

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040034**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.04.12

(21) Номер заявки
201992870

(22) Дата подачи заявки
2017.12.25

(51) Int. Cl. **G21C 9/06** (2006.01)
G21C 13/02 (2006.01)
G21C 19/317 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

(31) **2017141801**

(32) **2017.11.30**

(33) **RU**

(43) **2020.03.31**

(86) **PCT/RU2017/000966**

(87) **WO 2019/108083 2019.06.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"РОССИЙСКИЙ КОНЦЕРН
ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОЙ
ЭНЕРГИИ НА АТОМНЫХ
СТАНЦИЯХ" (АО "КОНЦЕРН
РОСЭНЕРГОАТОМ");
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"НАУКА И ИННОВАЦИИ" (АО
"НАУКА И ИННОВАЦИИ") (RU)**

(72) Изобретатель:

**Иванов Анатолий Семенович,
Симоненко Вадим Александрович,
Лавренюк Иван Владимирович,
Безгодов Евгений Витальевич,
Пасюков Сергей Дмитриевич,
Ульянов Сергей Михайлович,
Павленко Александр Валериевич,
Аникин Николай Борисович, Тяктев
Александр Анатольевич, Федюшкин
Виктор Николаевич, Попов Илья
Александрович (RU)**

(74) Представитель:

Снегов К.Г. (RU)

(56) **US-A1-2012121057
US-A1-2010296619
US-A-5740217
CN-B-104500868**

(57) Изобретение относится к противоаварийной защите атомных электростанций, в частности к технологиям снижения последствий или предотвращения пожаров и предотвращения накопления взрывчатых газов, обеспечивающим водородную взрывобезопасность в помещениях защитной оболочки (ЗО) атомных электростанций (АЭС) с водородным энергетическим реактором (ВВЭР). Кроме того предложенное изобретение может найти применение на иных объектах, для которых есть вероятность развития потенциально-опасных аварийных процессов, связанных с выходом большого количества легкого горючего газа и его локализацией в замкнутых помещениях объекта. Технический результат, достигаемый заявляемым изобретением, заключается в понижении возможности воспламенения газовой среды в помещениях ЗО АЭС, а также в создании самозатухания слабых волн горения, ослаблении их интенсивности при возникновении воспламенения газовой среды в помещениях ЗО АЭС и в снижении динамических нагрузок на стенки помещений ЗО АЭС. Указанный технический результат достигается за счёт того, что в способе обеспечения водородной взрывобезопасности атомной электростанции, включающем вентиляцию помещений защитной оболочки ядерного реактора и проведение рекомбинации водорода в помещениях защитной оболочки ядерного реактора путём его каталитического окисления, согласно заявленному решению на пути потенциально-аварийного распространения напорной водородосодержащей парогазовой струи в помещениях защитной оболочки размещают отражатель, проёмы в стенах между помещениями защитной оболочки ядерного реактора выполняют с размером не менее 35% площади этих стен, а в местах потенциальной локализации очагов горения водородосодержащей парогазовой смеси осуществляют отвод избыточного тепла.

B1

040034

040034

B1

Изобретение относится к противоаварийной защите атомных электростанций, в частности к технологиям снижения последствий или предотвращения пожаров и предотвращения накопления взрывчатых газов, обеспечивающим водородную взрывобезопасность в помещениях защитной оболочки (ЗО) атомных электростанций (АЭС) с водородным энергетическим реактором (ВВЭР). Кроме того, предложенное изобретение может найти применение на иных объектах, для которых есть вероятность развития потенциально-опасных аварийных процессов, связанных с выходом большого количества легкого горючего газа и его локализацией в замкнутых помещениях объекта.

Известен способ снижения последствий тяжелых аварий, связанный с уменьшением количества водорода в помещениях ЗО АЭС путем локализованного каталитического окисления водорода внутри корпуса рекомбинатора, описанный в патенте РФ № 2264853. В указанном техническом решении снижение опасности достигается за счет установки в помещениях защитной оболочки атомной электростанции определенного количества пассивных каталитических рекомбинаторов водорода (ПКВР). При эффективной работе ПКВР водородосодержащий состав может либо не воспламениться, либо его горение будет происходить менее интенсивно вследствие снижения концентрации водорода. Дополнительным положительным фактором является локализованное в окрестности рекомбинатора перемешивание среды, обусловленное истечением обеднённых водородом горячих газов из верхней части рекомбинатора, что способствует уменьшению концентрации водорода в области, примыкающей к рекомбинатору. Недостатком указанного технического решения является возможность воспламенения водородосодержащих парогазовых составов, смеси или струи (ВПГС) в области, примыкающей к рекомбинатору, которое может произойти при достаточно высоких концентрациях водорода вследствие разогрева поверхности катализатора до высоких температур из-за интенсивного протекания реакций окисления водорода.

