

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043199**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.28

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

(21) Номер заявки
202092920

(22) Дата подачи заявки
2018.12.28

(54) УСТРОЙСТВО ЛОКАЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА АКТИВНОЙ ЗОНЫ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

(31) 2018133765

(32) 2018.09.25

(33) RU

(43) 2021.06.22

(86) PCT/RU2018/000900

(87) WO 2020/067920 2020.04.02

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ";
ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
НАУЧНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ "НАУКА**

**И ИННОВАЦИИ" (ЧАСТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "НАУКА И
ИННОВАЦИИ") (RU)**

(72) Изобретатель:
**Сидоров Александр Стальевич,
Дзбановская Татьяна Ярополковна,
Роцин Михаил Александрович (RU)**

(74) Представитель:
Снегов К.Г. (RU)

(56) RU-C1-2398294
JP-A-2010271261

(57) Изобретение относится к области атомной энергетики, в частности к системам, обеспечивающим безопасность атомных электростанций (АЭС), и может быть использовано при тяжелых 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 для локализации активной зоны ядерного реактора. Задачами, на решение которых направлено заявленное изобретение, являются устранение опрокидывания ловушки расплава устройства для локализации расплава активной зоны ядерного реактора при воздействии неосесимметричных ударных нагрузок и выхода расплава за пределы корпуса. Поставленные задачи решаются за счет 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 корпуса, наполнитель для разбавления расплава, размещенный в упомянутом многослойном корпусе, верхнюю опору, нижнюю опору, состоящую из горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты, установленной под многослойным корпусом в бетоне шахты реактора, согласно изобретению, горизонтальная секционная, сплошная или разделенная, закладная плита содержит радиальные опоры, ловушка расплава содержит радиальные опоры, опирающиеся на радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты, радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты и радиальные опоры корпуса ловушки расплава соединены посредством фиксаторов, при этом радиальные опоры и фиксаторы имеют отверстия овальной формы, верхняя опора содержит талрепы, установленные парами на верхней части корпуса ловушки расплава таким образом, что продольная ось каждой радиальной опоры нижней опоры ловушки расплава проходит в проекции на равноудаленном расстоянии от мест крепления парных талрепов, установленных касательно к корпусу ловушки расплава и соединяющих корпус ловушки расплава с вертикальной стеной шахты реактора, при этом крепления имеют отверстия, выполненные в виде гиперболических поверхностей.

B1**043199****043199****B1**

Изобретение относится к области атомной энергетики, в частности, к системам, обеспечивающим безопасность атомных электростанций (АЭС), и может быть использовано при тяжелых 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 сосуда, нижнюю опору, состоящую из горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты, установленной под многослойным сосудом в бетоне шахты реактора, вертикальной цилиндрической трубы, соединяющей корпус ловушки расплава с закладной плитой посредством фиксаторов, и крепежных изделий.

Недостатком данного устройства является низкая надежность, обусловленная тем, что при залповом неосесимметричном поступлении расплава в корпус ловушки расплава, ловушка расплава может сместиться под действием ударных нагрузок и опрокинуться на вертикальную стену шахты реактора, что приведет к выходу расплава за пределы ловушки расплава.

Известна система [2] локализации расплава, установленная в шахте реактора, состоящей из опорной поверхности и боковых стен, содержащая сосуд для расплава, верхние опоры, установленные на выступах боковых стен шахты реактора.

Недостатком данной системы является низкая надежность, обусловленная тем, что при залповом поступлении расплава в корпус ловушки расплава верхние опоры деформируются, что приводит к падению ловушки расплава на нижнюю поверхность шахты реактора и ее опрокидыванию на вертикальную стену шахты реактора, что приведет к выходу расплава за пределы ловушки расплава.

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

Задачами, на решение которых направлено заявленное изобретение, являются устранение опрокидывания ловушки расплава устройства для локализации расплава активной зоны ядерного реактора при воздействии неосесимметричных ударных нагрузок и выхода расплава за пределы корпуса.

