



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014118007/07, 06.05.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.05.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.05.2014

(45) Опубликовано: 27.12.2014 Бюл. № 36

Адрес для переписки:

127427, Москва, ул. Б. Марфинская, 1, кор. 4, кв.  
42, Осипову Ю.О.

(72) Автор(ы):

**Бобылев Сергей Петрович (RU),  
Загадкин Владимир Андреевич (RU),  
Кривонос Иван Геннадиевич (RU),  
Лисуренко Владимир Александрович (RU),  
Осипов Юрий Олегович (RU),  
Троценко Валерий Михайлович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

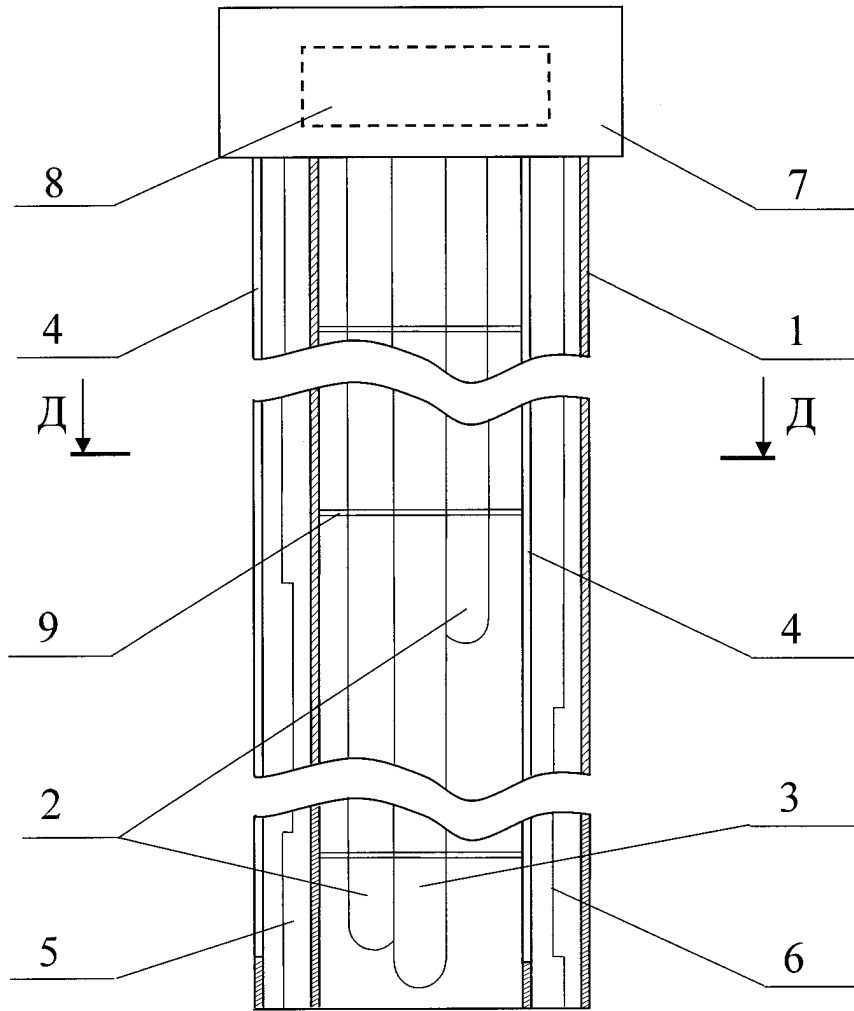
**Общество с ограниченной ответственностью  
Научно-производственное объединение  
"ИНКОР" (ООО НПО "ИНКОР") (RU)**

**(54) СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В БАСЕЙНЕ ВЫДЕРЖКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА**

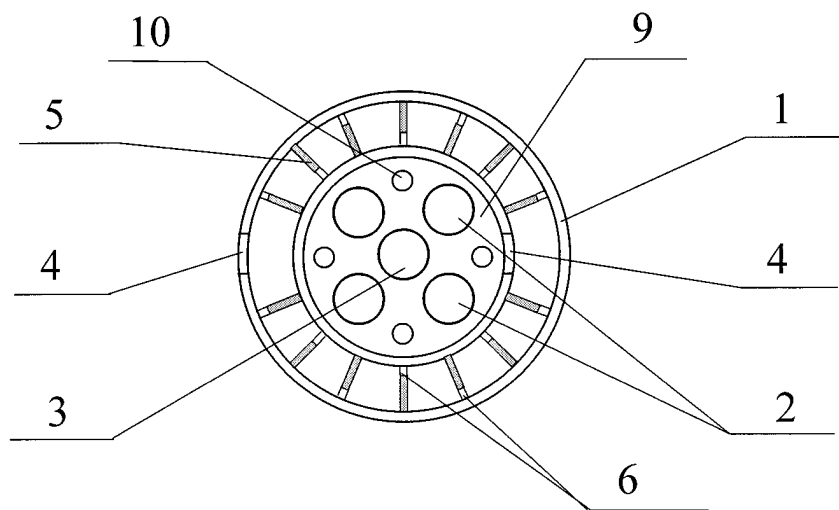
Формула полезной модели

1. Система контроля уровня жидкости (СКУБ) в бассейне отработавшего ядерного топлива, содержащая индикатор уровня (ИУ) в виде продолговатого корпуса, в котором размещены сборки детекторов (СД) с нагреваемыми термopарами (НТ) и ненагреваемыми референтными термopарами (РТ), секционированный электронагреватель, электронную аппаратуру и линии связи, отличающаяся тем, что индикатор уровня имеет корпус в виде трубы с двойными стенками - внешней и внутренней, на каждой из стенок по всей длине выполнена продольная щель, при этом щели смещены на 180 градусов по отношению друг к другу, а между стенками размещены дистанционирующие элементы, образующие лабиринт, внутри корпуса размещено несколько СД, в одной или нескольких СД размещены НТ, которые находятся в тепловом контакте с корпусом СД и индивидуальным нагревателем, также в одной или нескольких СД размещены РТ также находящиеся в тепловом контакте с корпусом СД, свободные концы термopар и термометр сопротивления (ТС) размещены в пассивном термостате, расположенном в верхней части корпуса, электронная аппаратура содержит управляемый источник питания электронагревателя с возможностью автоматического регулирования тока в зависимости от температуры жидкости, измеряемой с помощью одной или нескольких РТ и ТС, усилители сигналов термopар и ТС с возможностью соединения с арифметическо-логическим устройством (АЛУ) и исполнительными устройствами сигнализации, обеспечивающими выполнение алгоритма функционирования системы.