Известен способ снижения последствий тяжелых аварий, описанный в патенте РФ № 2595639, осуществляемый путем снижения силовой нагрузки на конструктивные элементы защитной оболочки, благодаря отводу тепла из помещений ЗО, что сопровождается снижением температуры и давления внутри помещений. Это, в свою очередь, сопровождается конденсацией пара на стенках помещений ЗО. Падение сконденсированных капель воды под действием силы тяжести дополнительно перемешивает смесь и способствует сокращению застойных областей с повышенной концентрацией водорода. Недостатком указанного технического решения является увеличение вероятности воспламенения ВПГС и повышение интенсивности горения ВПГС в связи с уменьшением концентрации водяного пара, являющегося флегматизатором при реакции горения водорода.

Известен также способ предотвращения воспламенения и взрыва водородовоздушных смесей, описанный в патенте РФ № 2081892, заключающийся в том, что в водородовоздушные смеси вводятся или впрыскиваются ингибиторы для сужения области воспламенения водородовоздушных смесей. Недостатками указанного способа являются:

- слабое уменьшение области воспламенения, то есть вероятность событий воспламенения уменьшается не существенно;

- системы подачи и распространения ингибитора нуждаются в энергообеспечении, то есть не являются пассивными компонентами комплекса обеспечения безопасности, что исключает возможность применения такого способа к большому классу тяжелых аварий с потерей энергоснабжения;

- подача ингибитора осуществляется, как правило, на начальной стадии протекания аварии из-за неопределённости момента начала горения, при этом из-за отсутствия механизма обеспечения однородного заполнения помещений ЗО ингибитором возможно его локальное накопление в одном из помещений ЗО, удалённых от места поступления водорода, что никак не повлияет на вероятность воспламенения;

- не все ингибиторы нейтральны по отношению к конструкционным материалам на АЭС.

Известен способ пассивной инертзации газовой смеси в защитном резервуаре атомной электростанции, описанный в патенте РФ № 2134917, который лишен части недостатков, отмеченных в предыдущем патенте. В рамках способа, реализуемого с помощью устройства пассивной инертзации газовой смеси в защитном резервуаре атомной электростанции, задействованы вещества, которые начинают выделять углекислый газ при разогреве атмосферы внутри контейнента или при разогреве ПКВР после начала его работы. Таким образом, способ является пассивным, а выделение ингибитора осуществляется на всем протяжении аварии. Недостатками данного способа являются возможность химической реакции между выделяемым газом и каталитическим слоем ПКВР, что может приводить к снижению производительности ПКВР или выводу его из строя ПКВР, а также незначительное сужение области пределов воспламенения водородовоздушных смесей по сравнению с ингибиторами, указанными в предыдущем патенте.

Наиболее близким аналогом, выбранным в качестве прототипа, является способ, описанный в патенте РФ № 2473993, включающий прекращение или снижение интенсивности процесса горения водорода в водородосодержащей парогазовой смеси в случае её воспламенения в помещениях защитной оболочки путём его рекомбинации с помощью ПКВР.

К недостаткам этого технического решения следует отнести:

- медленный выход рекомбинатора на режим с номинальной производительностью;

- возможное появление застойных зон с повышенной концентрацией водорода в вышележащих слоях

из-за того, что водород поступает в корпус рекомбинатора из нижележащих слоев;

при достаточно высоких концентрациях водорода существует возможность "разгона" рекомбинатора до воспламенения ВПГС в прилегающей к нему окрестности с последующим распространением горения по помещениям 30.

Задачей заявляемого изобретения является снижения на АЭС с ВВЭР опасных последствий тяжёлых аварий, таких как взрывоподобное (быстрое) горение или детонационные процессы газовой среды в помещениях 30 АЭС.

Технический результат, достигаемый заявляемым изобретением, заключается в понижении возможности воспламенения газовой среды в помещениях 30 АЭС, а также в создании самозатухания слабых волн горения, ослаблении их интенсивности при возникновении воспламенения газовой среды в помещениях 30 АЭС и в снижении динамических нагрузок на стенки помещений 30 АЭС.

Указанный технический результат достигается за счёт того, что в способе обеспечения водородной взрывобезопасности атомной электростанции, включающем вентиляцию помещений защитной оболочки ядерного реактора и проведение рекомбинации водорода в помещениях защитной оболочки ядерного реактора путём его каталитического окисления, согласно заявленному решению на пути потенциально-аварийного распространения напорной водородосодержащей парогазовой струи в помещениях защитной оболочки размещают отражатель, проёмы в стенах между помещениями защитной оболочки ядерного реактора выполняют с размером не менее 35% площади этих стен, а в местах потенциальной локализации очагов горения водородосодержащей парогазовой смеси осуществляют отвод избыточного тепла.

