

Система разделения гермообъёма контейнента атомной электростанции

Область техники

5

Изобретение относится к области обеспечения безопасной эксплуатации атомных электростанций (АЭС) в различных режимах, включая аварийные, и направлено на обеспечение контроля воздушных потоков в контейненте АЭС.

10

Предшествующий уровень техники

В зданиях и сооружениях, в помещениях которых присутствуют источники ионизирующих излучений и/или другие вредные выбросы, как правило, организуется приточно-вытяжная вентиляция. Вентиляция организуется таким образом, чтобы обеспечить направленное движение воздуха из «чистых», обслуживаемых помещений в «грязные», необслуживаемые. Возникновение обратных потоков воздуха, которые могут привести к загрязнению обслуживаемых помещений, недопустимо.

15 Для исключения обратных перетоков в отверстиях для прохода воздуха между помещениями устанавливаются клапаны избыточного давления, таким образом, в каждом последующем по ходу воздуха помещении обеспечивается давление ниже, чем в предыдущем. В остальных проемах в стенах и перекрытиях таких зданий устанавливаются двери, затворы, и

20 другие устройства, которые должны быть закрыты.

Наружные стены здания выполняют при этом роль герметичной оболочки, предохраняя окружающую среду от выхода вредных веществ из здания. Аналогичным образом выполняются и здания реакторов АЭС. В то же время на случай возникновения аварийных ситуаций, связанных с

резким повышением давления внутри здания (например, вследствие взрыва, разрыва сосудов, работающих под давлением, трубопроводов циркуляционных систем и т.п.), взрывную волну следует направить во все помещения здания. Тогда общее давление на стены и перекрытия будет
5 меньше, чем, если локализовать аварию только в одном из помещений.

По таким принципам строятся здания реакторов АЭС: между перекрытиями и стеной здания оставляют зазор, через который в аварийной ситуации взрывная волна распространяется во все помещения здания реактора; через него вода спринклерных систем сливается в
10 приемки, через зазор водород, образующийся в ходе тяжелой аварии, поднимается под купол, где в большом количестве расположены дожигатели водорода.

Для выполнения всех вышеприведенных условий зазор должен перекрываться специальным устройством, к которому необходимо
15 предъявлять следующие требования:

зазор должен быть перекрыт, т.е. устройство должно быть закрыто, в ситуациях нормальной работы оборудования, находящегося в здании и при отказах оборудования, не приводящих к росту давления внутри здания;

устройство должно выдерживать перепад давления, которое создает
20 между помещениями система вентиляции при нормальной работе;

устройство должно начать самопроизвольно открываться, когда в одном из помещений начинается рост давления, вызванный аварией, чтобы разгружать перекрытия и наружные стены здания, соединяя все внутренние помещения в общий объем;

25 если действительно произошла авария, вызывающая рост давления внутри здания, специальное устройство должно открываться во всём сечении по всему зазору так, чтобы исключить образование «мешков», тупиков, в которых может скопиться водород;

в открытом положении не загромождать сечение зазора, чтобы не уменьшать его.

При этом тепловыделение оборудования, расположенного в нижнем помещении, приводит к тому, что температура в нём значительно выше, чем в верхнем, что приводит к возникновению дополнительной подъёмной силы, вследствие чего решить проблему надёжной изоляции воздушных сред помещений в режиме нормальной эксплуатации АЭС без их перекрытия, только за счёт работы приточной и вытяжной систем разрежения становится невозможным. Таким образом, создание системы разделения гермообъёма контейнмента АЭС, обладающей возможностью обеспечения изоляции воздушных сред помещений контейнмента в режиме нормальной работы и их соединения при серьёзной аварии в одном из помещений контейнмента, является важной задачей.

Для решения этой задачи до настоящего времени использовались различные технические решения

Известен контейнмент усовершенствованного ядерного реактора с водяным охлаждением (патент US 09502142, опубл. 21.01.2016), разделённый на несколько контейнментных зон, разделённых перегородками таким образом, чтобы локализовать аварию в одной из контейнментных зон. При этом разделительные перегородки выполнены с такими же прочностными и термоизолирующими характеристиками, что и контейнментные зоны. Преимуществом такого решения является обеспечение безопасного радиоактивного фона в остальных контейнментных зонах при аварии в одной из них. Очевидно, однако, что недостатком такого решения является повышенное давление на стенки контейнмента, ввиду концентрации давления только в одной из контейнментных зон и накопление взрывоопасного водорода в этой зоне.