2. СКУБ по п. 1, отличающийся тем, что свободные концы НТ и РТ, принадлежащие одной точке контроля наличия жидкости, соединены попарно встречно для получения разностного сигнала.



Д - Д



Настоящая полезная модель относится к системе контроля уровня жидкости в бассейне (СКУБ) выдержки отработавшего ядерного топлива для атомной электростанции, которая может использоваться как для бассейна выдержки ОЯТ, так и для баков, приемков, барботеров и технологических помещений, в которых возможно аварийное затопление.

Известно устройство для контроля уровня теплоносителя в реакторе, содержащее продолговатый корпус, в котором размещены нагреваемые термоэлектрические измерители со спаями, распределенными в продольном направлении, и ненагреваемый термоэлектрический измеритель, спай которого расположен вне зоны размещения нагреваемых термоэлектрических измерителей (см. авт. свид. СССР 1157919, кл. G01F 23/22, оп. 1986). В этом известном устройстве спай ненагреваемого термоэлектрического измерителя расположен вне зоны размещения дифференциальных термоэлектрических нагреваемых измерителей в донной части продолговатого корпуса, при этом спаи термопар распределены вдоль корпуса. Система электронагрева выполнена в виде источника переменного тока, к которому через разделительный конденсатор подключены электроды термоэлектрических измерителей, используемые в качестве нагревательных элементов.

Недостатком известного устройства контроля уровня теплоносителя в реакторе является низкая информативная точность измерения и высокая стоимость эксплуатации устройства, обусловленные большим количеством ложных срабатываний. Низкая информативная точность известного устройства определяется сложностью учета градиентов температуры среды в зонах размещения спаев термоэлектрических измерителей. При постоянной мощности нагревательного элемента и увеличении температуры окружающей среды контролируемый параметр - разность температур нагреваемых и ненагреваемых спаев - может значительно возрасти без изменения уровня, что вызовет ложное срабатывание устройства.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков и достигаемому техническому результату является устройство для определения уровня теплоносителя в реакторе, содержащее индикатор уровня в виде продолговатого корпуса, в котором размещены термопреобразователи с нагреваемыми и ненагреваемыми рабочими спаями термопар, распределенными в продольном направлении, при этом ненагреваемые рабочие спаи термопар удалены от нагреваемых рабочих спаев термопар, секционированный электронагреватель, электронную аппаратуру и линии связи (см. патент РФ №2153712 С1, Кл. G21С 17/035, 2000).

Недостатком этого известного устройства является низкая точность измерения, низкая надежность и высокая стоимость его эксплуатации из-за наличия ложных срабатываний при применении в бассейнах в которых имеются повышенные градиенты температуры жидкости, обдув воздухом, а также возможны аварийные воздействия струй пара, вспышек водорода и т.п.

Техническим результатом полезной модели является повышение точности и надежности контроля положения уровня в бассейне.

Указанный технический результат достигается тем, что система контроля уровня жидкости в бассейне (СКУБ) выдержки отработавшего ядерного топлива содержит индикатор уровня (ИУ) в виде продолговатого корпуса, в котором размещены сборки детекторов (СД) с нагреваемыми термопарами (НТ) и ненагреваемыми референтными термопарами (РТ), секционированный электронагреватель, электронную аппаратуру и линии связи, при этом корпус ИУ выполнен в виде трубы с двойными стенками - внешней и внутренней, на каждой из стенок по всей длине выполнена продольная щель,

при этом щели смещены на 180 градусов по отношению друг к другу, а между стенками размещены дистанционирующие элементы, образующие лабиринт, внутри корпуса размещено несколько трубчатых СД, в одной или нескольких СД размещены НТ, которые находятся в тепловом контакте с корпусом СД и нагревателем, также в одной или нескольких СД размещены ненагреваемые референтные термодпары РТ, находящиеся в тепловом контакте с корпусом СД, пары соответствующих термодпар НТ и РТ, принадлежащих одной точке контроля жидкости, образуют чувствительные элементы (ЧЭ), свободные концы термодпар и термометр сопротивления (ТС) размещены в пассивном термостате, расположенном в верхней части корпуса ИУ, электронная аппаратура содержит управляемый источник питания электронагревателя с возможностью автоматического регулирования тока в зависимости от температуры жидкости, измеряемой с помощью одной или нескольких РТ и ТС, усилители сигналов термодпар и ТС, исполнительные устройства сигнализации, арифметическо-логическое устройство (АЛУ), выполненное с возможностью присоединения к ИУ и содержащее функциональные блоки: блок вычисления температуры жидкости по сигналам одной или нескольких РТ и ТС, блок управления мощностью секционированного нагревателя в зависимости от температуры жидкости в соответствии с заданной кривой регулирования, хранящейся в его памяти, блок вычисления текущего значения температурной уставки в соответствии с пороговой функцией, хранящейся в его памяти, блоки сравнения текущего значения температурной уставки с разностью температур НТ и РТ, ключевые элементы, устройства сигнализации; входы усилителей сигналов термоэлектрических преобразователей соединены посредством линий связи с термодпарами и термометром сопротивления, выход каждого из усилителей сигналов термоэлектрических преобразователей соединен с входами АЛУ, в котором входы вычислителя температуры жидкости соединены с выходом усилителя ТС и выходом одного или нескольких усилителей РТ, выход вычислителя температуры жидкости соединен с входами блока управления мощностью секционированного нагревателя и блока вычисления текущего значения температурной уставки, выход блока вычисления текущего значения температурной уставки соединен с входами блоков сравнения значения температурной уставки с разностью температур НТ и РТ, полученной от соответствующего усилителя, выходы блоков сравнения соединены с входами ключевых элементов АЛУ, выходы ключевых элементов соединены с входами внешних устройств сигнализации, выход блока регулирования мощностью секционированного нагревателя АЛУ подключен к управляемому источнику питания секционированного нагревателя, а последний подключен к секционированному нагревателю ИУ.