Поставленные задачи решаются за счет 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 корпуса, наполнитель для разбавления расплава, размещенный в упомянутом многослойном корпусе, верхнюю опору, нижнюю опору, состоящую из горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты, установленной под многослойным корпусом в бетоне шахты реактора, согласно изобретению, горизонтальная секционная, сплошная или разделенная, закладная плита содержит радиальные опоры, ловушка расплава содержит радиальные опоры, опирающиеся на радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты, радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты и радиальные опоры корпуса ловушки расплава соединены посредством фиксаторов, при этом радиальные опоры и фиксаторы имеют отверстия овальной формы, верхняя опора содержит талрепы, установленные парами на верхней части корпуса ловушки расплава таким образом, что продольная ось каждой радиальной опоры нижней опоры ловушки расплава проходит в проекции на равноудаленном расстоянии от мест крепления парных талрепов, установленных касательно к корпусу ловушки расплава, и соединяющих корпус ловушки расплава с вертикальной стеной шахты реактора, при этом крепления имеют отверстия, выполненные в виде гиперболических поверхностей.

Одним отличительным признаком заявленного изобретения является верхняя опора, которая состоит из парных талрепов, которые расположены на внешнем корпусе ловушки расплава таким образом, что продольная ось радиальной опоры проходит в проекции на равноудаленном расстоянии от мест крепления талрепов.

Еще одним отличительным признаком является то, что талрепы установлены касательно к корпусу

ловушки расплава.

Еще одним отличительным признаком заявленного изобретения являются крепления, имеющие отверстия, выполненные в виде гиперболических поверхностей.

Такое расположение талрепов обеспечивает следующее.

Свободные тепловые радиальные расширения корпуса ловушки расплава в плоскости расположения талрепов (в горизонтальной плоскости) за счет касательного раскрепления талрепов в проушинах корпуса ловушки расплава, при котором любые радиальные расширения корпуса ловушки расплава приводят только к изменению плоского угла касательного положения талрепа относительно образующей корпуса ловушки расплава. При этом исключается риск формоизменения талрепов с потерей их работоспособности и риск образования трещин или разрушения корпуса ловушки расплава.

Непревышение действия радиальных вырывающих сил на закладные детали в бетонной шахте реактора (контролируемое нагружение) за счет распределения ударной радиальной нагрузки между всеми талрепами. В этом случае часть талрепов будет работать на сжатие, часть на растяжение в плоскости расположения талрепов. При этом горизонтальная ударная нагрузка приводит к возникновению плоских колебаний фланца корпуса ловушки расплава, при которых все талрепы работают попеременно на растяжение и сжатие в зоне действия упругих деформаций талрепов, вплоть до затухания плоских колебаний.

Уменьшение неосесимметричного воздействия на нижнюю опору корпуса ловушки расплава при неосесимметричном аксиальном (вертикальном) ударном нагружении корпуса в зоне фланца за счет распределения ударной аксиальной нагрузки между всеми талрепами. В этом случае те талрепы, в зоне которых проявилось действие неосесимметричной аксиальной ударной нагрузки, не оказывают механического сопротивления формоизменению фланца корпуса ловушки расплава. При этом фланец корпуса ловушки расплава, в зоне расположения которого проявилось аксиальное ударное воздействие, перераспределяет ударную нагрузку вдоль своего периметра, расщепляя аксиальное ударное воздействие на две дополнительные составляющие с образованием как азимутальных (вдоль периметра корпуса), так и радиальных (плоских) колебаний. Часть ударного воздействия в виде аксиальных упругих колебаний корпуса ловушки расплава не влияет на талрепы, азимутальные колебания гасятся упругими деформациями талрепов, а радиальные колебания, распространяющиеся в плоскости расположения талрепов, попеременно гасятся ими, как при гашении ударной радиальной нагрузки.

Непревышение действия азимутальных вырывающих сил на закладные детали в бетонной шахте реактора при сейсмических воздействиях на корпус ловушки расплава (гашение крутильных колебаний фланца корпуса) за счет попеременной работы талрепов на растяжение и сжатие при воздействии плоских крутильных колебаний со стороны фланца корпуса ловушки расплава. Гашение колебаний обеспечивается поглощением энергии упругих деформаций талрепов, вплоть до затухания крутильных колебаний;

Сохранение целостности фланца корпуса ловушки расплава, закладных деталей шахты реактора и опоры верхней при аксиальных термических расширениях корпуса ловушки расплава за счет обеспечения проворачиваемости вилки талрепов в аксиальной (вертикальной) плоскости, что обеспечивается исполнением гиперболической поверхности отверстий крепления талрепов в вилках корпуса ловушки расплава и в вилках вертикальных закладных плит, установленных в шахте реактора. Исполнение гиперболической поверхности отверстий в креплениях может быть выполнено как на корпусе ловушки расплава, так и на закладных плитах.