Известны технические решения, связанные с использованием разрывных мембран. Так, известно перекрывающее

устройство для контайнмента атомной электростанции (заявка РСТ/ЕР/2007/000572, опубл. 13.09.2007), выполненное в виде газонепроницаемой перегородки, разделяющей контайнмент на два помещения, одно из которых содержит корпус реактора и первый контур охлаждающей жидкости, а другое — обслуживаемое помещение, доступное для персонала во время нормальной работы, при этом перегородка содержит ряд перепускных отверстий, закрываемых элементом, содержащим разрывную плёнку или мембранный предохранитель, разрываемый при перепаде давления.

10 Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения является ядерная реакторная установка с пассивным охлаждением (патент ЕР 0476563, опубл. 25.03.1992), в которой стальной контайнмент разделён на два помещения: нижнее помещение, содержащее реактор с водой под давлением, и верхнее помещение с операционным полом, изолированные друг от друга перекрытием, содержащим мембранный предохранитель, разрушаемый при определённом перепаде давлений, характерном для тяжёлой аварии, и, таким образом, позволяющим соединить два помещения для снижения давления при тяжёлой аварии.

Последние два решения позволяют обеспечить мгновенное
20 соединение воздушных сред верхнего и нижнего помещений контайнмента при возникновении большого перепада давления вследствие аварии, что позволяет снизить давление на стенки контайнмента, снизить вероятность скапливания водорода и обеспечить дальнейшую конвекцию парогазовой смеси в контайнменте, однако они обладают рядом существенных
25 недостатков. В частности, при постепенном нарастании давления с одной из сторон такие устройства срабатывают со значительной задержкой, если вообще срабатывают. Кроме того, мембранные устройства при разрыве способны обеспечить лишь относительно малое сечение перетока воздушных сред из одного помещения в другое. Дополнительно к этому,

при резком перепаде давления на одном из участков контейнента будут раскрыты только мембранные устройства, близкие к этому участку, а остальные останутся закрытыми, что приведёт к накоплению в участках, близких к ним водорода и нарушению конвекции парогазовой смеси и работ спринклерных систем. Кроме того, мембранные устройства обладают тем недостатком, что давление их разрыва зависит от направления приложения давления. В приведённых аналогах предполагается, что избыточное давление при аварии возникнет снизу, между тем возможны аварии, при которых избыточное давление возникает сверху систем разделения контейнента, т.е. со стороны обслуживаемых помещений. Между тем, известны случаи аварий, при которых избыток давления возникает в верхнем помещении контейнента. Кроме того, после разрыва мембранные и плёночные устройства не могут быть приведены в состояние, обеспечивающее разделение воздушных сред помещений контейнента без их демонтажа и замены. Все эти факторы негативно сказываются на безопасности эксплуатации АЭС.

Раскрытие изобретения

Задачей настоящего изобретения является создание системы разделения гермообъёма контейнента АЭС, позволяющей повысить безопасность её эксплуатации как в нормальном, так и в аварийном режиме за счёт обеспечения соединения воздушных сред помещений контейнента АЭС в широком сечении и по всему периметру контейнента при аварии в контейненте.

Технический результат настоящего изобретения заключается в повышении безопасности эксплуатации АЭС как в нормальном, так и в аварийном режиме за счёт обеспечения соединения воздушных сред

помещений контейнмента АЭС в широком сечении и по всему периметру контейнмента при аварии в контейнменте.

Технический результат достигается тем, что известная система разделения гермообъёма контейнмента атомной электростанции на 5 изолированные помещения, содержащая устройство разделения гермообъёма, установленное на перекрытии, разделяющем помещения, и расположенное в кольцевом зазоре между перекрытием и стенкой контейнмента и содержащее, по меньшей мере, один клапан, изолирующий воздушные среды помещений друг от друга и выполненный с 10 возможностью соединения помещений гермообъёма при перепаде давления, дополнительно содержит устройство подачи воздуха и соединённый с ним кольцевой коллектор, соединённый с каждым клапаном устройства разделения гермообъёма, при этом каждый из клапанов устройства разделения гермообъёма выполнен в виде надувного 15 шибера с возможностью изоляции воздушных сред помещений в наполненном воздухом состоянии и соединения воздушных сред помещений в спущенном состоянии.

Предпочтительно выполнить надувные шиберы матерчатými.

Целесообразно выполнить надувные шиберы из прорезиненной 20 материи.

Рекомендуется выполнить надувные шиберы примыкающими друг к другу.

Предпочтительно снабдить систему разделения гермообъёма элементами каркаса, установленными на перекрытии, разделяющем 25 помещении, к элементам каркаса прикрепить надувные шиберы.

Рационально расположить между некоторыми надувными шиберами расположить вертикальные технологические тоннели.

Предпочтительно устройство подачи воздуха выполнить в виде воздуходувки или нагнетателя воздуха.

Целесообразно снабдить систему разделения гермообъёма, по меньшей мере, двумя устройствами подачи воздуха.

