



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G21C 9/00 (2024.01)

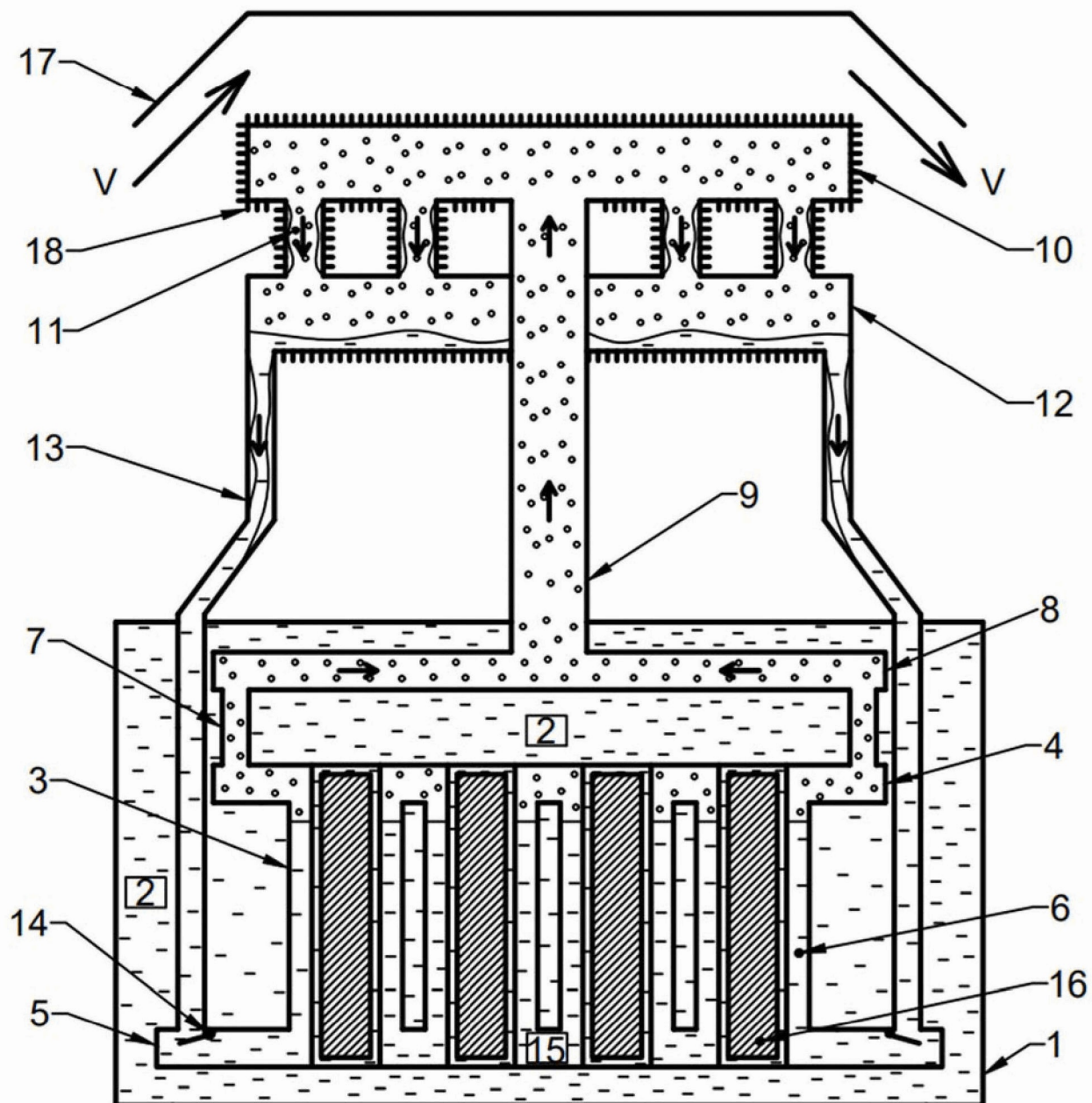
(21)(22) Заявка: 2024104941, 28.02.2024
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.02.2024
Дата регистрации:
23.10.2024
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 28.02.2024
(45) Опубликовано: 23.10.2024 Бюл. № 30
Адрес для переписки:
620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности,
Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):
Ташлыков Олег Леонидович (RU),
Шумков Дмитрий Евегеньевич (RU),
Чалпанов Сергей Валерьевич (RU),
Глухов Степан Михайлович (RU),
Ширманов Иван Андреевич (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2682331 C1, 19.03.2019. US
9058906 B2, 16.06.2015. US 9640286 B2,
02.05.2017. RU 2504031 C1, 10.01.2014. RU
2608826 C2, 25.01.2017. RU 2758159 C1,
26.10.2021. RU 2536559 C2, 27.12.2014. RU
2002320 C1, 30.10.1993. KR 101624561 B1,
26.05.2016. KR 101535478 B1, 09.07.2015.