Преимущественно вентиляцию помещений защитной оболочки ядерного реактора осуществляют при достижении содержания водорода в помещениях более 2%.

При этом в качестве отражателя на пути потенциально-аварийного распространения напорной водородосодержащей парогазовой струи могут использовать влагостойкий и жаропрочный экран, перекрывающий проём между стенами помещения в месте установки экрана от 20 до 65% площади этого проёма.

Помимо этого в качестве отражателя на пути потенциально аварийного распространения напорной водородосодержащей парогазовой струи могут использовать перфорированный влагостойкий и жаропрочный кожух, устанавливаемый на трубопроводы атомного реактора.

Отвод избыточного тепла в местах потенциальной локализации очагов горения водородосодержащей парогазовой смеси преимущественно осуществляют путём облицовки высокотеплопроводным металлом поверхностей устанавливаемого в помещениях защитной оболочки оборудования, потолков и верхних частей стен помещений защитной оболочки на 30% от их высоты.

Также в верхней примыкающей к потолку части стен между помещениями защитной оболочки ядерного реактора преимущественно выполняют проёмы площадью не менее 35% от площади каждой стены с образованием сквозного пространства.

Заявляемое изобретение проиллюстрировано следующими графическими материалами.

На фиг. 1 схематично показан вариант размещения отражателя в помещении парогенератора.

На фиг. 2 схематично показан вариант размещения отражателя в помещении парогенератора, соединенного с помещением барботера.

На фиг. 3 схематично показан перфорированный цилиндрический кожух, предназначенный для установки на часть первого контура атомного реактора.

На фиг. 4 представлена схема постановки эксперимента в макете без установки в нём отражателя.

На фиг. 5 представлен график распределения концентраций газов по высоте макета при проведении эксперимента без установки отражателя.

На фиг. 6 представлена схема постановки эксперимента в макете с установкой в нём отражателя.

На фиг. 7 представлено сечение А-А отражателя, установленного в макете.

На фиг. 8 представлен график распределения концентраций газов по высоте макета при проведении эксперимента с установкой отражателя.

На фиг. 9 представлена схема постановки эксперимента в макете с перегородкой, перекрывающей сечение канала на 90%.

На фиг. 10 представлена схема постановки эксперимента в макете без перегородки, перекрывающей сечение канала.

На фиг. 11 представлена схема постановки эксперимента в макете с перегородкой, перекрывающей сечение канала на 65%.

Предлагаемое техническое решение - способ обеспечения водородной взрывобезопасности атомной электростанции - поясняется примером конкретного исполнения, описанным ниже. Приведенный пример не является единственно возможным, но наглядно демонстрирует возможность достижения данной совокупностью существенных признаков изобретения заявленного технического результата.

Способ обеспечения водородной взрывобезопасности атомной электростанции включает следующие действия.

Вентилируют помещения 1 30 АЭС при достижении содержания водорода в них 2%, при этом указанная вентиляция относится к аварийной и может срабатывать при больших содержаниях водорода в зависимости от условий воспламенения находящейся в помещениях ВПГС.

Проводят рекомбинацию водорода в помещениях 1 ЗО АЭС путём его каталитического окисления в предварительно установленных в помещениях защитной оболочки рекомбинаторах водорода (на фигурах не показаны), количество которых выбирают исходя из размера помещений.

Размещают отражатели на пути потенциально-аварийного распространения напорной ВПГС в помещениях 1 ЗО АЭС, в качестве которых используют влагостойкие и жаропрочные, выполненные из алюминия экраны 2 и перфорированные кожухи 3. Экраны 2 размещают так, чтобы они перекрывали проёмы между стенами помещений 1 ЗО АЭС в местах их установки на 60% площади этих проёмов, а перфорированный кожух 3 устанавливают на трубопровод 4 первого контура атомного реактора. При этом размер экрана 2 может быть выбран от 20 до 65% площади проёма, образуемого стенами помещения 1 ЗО АЭС, наименьший и наибольший размер которого выбирается исходя из того, что, в случае если экран 2 имеет размер менее 20% площади проёма, диаметр напорной ВПГС может быть более площади экрана 2 в месте контакта, что приводит к проникновению части струи в помещение 1 ЗО АЭС, расположенное за экраном 2, без необходимого смешения с окружающей воздушной средой помещения 1 ЗО АЭС и к концентрации ВПГС только в одной части помещения 1 ЗО АЭС. В случае, если экран 2 имеет размер более 65% площади проёма, при контакте с напорной ВПГС происходит равномерное смешение с воздушной средой помещения 1 ЗО АЭС, и при воспламенении ВПГС в одной части помещения 1 ЗО АЭС и проникновении пламени в другую часть помещения 1 ЗО АЭС возможна турбулизация потока пламени, проходящего через проём, образованный экраном 2, приводящего к существенному ускорению распространения пламени.