Рекомендуется установить на выходе устройства подачи воздуха обратный клапан.

5 Рационально снабдить систему разделения гермообъёма датчиками давления, расположенными в различных местах контейнента, и соединённым с ними блок управления, соединённым с устройством подачи воздуха.

10 Предпочтительно снабдить кольцевой коллектор патрубком постоянного сброса давления.

Преимуществом настоящего изобретения является повышение безопасности эксплуатации АЭС как в нормальном, так и в аварийном режиме. Введение в систему разделения гермообъёма устройства подачи воздуха и связанного с ним кольцевого коллектора, соединённого с
15 клапанами, выполненными в виде надувных шиберов, выполненных с возможностью изоляции воздушных сред помещений контейнента в наполненном воздухом состоянии и соединения воздушных сред помещений контейнента в спущенном состоянии при выполнении надувных шиберов матерчатыми обеспечивает повышение радиационной
20 безопасности в режиме нормальной эксплуатации за счёт изоляции помещений с различным радиационным фоном друг от друга, в момент аварии — за счёт возможности отгибания матерчатых надувных шиберов ударной волной давления в сторону помещения с меньшим давлением, что снижает давление на стенки контейнента, а после аварии — за счёт
25 возможности выпуска воздуха из надувных шиберов, после чего устройство разделения гермообъёма поностью открывает кольцевой зазор между помещениями, обеспечивая конвекцию и равномерное распределение взрывоопасных продуктов аварии. Выполнение надувных шиберов прорезиненными повышает безопасность эксплуатации АЭС за

счёт отсутствия загрязнения надувных шиберов в режиме нормальной эксплуатации, ведущего к их утяжелению. Выполнение надувных шиберов примыкающими друг к другу либо к вертикальным технологическим тоннелям, расположенными между ними, повышает безопасность

5 эксплуатации АЭС в нормальном режиме за счёт улучшения изоляции помещений контейнмента с различным радиационным фоном. Выполнение устройства подачи воздуха в виде воздуходувки или нагнетателя воздуха повышает безопасность эксплуатации АЭС за счёт отсутствия зависимости

10 алгоритма работы устройства подачи воздуха от процессов, проходящих в контейнменте. Использование, по меньшей мере, двух устройств подачи воздуха повышает безопасность эксплуатации АЭС за счёт резервирования работы устройства подачи воздуха. Введение обратного клапана на выходе устройства подачи воздуха обеспечивает безопасность эксплуатации АЭС

15 за счёт поддержания давления в надувных шиберах в режиме нормальной эксплуатации при нахождении данного устройства подачи воздуха в резерве. Введение в систему разделения гермообъёма датчиков давления, расположенных в различных местах контейнмента и блока управления, соединённого с ними и с устройством подачи воздуха повышает

20 безопасность эксплуатации АЭС за счёт обеспечения возможности отключения устройств подачи воздуха при повышении давления в контейнменте, что приводит к спуску воздуха из надувных шиберов и полному открытию кольцевого зазора. Введение в кольцевой коллектор патрубка постоянного сброса воздуха повышает безопасность

25 эксплуатации АЭС в аварийном режиме за счёт ускорения выпуска воздуха из надувных шиберов и ускорению открытия кольцевого зазора.

Краткое описание фигур чертежей

На фиг. 1 показан общий вид системы разделения гермообъёма контейнента атомной электростанции в предпочтительном варианте, содержащей надувные шиберы 1, установленные на элементах каркаса, прикреплённых к перекрытию 3, и соединённых с кольцевым коллектором 2, подключенным к воздуходувке 6, установленной на перекрытии 3. Надувные шиберы 1 наполнены воздухом и перекрывают кольцевой зазор 5 между перекрытием 3 и стенкой контейнента 4.

На фиг. 2 показан предпочтительный вариант надувного шибера 1, установленного на элементе каркаса и подключенного через патрубок к кольцевому коллектору 2, в положении «закрито».

На фиг. 3 показан вид в разрезе устройства разделения гермообъёма в режиме нормальной эксплуатации. Устройство разделения гермообъёма установлено между перекрытием 3 и стенкой контейнента 4 в кольцевом зазоре 5 и содержит надувные шиберы 1, подключенные к кольцевому коллектору 2, кольцевой зазор 5 полностью перекрыт надувным шибером 1.

На фиг. 4 показан вид в разрезе устройства разделения гермообъёма в момент прохождения ударной волны. Устройство разделения гермообъёма установлено между перекрытием 3 и стенкой контейнента 4 в кольцевом зазоре 5 и содержит надувные шиберы 1, подключенные к кольцевому коллектору 2, кольцевой зазор 5 частично открыт ударной волной, возникшей вследствие перепада давления снизу.