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 (1) локализации расплава активной зоны ядерного реактора, содержащее ловушку (2) расплава (3), установленную под днищем корпуса (18) реактора и снабженную охлаждаемой оболочкой в виде многослойного корпуса, наполнитель (4) для разбавления расплава (3), размещенный в упомянутом многослойном корпусе, нижнюю опору (5), состоящую из радиальных опор (6), расположенных с внешней стороны в нижней части корпуса (7) ловушки (2) расплава (3), и опирающихся на радиальные опоры (8) горизонтальной закладной плиты (9), соединенные с ними посредством фиксаторов (10), верхнюю опору (11), содержащую талрепы (12), установленные парами на верхней части корпуса (7) ловушки (2) расплава (3) таким образом, что продольная ось каждой радиальной опоры (6) нижней опоры (5) корпуса (7) ловушки (2) расплава (3) проходит в проекции на равноудаленном расстоянии от мест (13) крепления парных талрепов (12), установленных касательно к корпусу (7), и соединяющих корпус (7) ловушки (2) расплава (3) с вертикальной стеной (14) шахты реактора.

Как показано на фиг. 3 и фиг. 4, тяги (15) талрепов (12) имеют отверстия (16), выполненные в виде гиперболических поверхностей, в которые установлены оси (19) креплений (20) опоры верхней (11). При изменении положения тяг (15) талрепов (12), соединяющих корпус (7) с местами креплений (13) парных талрепов (12), тяги (15) поворачиваются в аксиальной плоскости, проходящей через ось каждого талрепа (12).

В момент разрушения корпуса реактора расплав (2) активной зоны под действием гидростатического и избыточного давлений начинает поступать в двойной корпус (7) ловушки расплава и входит контакт с наполнителем (4).

При неосесимметричном залповом поступлении расплава (2), например, 60 тонн перегретой стали в

течение 30 с, основная ударная нагрузка приходится на боковую внутреннюю стенку корпуса (7) ловушки (2) расплава (3).

Как показано на фиг. 2, в этом случае те талрепы (12а), в зоне которых проявилось действие неосесимметричной аксиальной ударной нагрузки, не оказывают механического сопротивления формоизменению фланца (17) корпуса (7). При этом фланец (17) корпуса (7), в зоне расположения которого проявилось аксиальное ударное воздействие, перераспределяет ударную нагрузку вдоль своего периметра, расщепляя аксиальное ударное воздействие на две дополнительные составляющие с образованием как азимутальных (вдоль периметра корпуса (7)), так и радиальных (плоских) колебаний. Часть ударного воздействия в виде аксиальных упругих колебаний корпуса (7) не влияет на талрепы (12а), азимутальные колебания гасятся упругими деформациями талрепов (12б), а радиальные колебания, в плоскости расположения талрепов (12а), попеременно гасятся ими, как при гашении ударной радиальной нагрузки.

Ударная радиальная нагрузка гасится следующим образом. Часть талрепов (12а) будет работать на сжатие, часть на растяжение в плоскости расположения талрепов (12). При этом горизонтальная ударная нагрузка приводит к возникновению плоских колебаний фланца (17) корпуса (7), при которых все талрепы (12) работают попеременно на растяжение и сжатие в зоне действия упругих деформаций талрепов (12), вплоть до затухания плоских колебаний.

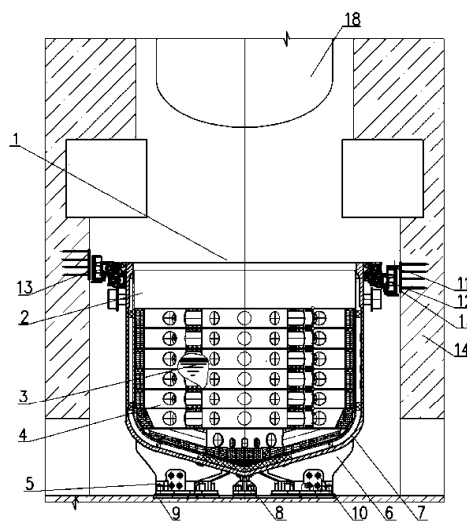
Применение в устройстве локализации расплава активной зоны ядерного реактора верхней опоры вместе с нижней опорой позволило полностью устранить вероятность выхода расплава за пределы корпуса ловушки расплава за счет исключения его опрокидывания, даже при воздействии неосесимметричной ударной нагрузки.