Кожух 3 располагают преимущественно со стороны открытого пространства возле трубопровода, то есть не со стороны стены или находящегося рядом трубопровода, что приводит к эффективному смешиванию напорной ВПГС при её истечении из трубопровода с воздушной средой помещения 1 ЗО АЭС.

Выполняют проёмы в стенах между помещениями 1 ЗО АЭС с размером 40% площади этих стен, при этом указанные проёмы в верхней примыкающей к потолку части стен между помещениями 1 ЗО АЭС выполнены с образованием сквозного пространства, то есть на уровне потолков помещений 1 ЗО АЭС надпроёмная часть стены отсутствует и потолки помещений 1 ЗО АЭС не имеют препятствий для перетекания ВПГС из одного помещения 1 ЗО АЭС в другое. При этом проёмы в стенах между помещениями 1 ЗО АЭС могут быть выполнены от 35% и более площади этих стен. Наименьший размер проёма выбирается исходя из того, что в случае воспламенения ВПГС в одном помещении 1 ЗО АЭС и проникновении пламени в другое помещение 1 возможна турбулизация потока пламени, проходящего через проём в стене помещения 1 ЗО АЭС, приводящего к существенному ускорению распространения пламени, тогда как наибольший размер выбирается исходя из проектной необходимости.

Осуществляют отвод избыточного тепла в местах потенциальной локализации очагов горения ВПГС путём облицовки поверхностей устанавливаемого в помещениях 1 ЗО АЭС оборудования - парогенератора 5 и барботера 6, а также потолков и верхних частей стен помещений 1 ЗО АЭС на 30% от их высоты, высокотеплопроводным металлом, в качестве которого используют, например, алюминий.

Обеспечение водородной взрывобезопасности атомной электростанции по указанному способу происходит следующим образом.

В случае тяжелой аварии, связанной с истечением ВПГС в помещениях 1 ЗО АЭС, при достижении содержания водорода 2% осуществляют вентиляцию и одновременно с этим производят рекомбинацию водорода. Указанные действия направлены на снижения содержания водорода в помещениях 1 ЗО АЭС.

При истечении напорной ВПГС в помещении 1 ЗО АЭС алюминиевый экран 2, установленный на её пути, способствует равномерному перемешиванию ВПГС в помещении 1 ЗО АЭС, что препятствует локализации ВПГС в одном месте помещения 1 ЗО АЭС. Также, в случае истечения напорной ВПГС в помещении 1 ЗО АЭС из трубопровода 4 первого контура атомного реактора, на котором установлен алюминиевый перфорированный кожух 3, последний также способствует перемешиванию ВПГС в помещении 1 ЗО АЭС, обеспечивая множество разнонаправленных перфорацией струй ВПГС в окрестностях трубопровода 4 первого контура атомного реактора. Таким образом, равномерное смешение ВПГС в помещениях 1 ЗО АЭС способствует улучшению рекомбинации водорода в виду того, что задействуют все установленные в помещениях 1 ЗО АЭС рекомбинаторы водорода. В случаи отсутствия перемешивания пароводородной смеси в помещениях 1 ЗО АЭС задействуются, в основном, те рекомбинаторы, которые находятся в местах локализации пароводородной смеси. Равномерное смешение ВПГС, исключая её локализацию в одном месте помещения 1, препятствует воспламенению ВПГС.

Кроме того, при истечении напорной ВПГС в помещении 1 ЗО АЭС выполненные с образованием сквозного пространства проёмы в верхней, примыкающей к потолку части стен между помещениями 1 ЗО АЭС способствуют перетеканию ВПГС из одного помещения 1 ЗО АЭС в другое, что снижает концентрацию ВПГС в помещении, где происходит истечение, и позволяет задействовать вентиляцию и рекомбинаторы, находящиеся в других помещениях 1 ЗО АЭС.

При возгорании ВПГС, находящегося в одном или нескольких помещениях 1 защитной оболочки ядерного реактора, выполненные в их стенах проёмы с размером 40% площади этих стен препятствуют турбулизации горячего потока проходящего через указанные проёмы, что снижает скорость распространения горячего ВПГС.