На фиг. 5 показан вид в разрезе устройства разделения гермообъёма после спуска воздуха из надувного шибера 1. Устройство разделения гермообъёма установлено между перекрытием 3 и стенкой контейнента 4 в кольцевом зазоре 5 и содержит надувные шиберы 1, подключенные к кольцевому коллектору 2, кольцевой зазор 5 полностью открыт.

Варианты осуществления изобретения

Система разделения гермообъёма контейнента атомной электростанции в предпочтительном варианте состоит из устройства разделения гермообъёма, расположенного в кольцевом зазоре 5 между перекрытием 3, разделяющим помещения контейнента и стенкой контейнента 4. Устройство разделения гермообъёма состоит из надувных шиберов 1, плотно примыкающих друг к другу, что позволяет полностью перекрыть кольцевой зазор 5 в режиме нормальной эксплуатации. Надувные шиберы 1 установлены на каркасе, прикреплённом к перекрытию 3, разделяющему помещения контейнента. При этом надувные шиберы 1 соединены через патрубки с кольцевым коллектором 2, подключенным к устройству подачи воздуха, в предпочтительном варианте представляющем собой две воздуходувки 6, одна из которых подаёт воздух в кольцевой коллектор 2, а другая находится в резерве. При этом обе воздуходувки снабжены обратными клапанами для предотвращения пропуски воздуха в обратном направлении через неработающую воздуходувку. Система разделения гермообъёма также включает в себя блок управления (на чертежах не показан), подключенный к датчикам давления (на чертежах не показаны), расположенным в различных местах контейнента.

В одном из вариантов изобретения возможно вместо использования автономной воздуходувки 6 подключение кольцевого коллектора 3 к штатной вентиляционной системе контейнента АЭС.

Система разделения гермообъёма контейнента атомной электростанций в предпочтительном варианте работает следующим образом. В режиме нормальной эксплуатации одна из воздуходувок 6 нагнетает давление в кольцевой коллектор 2 через обратный клапан. Благодаря этому надувные шиберы 1 наполнены воздухом и полностью перекрывают кольцевой зазор 5 между перекрытием 3 и стенкой

контейнмента 4, как показано на фиг. 3. Таким образом, верхнее помещение контейнмента полностью изолировано от нижнего, обладающего повышенным радиационным фоном, что позволяет посещать его персоналу АЭС для обслуживания агрегатов и устройств, расположенных в нём. Как показывают расчёты, для надёжной изоляции верхнего помещения от нижнего достаточно перекрытия кольцевого зазора 5 на 95 %, в этом случае приточно-вытяжная система вентиляции контейнмента создаёт разницу давлений между помещениями, достаточную для отсутствия восходящих потоков воздуха из нижнего помещения в верхнее. Блок управления системой контролирует данные датчиков давления, установленных в контейнменте. При выходе из строя одной из воздуходувок 6 блок управления включает вторую воздуходувку 6 для обеспечения полного перекрытия кольцевого зазора 5, что позволяет персоналу АЭС осуществить оперативный ремонт вышедшей из строя воздуходувки 6 на месте в отсутствие радиационной опасности.

В момент серьёзной аварии, например, в результате разрыва трубопровода с водой под давлением в нижней части контейнмента образовавшаяся область высокого давления парогазовой смеси, включающей, в том числе, водород, создаёт ударную волну, которая в общем случае прорывается через надувные шиберы 1 через один из участков кольцевого зазора 5, как показано на фиг. 4, за счёт того, что надувные шиберы 1 выполнены матерчатými и, вследствие этого, гибкими и подверженными влиянию ударного воздействия. Таким образом, ударная волна распределяется по обоим помещениям контейнмента, что снижает нагрузку на стенки контейнмента 4. Одновременно с этим датчики давления показывают резкое повышение давления, фиксируемое блоком управления, который отключает обе воздуходувки 6. На практике при увеличении давления в контейнменте выше 0,129 МПа (так называемого давления уставки) происходит отключение всех электрических систем, что

автоматически приводит к отключению воздуходувок 6. В варианте использования в качестве устройства подачи воздуха штатной системы вентиляции контейнента АЭС, она также отключается при превышении указанного давления. В результате надувные шиберы 1 по всему периметру контейнента сдуваются и принимают вертикальное положение, как показано на фиг. 5, полностью открывая кольцевой зазор 5. В предпочтительном варианте надувные шиберы 1 выполнены матерчатými, что обеспечивает их быстрое сдувание через материю при отсутствии подачи воздуха из воздуходувок 6. Это позволяет обеспечить равномерное распределение концентрации водорода и давления парогазовой смеси по всему контейненту, что обеспечивает целостность его стенок 4. Кроме того, вода спринклерных систем, расположенных под куполом контейнента, стекает через открытый кольцевой зазор 5 в баки-приямки контейнента.

