранить целостность днища ловушки расплава, горизонтальной закладной плиты (5) в полу шахты (6) реактора при неравномерных аксиальных термических расширениях ловушки расплава за счёт обеспечения скольжения фиксаторов (9) в овальных отверстиях (10) радиальных опор в аксиальной (вертикальной) плоскости, что обеспечивается небольшим механическим аксиальным люфтом фиксаторов (9), расположенных в овальных отверстиях (10).

При неосесимметричном залповом поступлении расплава (1), например, 60 тонн перегретой стали в течение 30 с, основная ударная и термическая нагрузки приходится на боковую внутреннюю стенку ловушки (2) расплава (1).

В этом случае сначала за счёт упругих деформаций днища ловушки расплава происходит перераспределение нагрузки между радиальными опорами (7) нижней закладной плиты и радиальными опорами (8) ловушки расплава. Часть ударного механического воздействия поглощается упругими колебаниями днища ловушки расплава, часть поглощается упругими колебаниями радиальных опор (7), (8), а часть гасится креплениями ловушки расплава к нижней опоре за счёт расположения креплений в овальных отверстиях (10) радиальных опор (7), (8) и конструктивных люфтов креплений в этих опорах.

Затем последующий нагрев днища ловушки (2) расплава (1) сопровождается его радиальным и аксиальным расширением, при котором радиальные опоры (8) ловушки расплава не оказывают механического сопротивления её расширению в радиальном направлении и увеличению её азимутальных размеров. Изменение положения радиальных опор (8) ловушки (2) обеспечивается за счёт проскальзывания по радиальным опорам (7) горизонтальной закладной плиты (6), установленной в полу шахты реактора. Это позволяет обеспечить разгрузку ловушки расплава от дополнительных термических и механических нагружений, вызываемых механическими и термическими воздействиями расплава активной зоны на ловушку расплава.

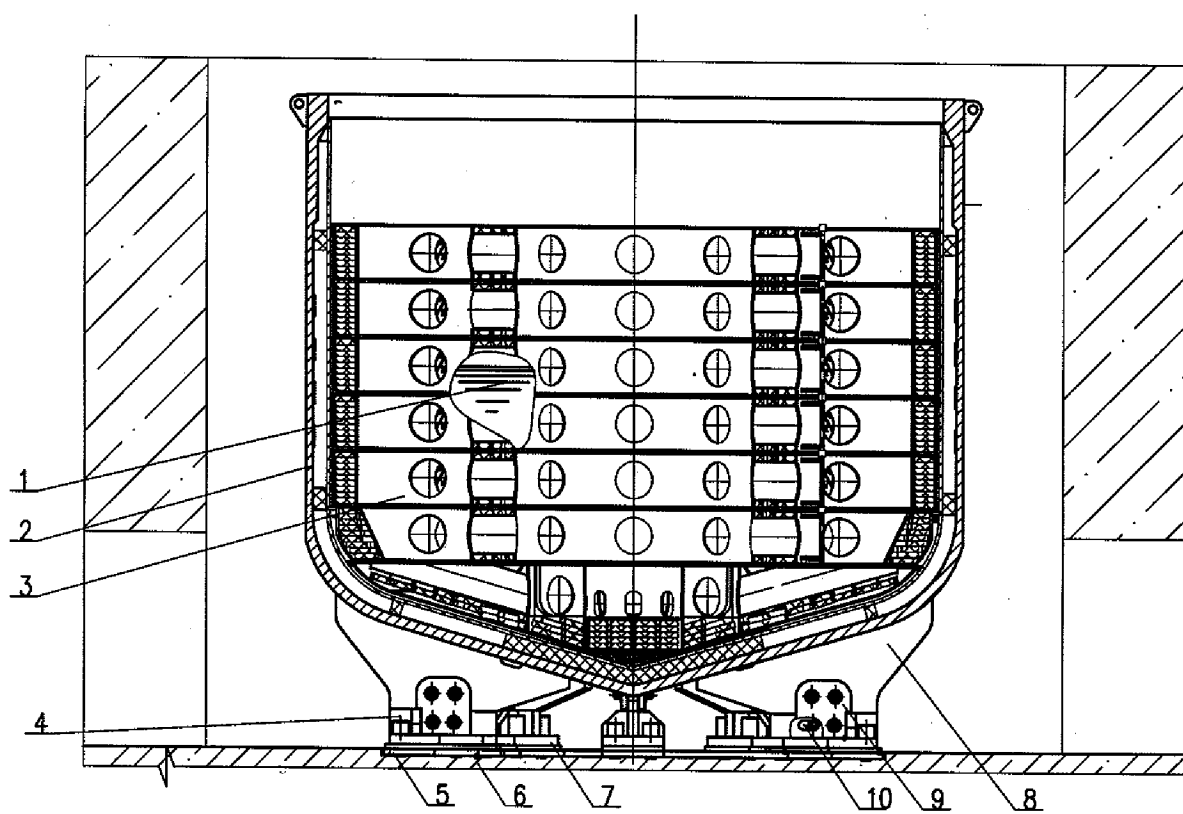
Применение нижней опоры позволило повысить надежность устройства локализации расплава активной зоны ядерного реактора за счет обеспечения свободных радиальных термических расширений днища ловушки расплава.

Источники информации:

1. Патент РФ № 2398294, МПК G21C 9/00, приоритет от 15.04.2009 г.

Формула изобретения

1. Устройство локализации расплава активной зоны ядерного реактора, содержащее ловушку расплава, установленную под днищем корпуса реактора, и снабженную охлаждаемой оболочкой в виде многослойного сосуда, наполнитель для разбавления расплава, размещенный в упомянутом многослойном сосуда, нижнюю опору, состоящую из горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты, установленной под многослойным сосудом в бетоне шахты реактора, отличающееся тем, что горизонтальная секционная, сплошная или разделённая, закладная плита содержит радиальные опоры, ловушка расплава также содержит радиальные опоры, опирающиеся на радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты, радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделённой, закладной плиты и радиальные опоры ловушки расплава соединены посредством фиксаторов, при этом радиальные опоры и фиксаторы имеют отверстия овальной формы.



Фиг.1