Двойной корпус ИУ обладает высокой механической прочностью.

Дистанционирующие элементы образуют лабиринт, затрудняющий обдув ЧЭ воздухом, а при аварии - проникновение струй пара, а также раскаленных газов и ударных волн от вспышек водорода. Эти воздействия могут привести к нарушению тепловых процессов в ИУ и, соответственно, к нарушению функционирования СКУБ. В то же время корпус пропускает жидкость, обеспечивая равенство уровней в зоне ЧЭ и в бассейне, а также выравнивание температуры внутри и снаружи ИУ за счет массообмена жидкости. ИУ имеет головку, в которой размещен пассивный термостат, необходимый для выравнивания температуры свободных концов термодпар. В термостате размещается также термометр сопротивления, позволяющий делать поправку на температуру свободных концов термодпар при измерении температуры жидкости.

Для определения наличия жидкости в зоне ЧЭ используется разностный сигнал НТ и РТ ( $\Delta t$ ), получаемый путем их дифференциального включения.  $\Delta t$  однозначно связан

с коэффициентом теплоотдачи от корпуса СД в зоне размещения НТ: повышение  $\Delta t$  означает снижение уровня жидкости ниже точки контроля и наоборот, снижение  $\Delta t$  соответствует появлению жидкости. Изменение  $\Delta t$  контролируется с помощью пороговых уставок, а снижение величины  $\Delta t$ , имеющее место при росте температуры жидкости, компенсируется автоматическим повышением мощности нагревателя.

Этим достигается надежная работа СКУБ во всем диапазоне температур жидкости, включая аварийные режимы. Температура жидкости, измеряемая в целях регулирования мощности нагревателя, является дополнительной полезной информацией о температуре жидкости в бассейне.

Проведенный анализ уровня техники показал, что заявленная совокупность существенных признаков, изложенная в формуле полезной модели, неизвестна. Это позволяет сделать вывод о ее соответствии критерию "новизна".

Сущность полезной модели поясняется чертежами, описанием конструкции и функционирования.

На фиг. 1 представлены продольный разрез и поперечное сечение ИУ.

На фиг. 2 представлены продольные разрезы и поперечные сечения СД, содержащих НТ с нагревателями и СД, содержащих РТ.

На фиг. 3 представлена блок-схема СКУБ.

ИУ (фиг. 1) включает защитный корпус 1 с размещенными в нем трубчатыми сборками детекторов (СД) 2, 3, содержащими термопары и нагреватели. Корпус выполнен в виде трубы с двойными стенками - внешней и внутренней. Наружная и внутренняя стенки корпуса по всей длине имеют продольные щели 4 для прохода жидкости. Эти щели разнесены на 180 градусов для предотвращения прямого попадания воздуха и пара на СД. Между внутренней и наружной стенками корпуса закреплены продольные вставки 5, в которых сделаны вырезы 6 для циркуляции жидкости. В головке 7 размещается пассивный термостат 8, в котором находятся свободные концы термопар и термометр сопротивления (на фигуре не показан). СД 2, 3 закреплены герметично в головке 7, положение сборок внутри корпуса фиксируется с помощью нескольких решеток 9. Решетки имеют отверстия 10 для свободной циркуляции жидкости.

СД (фиг. 2) имеет корпус 11 с герметичным оконцевателем 12. В корпусе размещаются НТ 13, РТ 14 и нагревательные элементы 15. Нагревательные элементы 15 вместе с НТ 13 припаиваются к внутренней стенке и к оконцевателю детекторныхборок металлическим припоем 16. Референтные термопары 14 также припаиваются к корпусу детекторной сборки 11 припоем 16. Предпочтительно использовать в сборках секционированный нагревательный элемент 15 кабельного типа с металлической оболочкой. Нагреватель представляет собой петлю, в которой нагревательные секции соединены последовательно. В СД разной длины размещается необходимое количество ЧЭ, которые могут размещаться как в оконцевателе, так и на боковых стенках СД.

Количество термопар (концевых и боковых) в сборке, числоборок в ИУ и длина ИУ определяются требуемым количеством точек контроля жидкости и контролируемой глубиной бассейна.

На блок-схеме (фиг. 3) показана типовая структура СКУБ, имеющая 16 точек контроля жидкости по высоте и, соответственно, 16 каналов обработки разности сигналов термопар. В корпусе 1 ИУ размещено пять СД (на фиг. 3 не показаны). В четырех периферийных СД (см. фиг. 1) размещено шестнадцать НТ 17 с индивидуальными нагревателями 18. В центральной СД размещено семнадцать РТ 19, шестнадцать из которых в парах со «своими» НТ составляют ЧЭ, а отдельная, семнадцатая РТ, служит для измерения температуры жидкости. Свободные концы

термопар (не показано) и термометр сопротивления 20 размещены в термостате 8, находящемся в головке 7 ИУ. Усилитель сигналов термометра сопротивления 21 и усилители сигналов термопар 22 преобразуют сигналы в форму удобную для обработки в АЛУ, которое может быть аналоговым, цифровым, аналого-цифровым или может представлять собой программный блок вычислительного средства. Функциональные блоки в составе АЛУ выполняют обработку входных сигналов и вырабатывают управляющие сигналы. Блок 23 вычисляет температуру жидкости по сигналам нижней РТ и ТС; блок 24 по этому значению температуры и в соответствии с кривой регулирования, хранящейся в памяти, управляет мощностью секционированного нагревателя 18 через блок питания 29; блок 25 по значению температуры, получаемому от блока 23, вычисляет текущее значение температурной уставки для каждого из шестнадцати ЧЭ в соответствии с пороговой функцией, хранящейся в его памяти; каждый из шестнадцати блоков 26 сравнивает разностный сигнал, получаемый от соответствующего усилителя 22 со значением индивидуальной уставки, получаемой от блока 25 и выдает управляющий логический сигнал ключевому элементу 27, который, в свою очередь, активирует исполнительное устройство сигнализации 28. Последнее может представлять собой как техническое средство (реле, лампочка, светодиод и т.п.), так и программный блок вычислительного средства.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что заявленная система СКУБ может быть реализована на практике с достижением заявленного технического результата, т.е. она соответствует критерию «промышленная применимость».