(54) УСТРОЙСТВО ПАССИВНОГО ОТВОДА ОСТАТОЧНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ

(57) Реферат:
Изобретение относится к устройству для
пассивного отвода избыточной энергии от
объектов АЭС без использования внешних
источников энергии или дополнительного
оборудования. Устройство содержит
испарительный теплообменник, выполненный в
виде испарительного модуля, содержащего внутри
посадочные гнезда для топливных сборок, гнезда
которых размещены в воде бассейна. Модуль
заполнен легкокипящей рабочей жидкостью,
оснащен в своей верхней части паровыми
патрубками, соединенными через коллектор пара
и трубопровод с внешним конденсаторным

теплообменником, расположенным около
вентиляционного охлаждающего канала. Причем
внешний теплообменник посредством
конденсатных патрубков соединен с коллектором
пара, к которому подключены сливные
трубопроводы, а другие концы этих
трубопроводов введены в нижнюю часть модуля
через открытые обратные клапаны. Техническим
результатом является обеспечение эффективного
использования объема бассейна выдержки
отработавших топливных сборок и повышение
универсальности устройства пассивного отвода
остаточных тепловыделений. 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC
G21C 9/00 (2024.01)(21)(22) Application: **2024104941, 28.02.2024**(24) Effective date for property rights:
28.02.2024Registration date:
23.10.2024

Priority:

(22) Date of filing: **28.02.2024**(45) Date of publication: **23.10.2024** Bull. № 30

Mail address:

**620062, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr
intellektualnoj sobstvennosti, Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Tashlykov Oleg Leonidovich (RU),
Shumkov Dmitrii Evgenevich (RU),
Chalpanov Sergei Valerevich (RU),
Glukhov Stepan Mikhailovich (RU),
Shirmanov Ivan Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education Ural Federal
University named after the first President of
Russia B.N.Yeltsin (RU)**(54) **DEVICE FOR PASSIVE REMOVAL OF RESIDUAL HEAT RELEASE**

(57) Abstract:

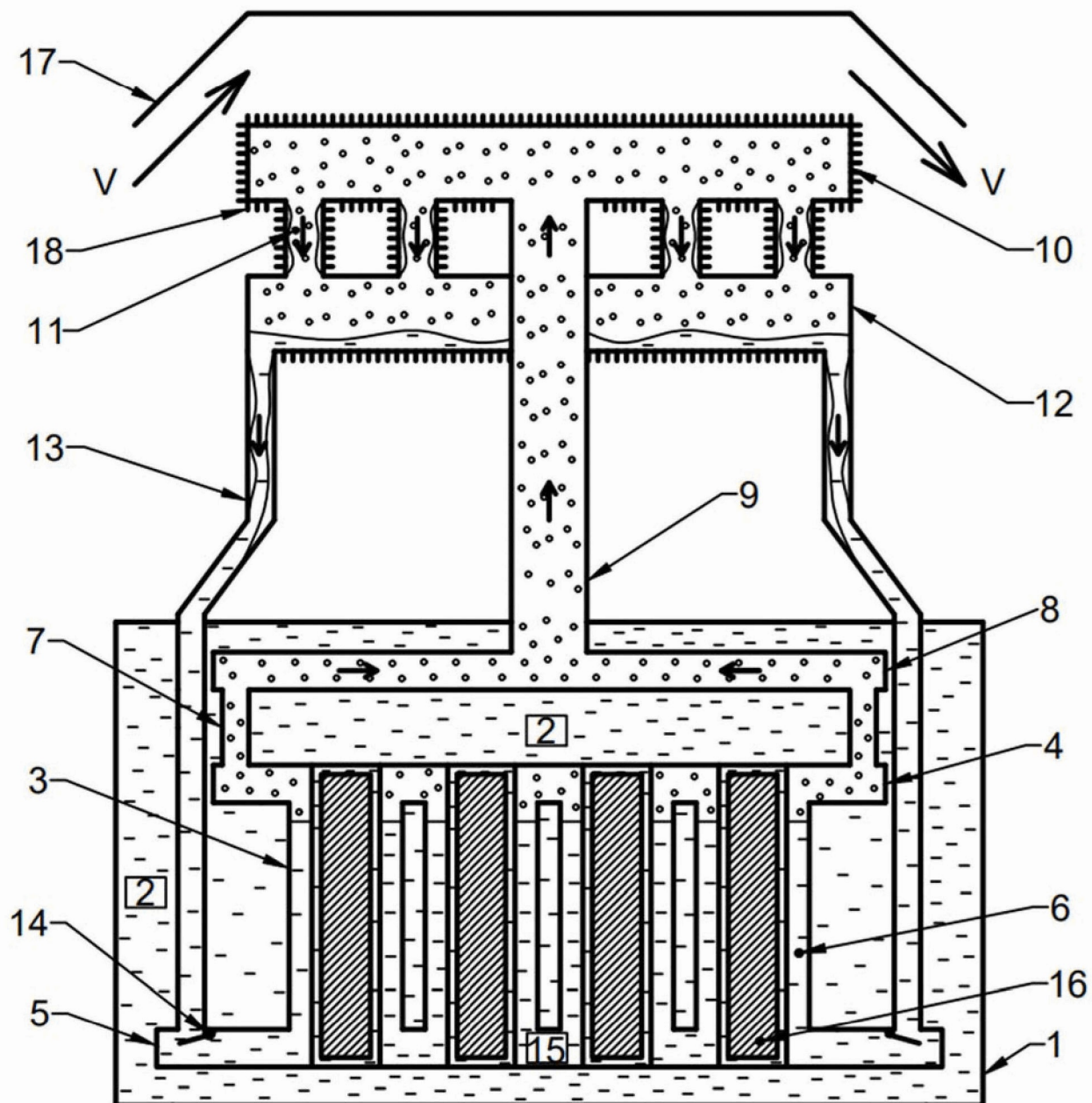
FIELD: heat exchange.

SUBSTANCE: invention relates to a device for passive removal of excess energy from NPP facilities without using external energy sources or additional equipment. Device contains an evaporative heat exchanger made in the form of an evaporation module containing seats for fuel assemblies inside, the seats of which are located in the pool water. Module is filled with low-boiling working fluid, is equipped in its upper part with steam pipes, connected through a steam header and a pipeline to an external condenser heat exchanger

located near the ventilation cooling channel. External heat exchanger is connected by means of condensate branch pipes to the steam header, to which the drain pipelines are connected, and the other ends of these pipelines are introduced into the lower part of the module through open check valves.

EFFECT: provision of efficient use of spent fuel assemblies spent fuel pool volume and increased versatility of the device for passive removal of residual heat release.