После локализации серьёзной аварии и устранения её последствий возможно быстрое перекрытие кольцевого зазора 5 за счёт включения воздуходувок 6, что позволяет изолировать обслуживаемое верхнее помещение контейнента АЭС от источника радиоактивного выброса и за счёт этого организовать возвращение АЭС в режим нормальной эксплуатации в кратчайший срок.

В одном из вариантов изобретения возможно снабдить кольцевой коллектор патрубком постоянного сброса воздуха в воздушную среду контейнента. В этом случае давления, создаваемого работающей воздуходувкой 6, по-прежнему будет достаточно для поддержания надувных шиберов в наполненном состоянии, при этом после отключения воздуходувок 6 вследствие тяжёлой аварии воздух из надувных шиберов будет спущен через патрубок. Применение патрубка постоянного сброса воздуха, хотя и не является обязательным для осуществления изобретения, позволяет значительно ускорить выход воздуха из надувных шиберов 1 и

тем самым открывание кольцевого зазора 5. Ещё в одном варианте изобретения возможно применение патрубка сброса воздуха, включаемого по команде блока управления при перепаде давления или достижения в контейнменте давления уставки.

5 Использование системы подачи воздуха в виде нагнетателя или воздуходувки 6 по сравнению с использованием штатной системы вентиляции АЭС является предпочтительным, поскольку обеспечивает независимость работы этой системы от факторов состояния среды в контейнменте.

10 В предпочтительном варианте система разделения гермообъёма содержит вертикальные технологические тоннели, расположенные между некоторыми надувными шиберами.

 Возможно применение металлических шиберов вместо матерчатых надувных шиберов 1, однако такой вариант имеет ряд недостатков. В
15 частности, металлические шиберы обладают большим весом и для обеспечения возможности пропускания ударной волны давления должны иметь сложное устройство, включающее откидные шторки, что влияет на его надёжность.

 В предположении, что ресурс матерчатых надувных шиберов 1
20 может оказаться меньше срока службы АЭС, предусмотрено такое исполнение надувного шибера 1, чтобы производить его замену максимально быстро. Заводское исполнение представляет собой матерчатый надувной шибер 1, закрепленный на каркасе, с помощью которого весь узел устанавливается на опорной части и крепится двумя
25 шпильками.

Промышленная применимость

Система разделения гермообъёма контейнента атомной электростанции позволяет повысить её безопасность как в режиме нормальной работы, так и в режиме серьёзной аварии и может быть применена в контейнентах АЭС любого типа.

5

ФОРМУЛА

1. Система разделения гермообъёма контейнента атомной электростанции на изолированные помещения, содержащая устройство разделения гермообъёма, установленное на перекрытии, разделяющем помещения и расположенное в кольцевом зазоре между перекрытием и стенкой контейнента и содержащее, по меньшей мере, один клапан, изолирующий воздушные среды помещений друг от друга и выполненный с возможностью соединения помещений гермообъёма при перепаде давления, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит устройство подачи воздуха и соединённый с ним кольцевой коллектор, соединённый с каждым клапаном устройства разделения гермообъёма, при этом каждый из клапанов устройства разделения гермообъёма выполнен в виде надувного шибера с возможностью изоляции воздушных сред помещений контейнента в наполненном воздухом состоянии и соединения воздушных сред помещений контейнента в спущенном состоянии.
2. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающаяся тем, что надувные шиберы выполнены матерчатými.
3. Система разделения гермообъёма по п. 2, отличающаяся тем, что надувные шиберы выполнены из прорезиненной материи.
4. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающаяся тем, что содержит элементы каркаса, установленные на перекрытии, разделяющем помещения, к элементам каркаса прикреплены надувные шиберы.
5. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающаяся тем, что надувные шиберы примыкают друг к другу.

6. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающаяся тем, что между некоторыми надувными шиберами расположены вертикальные технологические тоннели.
7. Система разделения гермообъёма по п.1, отличающаяся тем, что устройство подачи воздуха выполнено в виде воздуходувки или нагнетателя воздуха.
8. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающаяся тем, что содержит, по меньшей мере, два устройства подачи воздуха.
9. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающееся тем, что на выходе устройства подачи воздуха установлен обратный клапан.
10. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающаяся тем, что содержит датчики давления, расположенные в различных местах контейнента, и соединённый с ними блок управления, соединённый с устройством подачи воздуха.
11. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающаяся тем, что кольцевой коллектор выполнен в виде кольцевой трубы, соединённой патрубками с каждым надувным шибером.
12. Система разделения гермообъёма по п. 1, отличающаяся тем, что кольцевой коллектор снабжён патрубком постоянного сброса давления.