#### (57) Реферат

Настоящая полезная модель относится к системе контроля уровня жидкости в бассейне (СКУБ) отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) для атомной электростанции, которая может использоваться как для бассейна выдержки ОЯТ, так и для баков, прямков, барботеров и технологических помещений, в которых возможно аварийное затопление. СКУБ содержит индикатор уровня (ИУ) в виде продолговатого корпуса, в котором размещены сборки детекторов (СД) с нагреваемыми термопарами (НТ) и ненагреваемыми референтными термопарами (РТ), секционированный электронагреватель, электронную аппаратуру и линии связи, при этом, корпус ИУ выполнен в виде трубы с двойными стенками - внешней и внутренней, на каждой из стенок по всей длине выполнена продольная щель, при этом щели смещены на 180 градусов по отношению друг к другу, а между стенками размещены дистанционирующие элементы, образующие лабиринт, внутри корпуса размещено несколько СД, в одной или нескольких СД размещены НТ, которые находятся в тепловом контакте с корпусом СД и индивидуальным нагревателем, также в одной или нескольких СД размещены ненагреваемые референтные термопары РТ, находящиеся в тепловом контакте с корпусом СД, свободные концы термопар и термометр сопротивления (ТС) размещены в пассивном термостате, расположенном в верхней части корпуса ИУ, электронная аппаратура содержит источник питания электронагревателя с возможностью автоматического регулирования тока в зависимости от температуры жидкости, измеряемой с помощью одной из РТ и ТС, усилители сигналов термопар и ТС, управляемый блок питания нагревателя, исполнительные устройства сигнализации, арифметическо-логическое устройство (АЛУ), содержащее функциональные блоки: блок вычисления температуры жидкости по сигналам РТ и ТС, блок управления мощностью секционированного нагревателя в зависимости от температуры жидкости в соответствии с заданной кривой регулирования, хранящейся в его памяти, блок

вычисления текущего значения температурной уставки в соответствии с функцией, хранящейся в его памяти, блоки сравнения текущего значения температурной уставки с разностью температур НТ и РТ, ключевые элементы; входы усилителей сигналов термопар соединены посредством линий связи с термоэлектрическими преобразователями, при этом для получения разности температур предпочтительно используется дифференциальное включение пар НТ и РТ, принадлежащих одной точке контроля жидкости, вход усилителя ТС соединен с ТС посредством четырехпроводной линии связи, выходы усилителей сигналов НТ, РТ и ТС подключены ко входам АЛУ, в котором входы вычислителя температуры жидкости соединены с выходом усилителя ТС и выходом одного или нескольких усилителей РТ, выход вычислителя температуры жидкости подключен ко входам блока управления мощностью секционированного нагревателя и блока вычисления текущего значения температурной уставки, при превышении которой выдается сигнал отсутствия жидкости, вход блока вычисления текущего значения температурной уставки соединен с выходом блока вычисления температуры жидкости, выход блока вычисления текущего значения температурной уставки соединен с входами блоков сравнения значения температурной уставки с разностью температур НТ и РТ, полученной от соответствующего усилителя, выходы блоков сравнения соединены с входами ключевых элементов, выходы ключевых элементов АЛУ соединены с входами устройств внешней сигнализации, выход блока управления мощностью секционированного нагревателя АЛУ подключен к управляемому блоку питания нагревателя, блок питания секционированного нагревателя подключен к секционированному нагревателю ИУ. 3 ил.

25

30

35

40

45

**АА**



## **РЕФЕРАТ**

Настоящая полезная модель относится к системе контроля уровня жидкости в бассейне (СКУБ) отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) для атомной электростанции, которая может использоваться как для бассейна выдержки ОЯТ, так и для баков, приемков, барботёров и технологических помещений, в которых возможно аварийное затопление. СКУБ содержит индикатор уровня (ИУ) в виде продолговатого корпуса, в котором размещены сборки детекторов (СД) с нагреваемыми термопарами (НТ) и ненагреваемыми референтными термопарами (РТ), секционированный электронагреватель, электронную аппаратуру и линии связи, при этом, корпус ИУ выполнен в виде трубы с двойными стенками – внешней и внутренней, на каждой из стенок по всей длине выполнена продольная щель, при этом щели смещены на 180 градусов по отношению друг к другу, а между стенками размещены дистанционирующие элементы, образующие лабиринт, внутри корпуса размещено несколько СД, в одной или нескольких СД размещены НТ, которые находятся в тепловом контакте с корпусом СД и индивидуальным нагревателем, также в одной или нескольких СД размещены ненагреваемые референтные термопары РТ, находящиеся в тепловом контакте с корпусом СД, свободные концы термопар и термометр сопротивления (ТС) размещены в пассивном термостате, расположенном в верхней части корпуса ИУ, электронная аппаратура содержит источник питания электронагревателя с возможностью автоматического регулирования тока в зависимости от температуры жидкости, измеряемой с помощью одной из РТ и ТС, усилители сигналов термопар и ТС, управляемый блок питания нагревателя, исполнительные устройства сигнализации, арифметическо-логическое устройство (АЛУ), содержащее функциональные блоки: блок вычисления температуры жидкости по сигналам РТ и ТС, блок управления мощностью секционированного нагревателя в зависимости от температуры жидкости в соответствии с заданной кривой регулирования, хранящейся в его памяти, блок вычисления текущего значения температурной уставки в