1 cl, 1 dwg



Изобретение относится к атомной промышленности, а именно к повышению безопасной эксплуатации атомных станций и может быть использовано при аварийной ситуации, когда частично или полностью произошло отключение активных (штатных) источников электроэнергии и требуется пассивно отводить избыточную тепловую энергию в атмосферу от охлаждаемой воды в бассейне выдержки в связи с выделением остаточной теплоты отработанного ядерного топлива за счет радиоактивного распада.

Известно устройство аналогичного назначения, схожее по применению, «Устройство для отвода избыточной тепловой энергии из внутреннего объема защитной оболочки атомной станции», авторов Мустафин М.Р., Бумагин В.Д. и др., по патенту РФ на изобретение №2504031, МПК G21C 15/00, включающее соединенные между собой системой легкокипящего теплоносителя три теплообменника, которые смонтированы один над другим, причем нижний теплообменник расположен в емкости для воды внутри средней части защитной оболочки, средний теплообменник размещен так же внутри в верхней части защитной оболочки, а верхний теплообменник укреплен на наружной поверхности стенки купола защитной оболочки, обдуваемой воздухом. Система легкокипящего теплоносителя оснащена клапанами с сильфонным сервоприводом, установленными на входных участках первого и третьего теплообменников.

Недостатками данного устройства являются низкая надежность из-за наличия движущихся механических узлов, сложность ремонта оборудования и его демонтажа, неэффективное использование объема бассейна выдержки из-за необходимости выделения дополнительно пространства для функционирования теплообменников пассивной системы отвода избыточной тепловой энергии, сложное устройство клапана с сильфонным сервоприводом, необходимость разной калибровки клапанов на открывание по давлению для поэтапного включения в работу теплообменников. Кроме того, использование только легкокипящих теплоносителей, в том числе фреонов, перфторорганических соединений и т.п., является неэффективным в силу их низкой теплоемкости и низкой теплоты парообразования по сравнению с водой.

Также легкокипящие теплоносители не могут быть универсальными рабочими жидкостями для других объектов, входящих в состав АЭС, работающих с высокими температурами.

Также известно устройство «Устройство пассивного охлаждения бассейна выдержки» («Passive cooling apparatus of spent fuel cool»), авторов Сан Джонг Ли (Sang Jong Lee), Геол Ву Ли (Geol Woo Lee) и др., по патенту США US 9640286, МПК G21C 15/18, содержащее теплообменник, установленный в баке охлаждения над источником остаточного тепла, при этом бак охлаждения соединен трубопроводом с источником остаточного тепла посредством поплавкового клапана уровня.

Недостатком указанной системы является низкий уровень автономности, обусловленный невозможностью пополнения охлаждающей воды баков в режиме работы системы по прямому назначению, и как следствие, расхолаживания источника остаточного тепла до требуемой температуры. Недостатком также является возможное заклинивание поплавкового клапана и невозможность проверки работоспособности системы при работе энергоблока АЭС на мощности.

Известна «Система хранения и охлаждения топливных элементов» («Fuel element storage and cooling configuration»), авторов М. Шмидт (M. Schmidt), Д. Фрейс (D. Freis) и др., по патенту США US 9058906, МПК G21C 13/00, содержащая первый промежуточный контур, состоящий из устройства отвода тепла, содержащего теплообменник-испаритель, размещенный под уровнем жидкости в источнике остаточного тепла и теплообменника-

конденсатора, установленного рядом с указанных теплообменником-испарителем, трубопроводов и насоса, предназначенного для обеспечения циркуляции охлаждаемой среды, также содержащая второй промежуточный контур, формируемый трубопроводами подвода и отвода охлаждающей жидкости от градирни к теплообменнику-конденсатору первого промежуточного контура. Расстояние между теплообменником-конденсатором и воздушной градирней составляет от 20 до 100 метров.

Недостатками указанной системы являются низкий уровень автономности, т.к. для обеспечения циркуляции в первом промежуточном контуре необходимо обеспечить электроснабжение насосного агрегата, что может привести к невозможности расхолаживания источника остаточного тепла до требуемой температуры и перевода объекта в безопасное состояние, кроме того неэффективно используется объем бассейна выдержки из-за необходимости выделения дополнительного пространства для функционирования теплообменников-испарителей.