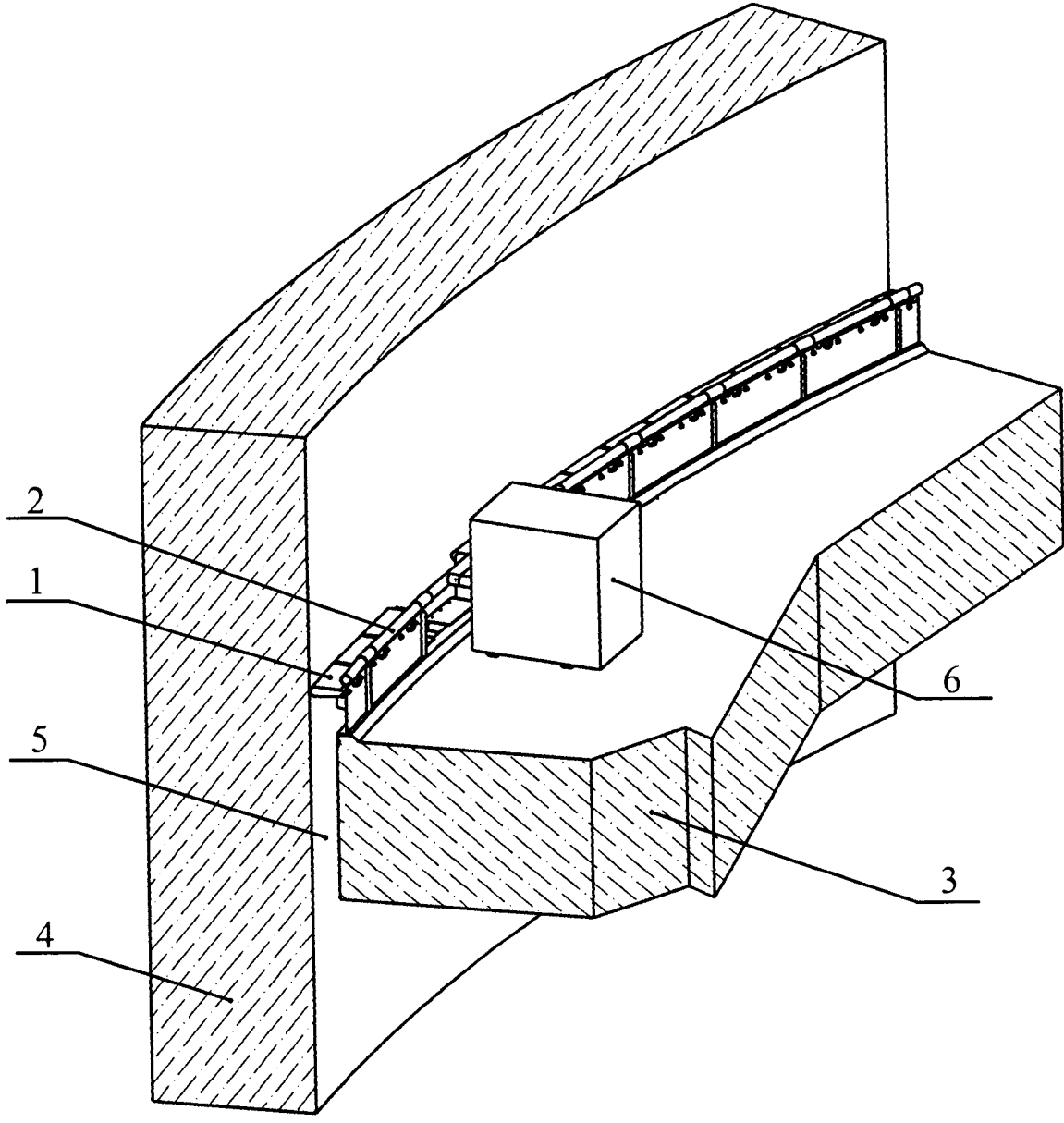
Реферат

Система разделения гермообъёма контейнмента атомной электростанции относится к области обеспечения безопасной эксплуатации АЭС в различных режимах, включая аварийные, и направлено на обеспечение контроля воздушных потоков в контейнменте АЭС.

Система разделения гермообъёма контейнмента атомной электростанции на изолированные помещения, содержит устройство разделения гермообъёма, расположенное в кольцевом зазоре между перекрытием, разделяющим помещения, и стенкой контейнмента, устройство подачи воздуха и соединённый с ним кольцевой коллектор, соединённый с надувными шиберами, выполненными с возможностью изоляции воздушных сред помещений контейнмента в наполненном воздухом состоянии и соединения воздушных сред помещений контейнмента в спущенном состоянии. В аварийном режиме подача воздуха в надувные шиберы прекращается, они опускаются, полностью открывая кольцевой зазор, обеспечивая конвекцию по всему объёму контейнмента.