соответствии с функцией, хранящейся в его памяти, блоки сравнения текущего значения температурной уставки с разностью температур НТ и РТ, ключевые элементы; входы усилителей сигналов термопар соединены посредством линий связи с термоэлектрическими преобразователями, при этом для получения разности температур предпочтительно используется дифференциальное включение пар НТ и РТ, принадлежащих одной точке контроля жидкости, вход усилителя ТС соединен с ТС посредством четырехпроводной линии связи, выходы усилителей сигналов НТ, РТ и ТС подключены ко входам АЛУ, в котором входы вычислителя температуры жидкости соединены с выходом усилителя ТС и выходом одного или нескольких усилителей РТ, выход вычислителя температуры жидкости подключен ко входам блока управления мощностью секционированного нагревателя и блока вычисления текущего значения температурной уставки, при превышении которой выдаётся сигнал отсутствия жидкости, вход блока вычисления текущего значения температурной уставки соединен с выходом блока вычисления температуры жидкости, выход блока вычисления текущего значения температурной уставки соединен с входами блоков сравнения значения температурной уставки с разностью температур НТ и РТ, полученной от соответствующего усилителя, выходы блоков сравнения соединены с входами ключевых элементов, выходы ключевых элементов АЛУ соединены с входами устройств внешней сигнализации, выход блока управления мощностью секционированного нагревателя АЛУ подключен к управляемому блоку питания нагревателя, блок питания секционированного нагревателя подключён к секционированному нагревателю ИУ. 3 ил.

G21C 17/035, G01F 23/22

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В БАССЕЙНЕ ВЫДЕРЖКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Настоящая полезная модель относится к системе контроля уровня жидкости в бассейне (СКУБ) выдержки отработавшего ядерного топлива для атомной электростанции, которая может использоваться как для бассейна выдержки ОЯТ, так и для баков, прямков, барботёров и технологических помещений, в которых возможно аварийное затопление.

Известно устройство для контроля уровня теплоносителя в реакторе, содержащее продолговатый корпус, в котором размещены нагреваемые термоэлектрические измерители со спаями, распределенными в продольном направлении, и ненагреваемый термоэлектрический измеритель, спай которого расположен вне зоны размещения нагреваемых термоэлектрических измерителей (см. авт. свид. СССР 1157919, кл. G 01 F 23/22, оп. 1986). В этом известном устройстве спай ненагреваемого термоэлектрического измерителя расположен вне зоны размещения дифференциальных термоэлектрических нагреваемых измерителей в донной части продолговатого корпуса, при этом спаи термопар распределены вдоль корпуса. Система электронагрева выполнена в виде источника переменного тока, к которому через разделительный конденсатор подключены электроды термоэлектрических измерителей, используемые в качестве нагревательных элементов.

Недостатком известного устройства контроля уровня теплоносителя в реакторе является низкая информативная точность измерения и высокая стоимость эксплуатации устройства, обусловленные большим количеством ложных срабатываний. Низкая информативная точность известного устройства определяется сложностью учета градиентов температуры среды в зонах размещения спаев термоэлектрических измерителей. При постоянной мощности нагревательного элемента и увеличении температуры окружающей среды контролируемый параметр — разность температур нагреваемых и ненагреваемых спаев — может значительно возрасти без изменения уровня, что вызовет ложное срабатывание устройства.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков и достигаемому техническому результату является устройство для определения уровня теплоносителя в реакторе, содержащее индикатор уровня в виде продолговатого корпуса, в котором размещены термопреобразователи с нагреваемыми и ненагреваемыми рабочими спаями

термопар, распределенными в продольном направлении, при этом ненагреваемые рабочие спаи термопар удалены от нагреваемых рабочих спаев термопар, секционированный электронагреватель, электронную аппаратуру и линии связи (см. патент РФ №2153712 С1, Кл. G21C 17/035, 2000).

Недостатком этого известного устройства является низкая точность измерения, низкая надежность и высокая стоимость его эксплуатации из-за наличия ложных срабатываний при применении в бассейнах в которых имеются повышенные градиенты температуры жидкости, обдув воздухом, а также возможны аварийные воздействия струй пара, вспышек водорода и т.п.

Техническим результатом полезной модели является повышение точности и надёжности контроля положения уровня в бассейне.

Указанный технический результат достигается тем, что система контроля уровня жидкости в бассейне (СКУБ) выдержки отработавшего ядерного топлива содержит индикатор уровня (ИУ) в виде продолговатого корпуса, в котором размещены сборки детекторов (СД) с нагреваемыми термопарами (НТ) и ненагреваемыми референтными термопарами (РТ), секционированный электронагреватель, электронную аппаратуру и линии связи, при этом корпус ИУ выполнен в виде трубы с двойными стенками – внешней и внутренней, на каждой из стенок по всей длине выполнена продольная щель, при этом щели смещены на 180 градусов по отношению друг к другу, а между стенками размещены дистанционирующие элементы, образующие лабиринт, внутри корпуса размещено несколько трубчатых СД, в одной или нескольких СД размещены НТ, которые находятся в тепловом контакте с корпусом СД и нагревателем, также в одной или нескольких СД размещены ненагреваемые референтные термопары РТ, находящиеся в тепловом контакте с корпусом СД, пары соответствующих термопар НТ и РТ, принадлежащих одной точке контроля жидкости, образуют чувствительные элементы (ЧЭ), свободные концы термопар и термометр сопротивления (ТС) размещены в пассивном термостате, расположенном в верхней части корпуса ИУ, электронная аппаратура содержит управляемый источник питания электронагревателя с возможностью автоматического регулирования тока в зависимости от температуры жидкости, измеряемой с помощью одной или нескольких РТ и ТС, усилители сигналов термопар и ТС, исполнительные устройства сигнализации, арифметическо-логическое устройство (АЛУ), выполненное с возможностью присоединения к ИУ и содержащее функциональные блоки: блок вычисления температуры жидкости по сигналам одной или