Ближайшим аналогом, выбранным в качестве прототипа, предлагаемого изобретения является «Устройство для пассивного отвода избыточной тепловой энергии из внутреннего объема защитной оболочки объекта», авторов Щеклеина С.Е., Попова А.И. по патенту РФ на изобретение №2682331, СПК G21C 9/00, представляющее собой кольцевой двухфазный термосифон, заполненный рабочей жидкостью, испарительный теплообменник которого размещен в бассейне-охладителе на объекте, а конденсаторный теплообменник - в охлаждающем канале, теплообменники соединены паровым и конденсатным паропроводами.

Недостатком данного прототипа также является неэффективное использование объема бассейна-охладителя в связи с необходимостью выделения дополнительного пространства для размещения испарительного теплообменника термосифона.

Технической проблемой, решаемой данным изобретением, является повышение эффективности использования объема бассейна выдержки отработавших топливных сборок и увеличение его функциональных возможностей.

Технический результат предлагаемого решения заключается в расширении арсенала технических средств определенного назначения, в частности:

- обеспечивается эффективное использование объема бассейна выдержки отработавших топливных сборок за счет того, что испарительная часть устройства пассивного отвода тепла совмещена с гнездами для размещения отработавших топливных сборок или других предметов, требующих охлаждения;

- обеспечивается универсальность, т.е. более широкое использование предлагаемого устройства для различных объектов атомной промышленности.

Технический результат достигается за счет того, что в устройстве пассивного отвода остаточных тепловыделений, например, отработавших топливных сборок, в окружающую среду из внутреннего объема бассейна выдержки для ядерных реакторов, содержащее заполненный рабочей жидкостью двухфазный термосифон, испарительный теплообменник которого размещен в бассейне выдержки на объекте, конденсаторный теплообменник с ребрами охлаждения - в охлаждающем вентиляционном канале, оснащенном ребрами охлаждения, испарительный теплообменник выполнен в виде испарительного модуля, содержащего внутри посадочные гнезда для топливных сборок, гнезда которых размещены с доступом в них воды из бассейна, модуль заполнен легкокипящей рабочей жидкостью, оснащен в своей верхней части паровыми патрубками, соединенными через коллектор пара и трубопровод с внешним конденсаторным теплообменником, расположенным около вентиляционного

охлаждающего канала, причем внешний теплообменник посредством конденсатных патрубков соединен с коллектором пара, к которому подключены сливные трубопроводы, а другие концы этих трубопроводов введены в нижнюю часть модуля через открытые обратные клапаны.

5 На чертеже изображено предлагаемое устройство пассивного отвода остаточных тепловыделений, содержащее бассейн 1 выдержки, заполненный теплоносителем 2 (обычно используется вода), в бассейне размещен герметичный испарительный модуль 3, заполненный другим жидким рабочим телом, содержащемся также в верхней части 4 и нижней части 5 модуля, причем жидкость заполняет зазоры 6 между размещенными
10 предметами в модуле, требующими охлаждения. Верхняя часть испарительного модуля соединена паровыми патрубками 7 с расположенным в бассейне выдержки коллектором пара 8, который через трубопровод 9 подключен к внешнему герметичному конденсаторному теплообменнику 10, связанному с конденсатными патрубками 11 коллектора 12 конденсата, к которому подключены верхние концы сливных
15 трубопроводов 13, а их нижние концы соединены с нижней частью испарительного модуля через обратный клапан 14, поворачивающийся под действием собственного веса на шарнире. Испарительный модуль заполнен рабочей легкокипящей жидкостью 15 с температурой кипения и теплотой парообразования применительно к требованиям объекта, на котором предлагаемое устройство используется. Это может быть вода на
20 объектах реакторов АЭС, типа ВВЭР и РБМК с температурой кипения 70 градусов Цельсия при давлении 31,5 кПа, фреоны, перфторорганические соединения и т.д. для низкотемпературных объектов, в том числе для бассейнов выдержки отработавших топливных сборок 16, рассчитанных на диапазон температур 30...70 градусов Цельсия. Отвод остаточного тепловыделения от объекта производится в атмосферу воздушным
25 потоком V через тяговый вентиляционный охлаждающий канал 17, в котором находятся герметичный конденсаторный теплообменник, конденсатные патрубки и коллектор конденсата, оснащенные для улучшения теплообмена охлаждающими ребрами 18. Отработавшие топливные сборки или другие подобные предметы, требующие охлаждения, помещаются в посадочные гнезда 19, в которых циркулирует вода бассейна, а в зазорах между гнездами перемещается легкокипящая рабочая жидкость
30 испарительного модуля