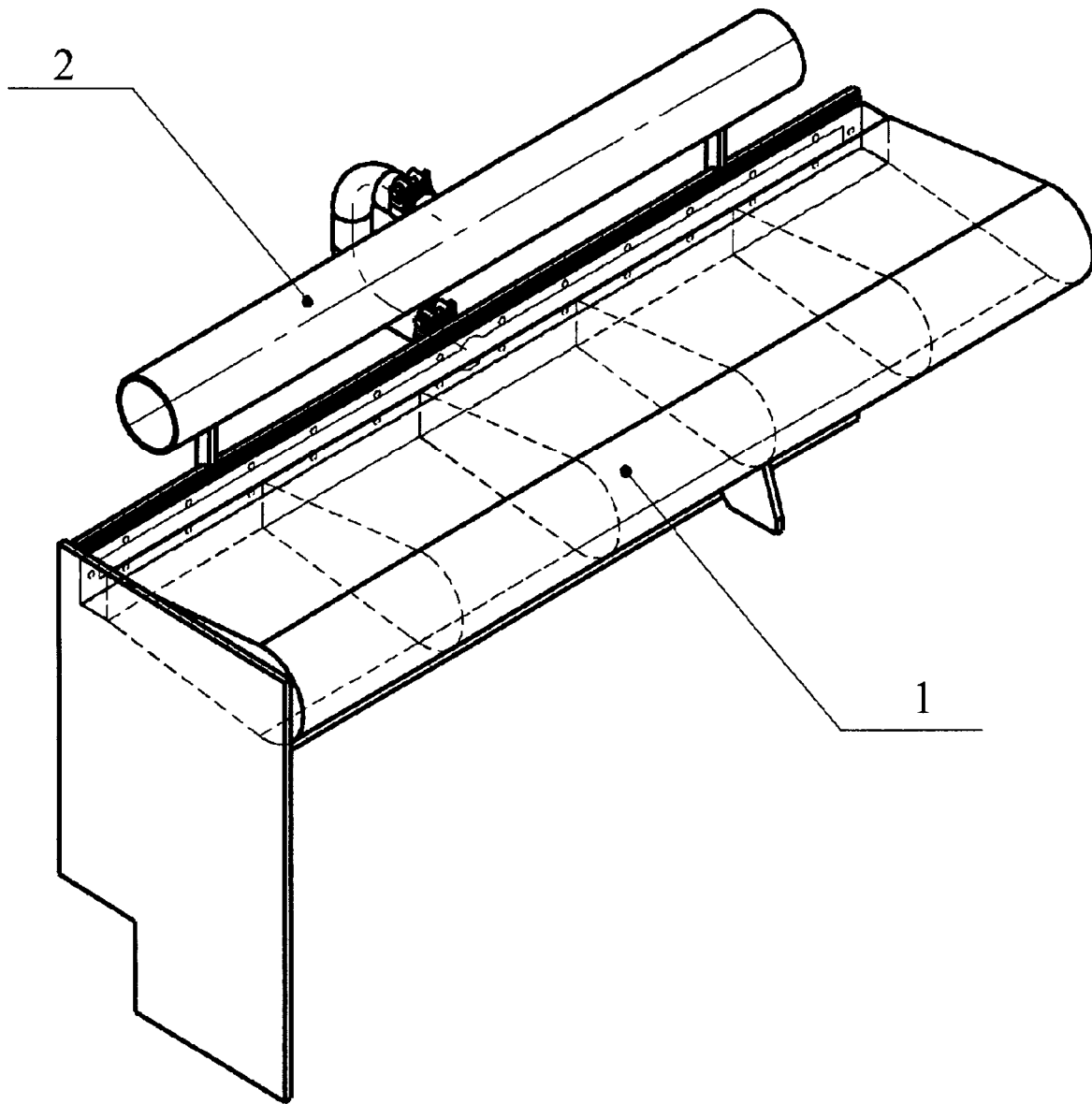
Система разделения гермообъёма может быть применена в контейнментах АЭС любого типа.