нескольких РТ и ТС, блок управления мощностью секционированного нагревателя в зависимости от температуры жидкости в соответствии с заданной кривой регулирования, хранящейся в его памяти, блок вычисления текущего значения температурной уставки в соответствии с пороговой функцией, хранящейся в его памяти, блоки сравнения текущего значения температурной уставки с разностью температур НТ и РТ, ключевые элементы, устройства сигнализации; входы усилителей сигналов термоэлектрических преобразователей соединены посредством линий связи с термопарами и термометром сопротивления, выход каждого из усилителей сигналов термоэлектрических преобразователей соединен с входами АЛУ, в котором входы вычислителя температуры жидкости соединены с выходом усилителя ТС и выходом одного или нескольких усилителей РТ, выход вычислителя температуры жидкости соединен с входами блока управления мощностью секционированного нагревателя и блока вычисления текущего значения температурной уставки, выход блока вычисления текущего значения температурной уставки соединен с входами блоков сравнения значения температурной уставки с разностью температур НТ и РТ, полученной от соответствующего усилителя, выходы блоков сравнения соединены с входами ключевых элементов АЛУ, выходы ключевых элементов соединены с входами внешних устройств сигнализации, выход блока регулирования мощностью секционированного нагревателя АЛУ подключен к управляемому источнику питания секционированного нагревателя, а последний подключен к секционированному нагревателю ИУ.

Двойной корпус ИУ обладает высокой механической прочностью. Дистанционирующие элементы образуют лабиринт, затрудняющий обдув ЧЭ воздухом, а при аварии – проникновение струй пара, а также раскалённых газов и ударных волн от вспышек водорода. Эти воздействия могут привести к нарушению тепловых процессов в ИУ и, соответственно, к нарушению функционирования СКУБ. В то же время корпус пропускает жидкость, обеспечивая равенство уровней в зоне ЧЭ и в бассейне, а также выравнивание температуры внутри и снаружи ИУ за счёт массообмена жидкости. ИУ имеет головку, в которой размещён пассивный термостат, необходимый для выравнивания температуры свободных концов термопар. В термостате размещается также термометр сопротивления, позволяющий делать поправку на температуру свободных концов термопар при измерении температуры жидкости.

Для определения наличия жидкости в зоне ЧЭ используется разностный сигнал НТ и РТ ( $\Delta t$ ), получаемый путём их дифференциального включения.  $\Delta t$  однозначно связан с коэффициентом теплоотдачи от корпуса СД в зоне размещения НТ: повышение  $\Delta t$

означает снижение уровня жидкости ниже точки контроля и наоборот, снижение  $\Delta t$  соответствует появлению жидкости. Изменение  $\Delta t$  контролируется с помощью пороговых уставок, а снижение величины  $\Delta t$ , имеющее место при росте температуры жидкости, компенсируется автоматическим повышением мощности нагревателя.

Этим достигается надёжная работа СКУБ во всём диапазоне температур жидкости, включая аварийные режимы. Температура жидкости, измеряемая в целях регулирования мощности нагревателя, является дополнительной полезной информацией о температуре жидкости в бассейне.

Проведенный анализ уровня техники показал, что заявленная совокупность существенных признаков, изложенная в формуле полезной модели, неизвестна. Это позволяет сделать вывод о ее соответствии критерию "новизна".

Сущность полезной модели поясняется чертежами, описанием конструкции и функционирования.

На фиг.1 представлены продольный разрез и поперечное сечение ИУ.

На фиг.2 представлены продольные разрезы и поперечные сечения СД, содержащих НТ с нагревателями и СД, содержащих РТ.

На фиг.3 представлена блок схема СКУБ.

ИУ (фиг.1) включает защитный корпус 1 с размещёнными в нём трубчатыми сборками детекторов (СД) 2, 3, содержащими термопары и нагреватели. Корпус выполнен в виде трубы с двойными стенками – внешней и внутренней. Наружная и внутренняя стенки корпуса по всей длине имеют продольные щели 4 для прохода жидкости. Эти щели разнесены на 180 градусов для предотвращения прямого попадания воздуха и пара на СД. Между внутренней и наружной стенками корпуса закреплены продольные вставки 5, в которых сделаны вырезы 6 для циркуляции жидкости. В головке 7 размещается пассивный термостат 8, в котором находятся свободные концы термопар и термометр сопротивления (на фигуре не показан). СД 2, 3 закреплены герметично в головке 7, положение сборок внутри корпуса фиксируется с помощью нескольких решеток 9. Решетки имеют отверстия 10 для свободной циркуляции жидкости.

СД (фиг.2) имеет корпус 11 с герметичным оконцевателем 12. В корпусе размещаются НТ 13, РТ 14 и нагревательные элементы 15. Нагревательные элементы 15 вместе с НТ 13 припаиваются к внутренней стенке и к оконцевателю детекторных сборок

металлическим припоем 16. Референтные термомпары 14 также припаиваются к корпусу детекторной сборки 11 припоем 16. Предпочтительно использовать в сборках секционированный нагревательный элемент 15 кабельного типа с металлической оболочкой. Нагреватель представляет собой петлю, в которой нагревательные секции соединены последовательно. В СД разной длины размещается необходимое количество ЧЭ, которые могут размещаться как в оконцевателе, так и на боковых стенках СД.