Также при возгорании ВПГС, находящегося в одном или нескольких помещениях 1 ЗО АЭС, происходит всплытие горящего потока пламени из нижних частей помещений 1 ЗО АЭС в верхние (места потенциальной локализации очагов горения ВПГС) вследствие того, что концентрация водорода в верхних частях помещений 1 ЗО АЭС выше. В верхних частях помещений 1 ЗО АЭС, к которым относятся оборудование - парогенераторы 5 и барботеры 6, потолки и верхние части стен помещений 1 ЗО АЭС на 30% от их высоты, осуществляется отвод избыточного тепла путём облицовки поверхностей указанных частей высокотеплопроводным металлом, в качестве которого использован алюминий. Передача тепла очагом горения ВПГС поверхности, облицованной высокотеплопроводным металлом, способствует затуханию очага горения ВПГС либо уменьшению его интенсивности, препятствующих дальнейшему возгоранию ВПГС в других частях помещения 1 ЗО АЭС или переходу горения ВПГС в другие помещения 1 ЗО АЭС. При этом установленные в помещении 1 ЗО АЭС алюминиевые экраны 2 и установленные на трубопроводе 4 первого контура атомного реактора алюминиевые перфорированные кожухи 3 воспринимают тепло от очагов горения ВПГС, что также способствует затуханию очага горения ВПГС либо уменьшению интенсивности горения и препятствует дальнейшему возгоранию ВПГС в других частях помещения 1 ЗО АЭС или переходу горения ВПГС в другие помещения 1 ЗО АЭС.

Эффективность предложенного способа обеспечения водородной взрывобезопасности атомной электростанции была подтверждена экспериментально на макетах. Были получены экспериментальные данные по концентрационным пределам воспламенения для ВПГС при давлениях и температурах, характерных для тяжелых аварий, а также данные по развитию и смене режимов горения ВПГС в макетах помещений ЗО АЭС при струйных истечениях ВПГС, характерных для тяжелых аварий на АЭС с ВВЭР.

Пример 1.

Для проведения эксперимента использовался макет в виде камеры 7 (фиг. 4), имеющей высоту 5 м, диаметр 2 м, рабочий объем 14,6 м³. Камера была предварительно прогрета до 110С°, внутри находился воздух при атмосферном давлении. В указанную камеру подавалась смесь, соответствовавшая расчётной ВПГС при её истечении в помещениях ЗО АЭС во время тяжелых аварий, а средний состав компонентов водород-пар-воздух ВПГС соответствовал следующим процентным соотношениям: 10-34-56, соответственно. Подача газов осуществлялась из точки О, указанной на фиг. 4, расположенной на высоте 3,14 м от нижней точки объема камеры.

После окончания подачи ВПГС с помощью газоанализаторов (на фигурах не показаны), установленных с шагом 0,5 м по высоте камеры, производились замеры содержания компонентов водород-пар-воздух ВПГС. Результаты проведенного эксперимента представлены на фиг. 5 в виде точечной диаграммы, где круглыми маркерами обозначен водород, квадратными маркерами - пар, треугольными - воздух. Таким образом на диаграмме видно, что распределение компонентов водород-пар-воздух ВПГС по высоте камеры не равномерно, в частности, наибольшая концентрация водорода фиксировалась, начиная от места подачи ВПГС из точки О и до купола камеры 7.

После стабилизации полученной ВПГС осуществлялось её воспламенение искровым элементом (на фигурах не показан) на высоте 3,5 м, в результате которого происходило всплытие горящего термического потока к куполу камеры 7, при этом увеличивались интенсивность горения и давление на стенки камеры 7. Горение затухало только после сгорания водорода в ВПГС, локализованного в верхней части камеры 7 под куполом, а выделяемое при горении тепло способствовало продолжению горения.

Пример 2.

Постановка эксперимента соответствует описанию указанного в примере 1 эксперимента и отличается от него тем, что на высоте 3,4 м от нижней точки объёма камеры 8 (фиг. 6) дополнительно размещали плоский отражатель в виде экрана 9 (фиг. 6 и фиг. 7), который перекрывал сечение камеры на ≈65%. При этом верхняя часть внутренней поверхности камеры 8 под куполом и около 30% стен от купола по высоте была облицована высокотеплопроводным металлом 10. В качестве облицовочного высокотеплопроводного металла в экспериментальной модели был использован алюминий.

В этой постановке эксперимента подаваемая ВПГС имела контакт с экраном 9, что обеспечивало более равномерное перемешивание ВПГС с воздушной средой камеры 8 и получение однородного распределения компонентов ВПГС. Результаты измерения содержания компонентов водород-пар-воздух ВПГС по высоте камеры 8, полученные с помощью газоанализаторов, показаны на фиг. 8, где на представленной точечной диаграмме круглыми маркерами обозначен водород, квадратными - пар, треугольными - воздух.