«Устройство пассивного отвода остаточных тепловыделений» работает следующим образом. При достижении в бассейне 1 выдержки и, соответственно, в герметичном испарительном модуле 3 заданной для пассивного отвода температуры, в верхней части
35 4 испарительного модуля начинает испаряться рабочая жидкость 15, ее пары поступают через паровые патрубки 7 в коллектор пара 8 и по трубопроводу 9 попадают в герметичный конденсаторный теплообменник 10, где эти пары конденсируются. Затем конденсат и оставшиеся пары рабочего тела поступают через конденсатные патрубки 11 в коллектор 12, откуда по стенкам сливных трубопроводов 13 попадают в нижнюю
40 часть 5 испарительного модуля (для лучшего понимания существа заявки движение легкокипящей жидкости 15 в модуле помечено также звездочками).

Отвод тепла в атмосферу производится воздушным потоком V тягового вентиляционного охлаждающего канала 17, охлаждающего герметичный конденсаторный теплообменник 10, конденсатные патрубки 11, коллектор конденсата
45 12 и их ребра 18.

В рабочем режиме открытый под действием собственного веса обратный клапан 14 не используется, так как столб жидкости в сливных трубопроводах 13 противодействует давлению паров жидкости с низу, поэтому пары жидкости в рабочем режиме будут

перемещаться только по паровым патрубкам 7 в трубопровод 9 и далее на охлаждение.. Клапаны 14 используются при работе в критических режимах работы устройства, когда происходит взрывное испарение жидкости. В этом случае обратный клапан поворачивается и закрывается вход паров в сливной трубопровод 13.

- 5 Предлагаемое «Устройство пассивного отвода остаточных тепловыделений» универсально для применения, не требует выделения дополнительного объема для размещения испарительного теплообменника в бассейне выдержки, поэтому может найти широкое применение в атомной промышленности.

10 (57) Формула изобретения

- Устройство пассивного отвода остаточных тепловыделений, например, отработавших топливных сборок, в окружающую среду из внутреннего объема бассейна выдержки для ядерных реакторов, содержащее заполненный рабочей жидкостью двухфазный термосифон, испарительный теплообменник которого размещен в бассейне выдержки на объекте, а конденсаторный теплообменник с ребрами охлаждения - в охлаждающем вентилиационном канале, оснащенный ребрами охлаждения, отличающееся тем, что испарительный теплообменник выполнен в виде испарительного модуля, содержащего внутри посадочные гнезда для топливных сборок, гнезда которых размещены с доступом в них воды из бассейна, модуль заполнен легкокипящей рабочей жидкостью, оснащен в своей верхней части паровыми патрубками, соединенными через коллектор пара и трубопровод с внешним конденсаторным теплообменником, расположенным в зоне вентилиационного охлаждающего канала, причем внешний теплообменник посредством конденсатных патрубков соединен с коллектором пара, к которому подключены сливные трубопроводы, другие концы которых введены в нижнюю часть модуля через
25 открытые обратные клапаны.

30

35

40

45