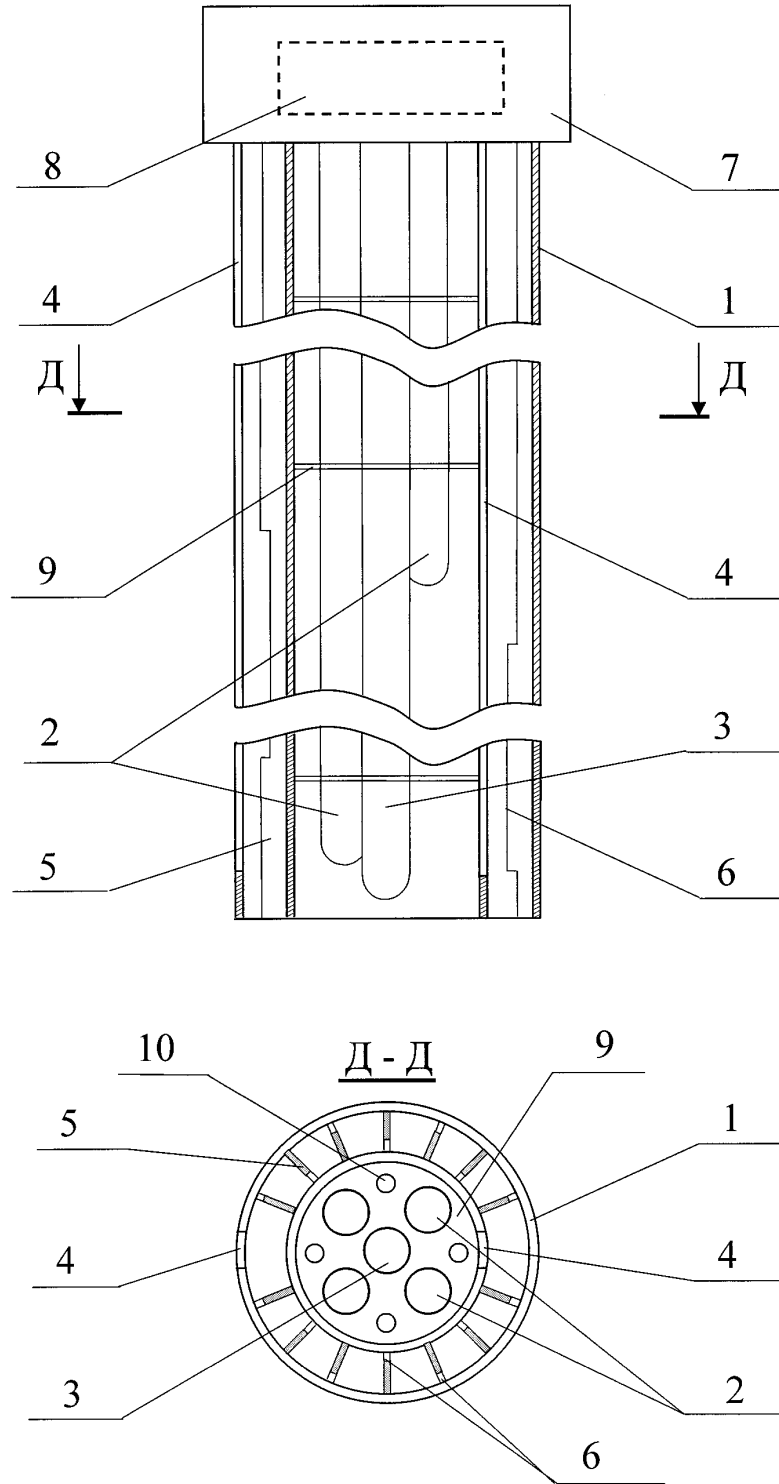
Количество термомпар (концевых и боковых) в сборке, число сборок в ИУ и длина ИУ определяются требуемым количеством точек контроля жидкости и контролируемой глубиной бассейна.

На блок-схеме (фиг.3) показана типовая структура СКУБ, имеющая 16 точек контроля жидкости по высоте и, соответственно, 16 каналов обработки разности сигналов термомпар. В корпусе 1 ИУ размещено пять СД (на фиг.3 не показаны). В четырёх периферийных СД (см. фиг.1) размещено шестнадцать НТ 17 с индивидуальными нагревателями 18. В центральной СД размещено семнадцать РТ 19, шестнадцать из которых в парах со «своими» НТ составляют ЧЭ, а отдельная, семнадцатая РТ, служит для измерения температуры жидкости. Свободные концы термомпар (не показано) и термометр сопротивления 20 размещены в термостате 8, находящемся в головке 7 ИУ. Усилитель сигналов термометра сопротивления 21 и усилители сигналов термомпар 22 преобразуют сигналы в форму удобную для обработки в АЛУ, которое может быть аналоговым, цифровым, аналого-цифровым или может представлять собой программный блок вычислительного средства. Функциональные блоки в составе АЛУ выполняют обработку входных сигналов и вырабатывают управляющие сигналы. Блок 23 вычисляет температуру жидкости по сигналам нижней РТ и ТС; блок 24 по этому значению температуры и в соответствии с кривой регулирования, хранящейся в памяти, управляет мощностью секционированного нагревателя 18 через блок питания 29; блок 25 по значению температуры, получаемому от блока 23, вычисляет текущее значение температурной уставки для каждого из шестнадцати ЧЭ в соответствии с пороговой функцией, хранящейся в его памяти; каждый из шестнадцати блоков 26 сравнивает разностный сигнал, получаемый от соответствующего усилителя 22 со значением индивидуальной уставки, получаемой от блока 25 и выдаёт управляющий логический сигнал ключевому элементу 27, который, в свою очередь, активирует исполнительное устройство сигнализации 28. Последнее может представлять собой как техническое средство (реле, лампочка, светодиод и т.п.), так и программный блок вычислительного средства.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что заявленная система СКУБ может быть реализована на практике с достижением заявленного технического результата, т.е. она соответствует критерию «промышленная применимость».