Источники информации.

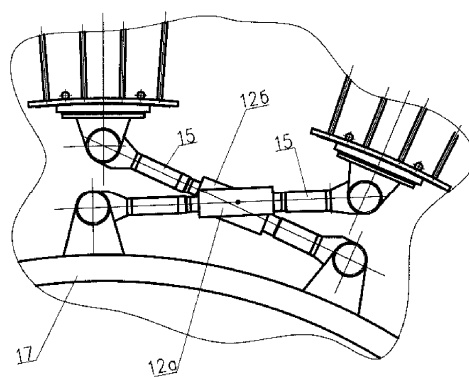
1. Патент РФ № 2398294, МПК G21C 9/00, приоритет от 15.04.2009 г.
2. Патент Японии JP 2010271261, МПК G21C 9/00, приоритет от 25.05.2009 г.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

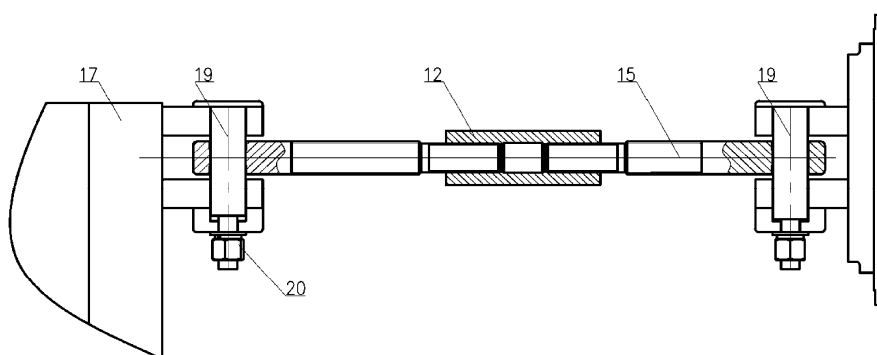
Устройство локализации расплава активной зоны ядерного реактора, содержащее ловушку расплава, установленную под днищем корпуса реактора и снабженную охлаждаемой оболочкой в виде многослойного корпуса, наполнитель для разбавления расплава, размещенный в упомянутом многослойном корпусе, верхнюю опору, нижнюю опору, состоящую из горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты, установленной под многослойным корпусом в бетоне шахты реактора, отличающееся тем, что горизонтальная секционная, сплошная или разделенная, закладная плита содержит радиальные опоры, ловушка расплава содержит радиальные опоры, опирающиеся на радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты, радиальные опоры горизонтальной секционной, сплошной или разделенной, закладной плиты и радиальные опоры корпуса ловушки расплава соединены посредством фиксаторов, при этом радиальные опоры и фиксаторы имеют отверстия овальной формы, верхняя опора содержит талрепы, установленные парами на верхней части корпуса ловушки расплава таким образом, что продольная ось каждой радиальной опоры нижней опоры ловушки расплава проходит в проекции на равноудаленном расстоянии от мест крепления парных талрепов, установленных касательно к корпусу ловушки расплава и соединяющих корпус ловушки расплава с вертикальной стеной шахты реактора, при этом крепления имеют отверстия, выполненные в виде гиперболических поверхностей.



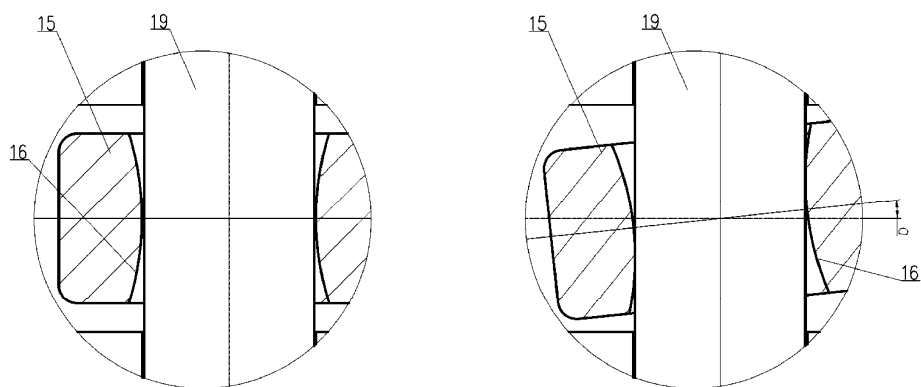
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