1/4



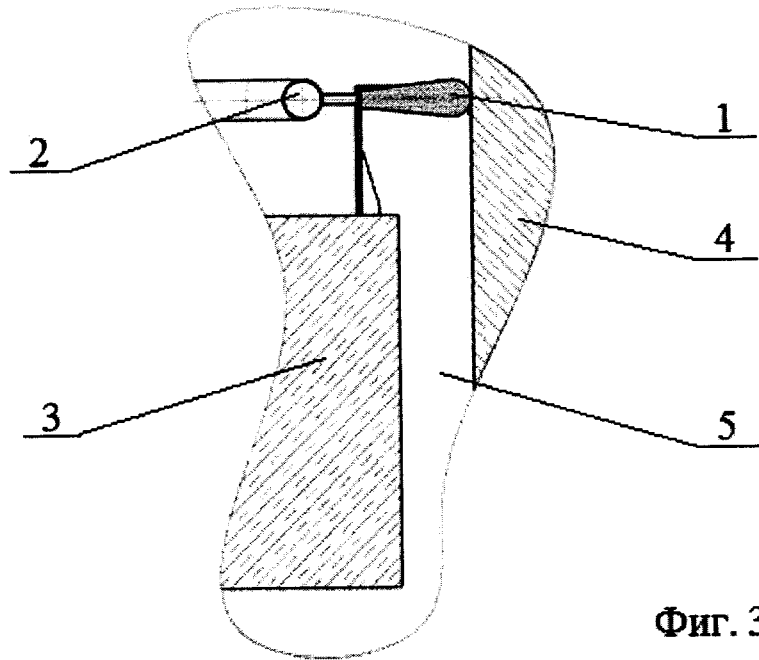
Фиг. 1

2/4

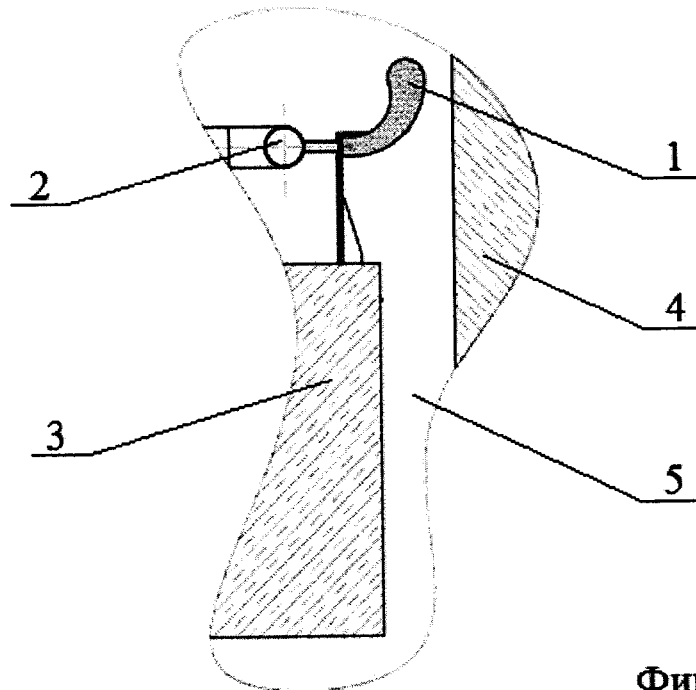


ФИГ. 2

3/4

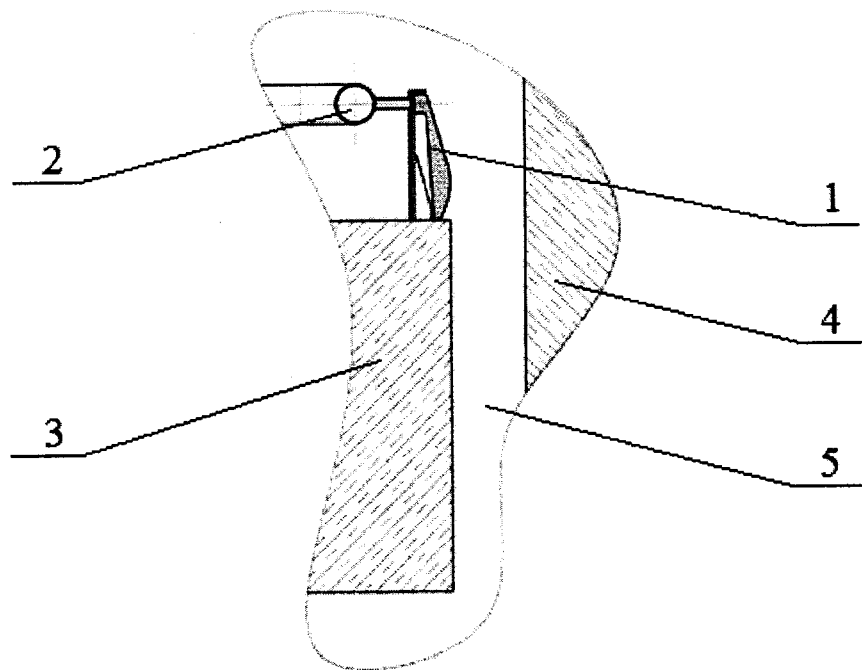


Фиг. 3



Фиг. 4

4/4



Фиг. 5