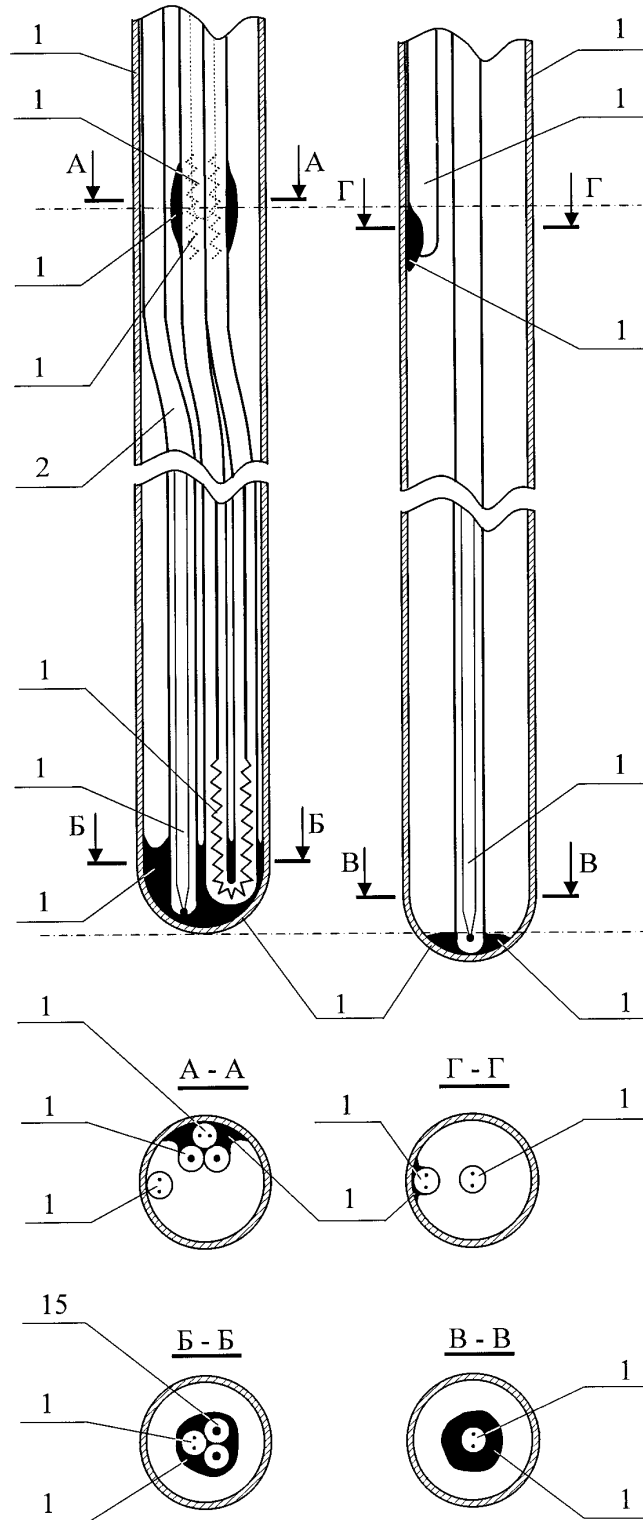
Система контроля уровня жидкости в бассейне выдержки  
отработавшего ядерного топлива



Фиг. 1

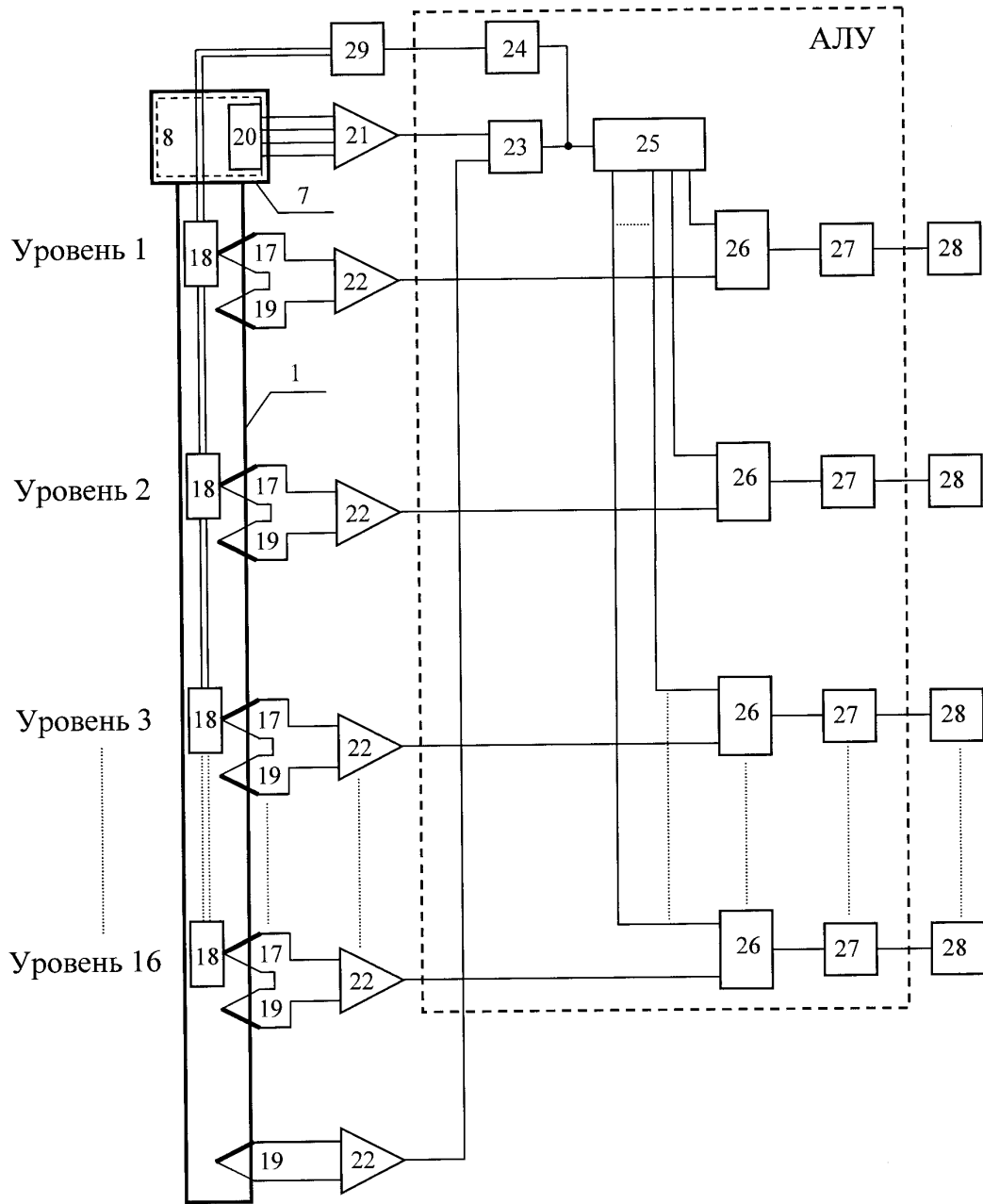


**Система контроля уровня жидкости в бассейне выдержки  
отработавшего ядерного топлива**



Фиг. 2

**Система контроля уровня жидкости в бассейне выдержки  
отработавшего ядерного топлива**



Фиг.3