После завершения подачи газов и стабилизации ВПГС осуществлялось воспламенение смеси искровым элементом (на фигурах не показан) на высоте 3,5 м. Распределение концентраций газов на момент поджога было более однородно, чем при проведении эксперимента, описанного в примере 1, и соответствовало соотношению компонентов водород-пар-воздух ВПГС: 10-34-56, соответственно.

С помощью методики визуализации было зарегистрировано всплытие очага пламени и его локализация под куполом камеры 8. При этом очаг пламени передавал тепло облицованной высокотеплопроводным металлом 10 поверхности купола камеры 8, после чего происходило снижение температуры очага горения и снижение концентрации в нём водорода (ввиду его сгорания), что совместно приводило к

затуханию пламени. После затухания пламени происходила повторная локализация водорода в ВПГС в верхней части купола камеры 8, которая обеспечивалась перемещением содержащего большее количество водорода ВПГС из нижней части камеры 8 в верхнюю. Затем проводилось повторное инициирование горения, которое прекращалось указанным выше образом. Цикл инициирования горения и затухания повторялся до тех пор, пока содержания водорода в ВПГС снижалось до невоспламеняемой с помощью искрового элемента концентрации.

Пример 3.

Для проведения эксперимента использовался макет в виде камеры 11 (фиг. 9), имеющей квадратное сечение со стороной 138 мм и длину около 1,5 м. В камере 11 размещали перегородку 12 с перекрытием сечения канала на 90%. В указанную камеру подавалась смесь, соответствовавшая расчётной ВПГС при её истечении в помещениях ЗО АЭС во время тяжелых аварий, а средний состав водород-пар-воздух соответствовал следующим процентным соотношениям: 10-34-56, соответственно. Подача газов осуществлялась из точки О (фиг. 9).

После стабилизации полученной ВПГС осуществлялось её воспламенение искровым элементом 13. С помощью методики визуализации было зарегистрировано, что фронт пламени вытеснял несгоревшую смесь через перегородку 12, турбулизуя ее, что обеспечивало усиление динамических нагрузок в 3 раза. При подходе пламени к перегородке 12 происходила резкая интенсификация горения и быстрый переход потока пламени в другую часть камеры 11, разделённой перегородкой 12.

Пример 4.

Постановка эксперимента соответствует описанию указанного в примере 3 эксперимента и отличается от него тем, что в камере 14 не размещали перегородку, перекрывающую сечения канала. В камеру 14 (фиг. 10) подавалась ВПГС, указанная в примере 3. Подача газов осуществлялась из точки О (фиг. 10).

После стабилизации полученной ВПГС осуществлялось её воспламенение искровым элементом 15. С помощью методики визуализации было зарегистрировано, что фронт пламени распространялся с постоянной скоростью, не турбулизировался, не происходило резкой интенсификации горения.

Пример 5.

Постановка эксперимента соответствует описанию указанного в примере 3 эксперимента и отличается от него тем, что в камере 16 размещали перегородку 17 с перекрытием сечения канала в 65 %. В камере 16 (фиг. 11) подавалась ВПГС, указанная в примере 3. Подача газов осуществлялась из точки О (фиг. 11).

После стабилизации полученной ВПГС, осуществлялось её воспламенение искровым элементом 18. С помощью методики визуализации было зарегистрировано, что фронт пламени вытеснял несгоревшую смесь через перегородку 17, а усиление динамических нагрузок превысило аналогичные, зафиксированные в эксперименте примера 4, лишь в 1,4 раза. При этом на подходе пламени к перегородке 17 не происходила резкая интенсификация горения, а переход потока пламени в другую часть разделённой перегородкой 17 камеры 16 происходил без ускорения.

Для заявленного изобретения в том виде, как оно охарактеризовано в формуле изобретения, подтверждена возможность осуществления способа обеспечения водородной взрывобезопасности атомной электростанции и способность обеспечения достижения указанного технического результата.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обеспечения водородной взрывобезопасности атомной электростанции, включающий вентиляцию помещений защитной оболочки ядерного реактора и проведение рекомбинации водорода в помещениях защитной оболочки ядерного реактора путём его каталитического окисления, отличающийся тем, что на пути потенциально-аварийного распространения напорной водородосодержащей парогазовой струи в помещениях защитной оболочки размещают отражатель в виде перфорированного влагостойкого и жаропрочного кожуха, устанавливаемого на трубопроводы атомного реактора, при этом проёмы в стенах между помещениями защитной оболочки ядерного реактора выполняют с размером не менее 35% площади этих стен, а в местах потенциальной локализации очагов горения водородосодержащей парогазовой смеси осуществляют отвод избыточного тепла.

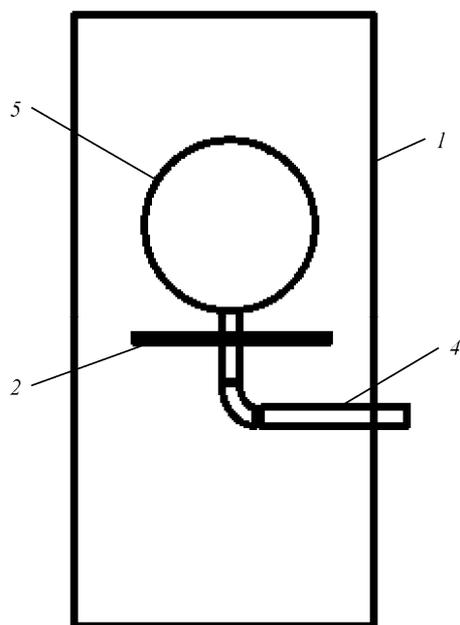
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что вентиляцию помещений защитной оболочки ядерного реактора осуществляют при достижении содержания водорода в помещениях более 2%.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве отражателя на пути потенциально-аварийного распространения напорной водородосодержащей парогазовой струи используют влагостойкий и жаропрочный экран, перекрывающий проём между стенами помещения в месте установки экрана от 20 до 65% площади этого проёма.

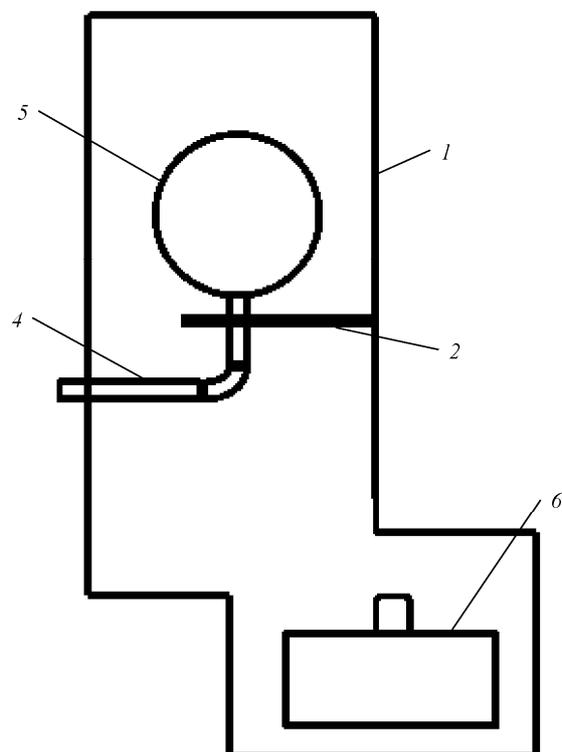
4. Способ по п.1, отличающийся тем, что отвод избыточного тепла в местах потенциальной локализации очагов горения водородосодержащей парогазовой смеси осуществляют путём облицовки высокопроводным металлом поверхностей устанавливаемого в помещениях защитной оболочки оборудования, потолков и верхних частей стен помещений защитной оболочки на 30% от их высоты.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что в верхней примыкающей к потолку части стен между по-

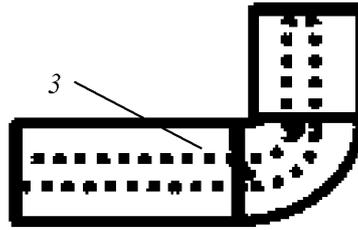
мещениями защитной оболочки ядерного реактора выполняют проёмы площадью не менее 35% от площади каждой стены с образованием сквозного пространства.



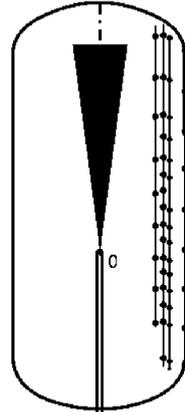
Фиг. 1



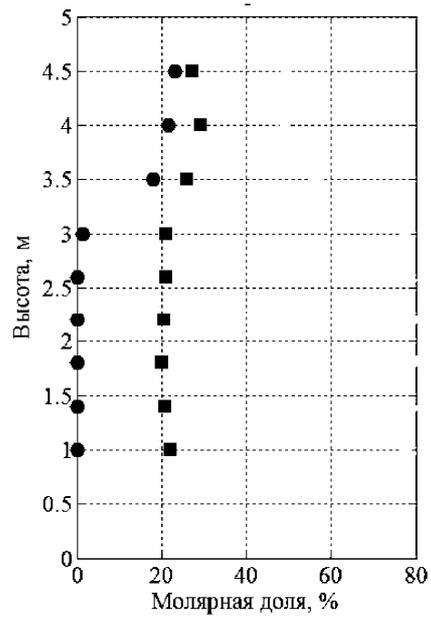
Фиг. 2



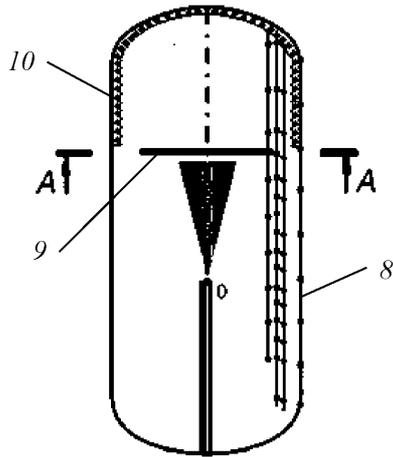
Фиг. 3



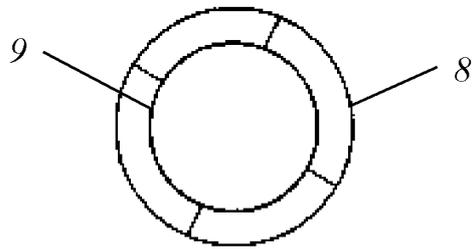
Фиг. 4



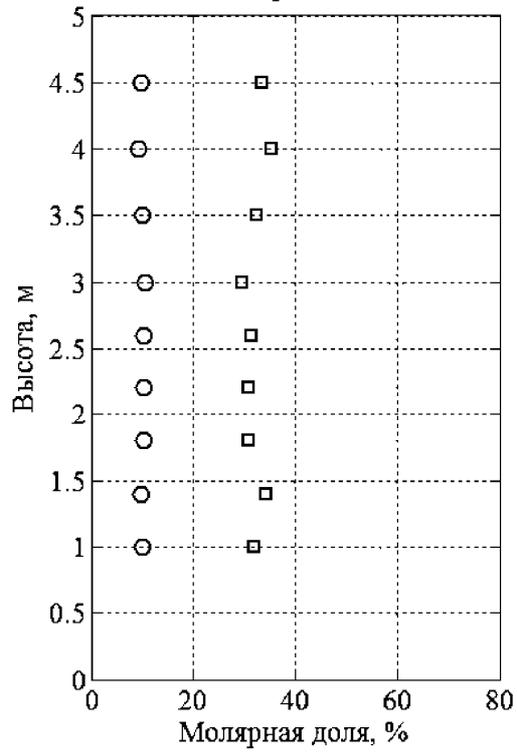
Фиг. 5



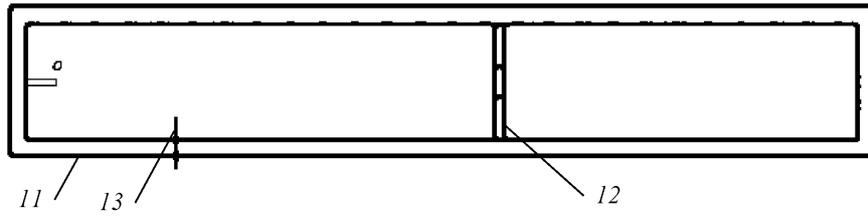
Фиг. 6



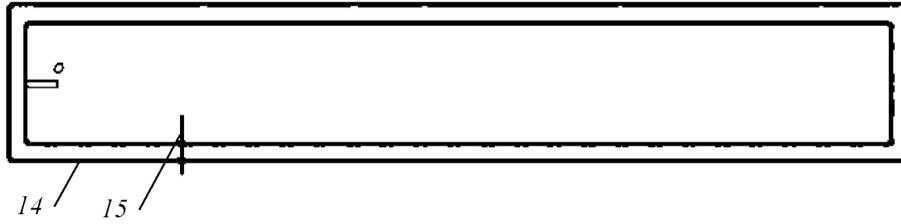
Фиг. 7



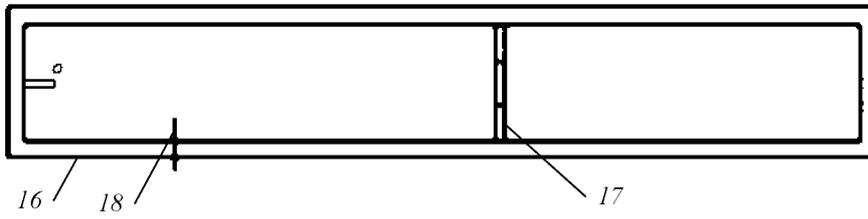
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11

