

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038872**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.10.29

(51) Int. Cl. **G21C 15/18** (2006.01)
G21C 15/24 (2006.01)

(21) Номер заявки
201992866

(22) Дата подачи заявки
2018.12.28

(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ПРИВЕДЕНИЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В БЕЗОПАСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЛЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

(31) 2018134285

(32) 2018.09.28

(33) RU

(43) 2020.10.30

(86) PCT/RU2018/000895

(87) WO 2020/067918 2020.04.02

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-
КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
"АТОМПРОЕКТ" (АО
"АТОМПРОЕКТ"); АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО "НАУКА И
ИННОВАЦИИ" (АО "НАУКА И
ИННОВАЦИИ") (RU)**

(72) Изобретатель:
**Безлепкин Владимир Викторович,
Гаврилов Максим Владимирович,
Третьяков Евгений Александрович,
Козлов Вячеслав Борисович,
Образцов Евгений Павлович,
Мезенин Евгений Игоревич,
Ширванянц Антон Эдуардович,
Альтбреген Дарья Робертовна,
Носанкова Лайне Вайновна,
Егоров Евгений Юрьевич, Лукина
Ангела Васильевна, Вибе Дмитрий
Яковлевич (RU)**

(74) Представитель:
Снегов К.Г. (RU)

(56) RU-U1-152416
RU-U1-96283
RU-C1-2002321
JP-A-64020494
US-A-5217682

(57) Способ и система перевода атомной электростанции в безопасное состояние после экстремального воздействия предназначены для снижения температуры теплоносителя после экстремального воздействия, в частности падения самолета, ниже температуры кипения. Система содержит подводящий и отводящий трубопроводы, парогенератор, накопительный бак и теплообменник, бак сепарации, расположенный выше парогенератора и соединенный двумя трубопроводами с накопительным баком, насос, блок управления, теплообменник установлен в отводящем трубопроводе, в подводящем трубопроводе установлен первый водный клапан, а бак сепарации связан с накопительным баком трубопроводом с установленным в нем вторым водным клапаном и трубопроводом с установленным в нем первым воздушным клапаном. Способ перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия включает наполнение системы теплоносителем, подачу теплоносителя из парогенератора через подводящий трубопровод и накопительный бак в теплообменник с последующей подачей теплоносителя через отводящий трубопровод обратно в парогенератор, при этом для подачи теплоносителя и последующей работы системы включают насос, с помощью первого воздушного клапана поддерживают в системе давление, обеспечивающее отсутствие закипания теплоносителя, а перед подачей теплоносителя в накопительный бак его предварительно подают в бак сепарации, расположенный выше парогенератора.

B1

038872

038872 B1

Область техники

Группа изобретений относится к области безопасности эксплуатации атомных электростанций (АЭС), в частности к способам и системам аварийного отвода тепла от ядерных энергетических установок.

Предшествующий уровень техники

Важной проблемой атомной энергетики является отвод тепла от ядерного реактора после серьезной аварии. Как известно, после остановки реактора отвод тепла от ядерной энергетической установки требуется в течение значительного количества времени. Для такого отвода тепла могут быть применены штатные системы охлаждения спринклерного типа, однако при экстремальном воздействии, например при падении самолета на здание безопасности, где размещены такие системы, их работа может быть нарушена. Для того чтобы избежать катастрофического развития событий, в таких случаях применяются системы, организованные по принципу пассивного отвода тепла, т.е. работающие автоматически при отключении всех систем обеспечения АЭС за счет энергии пара, который конденсируется в теплообменниках, отдавая тепло, и возвращается обратно в виде охлажденной воды.

Известны системы пассивного отвода тепла от парогенератора (СПОТ ПГ), в которых выше парогенератора расположен секционный теплообменник, связанный с парогенератором, подводящим и отводящим трубопроводами. При работе СПОТ ПГ пар поступает из парогенератора в теплообменник через подводящий трубопровод, там отдает тепло, конденсируется, после чего образовавшаяся вода уходит по отводящему трубопроводу обратно в парогенератор. Однако такие системы могут снижать температуру теплоносителя только до определенного значения, соответствующего температуре кипения воды при соответствующих условиях, т.е. около 110-130°C, поскольку используют охлаждение путем конденсации пара. Между тем, в настоящее время к системам отвода тепла предъявляются повышенные требования, подразумевающие, что вода в этих системах должна быть доведена до температуры 70°C, что позволит добиться доступа к реактору путем поднятия его крышки без опасения закипания насыщенной воды с температурой 130°C при резком падении давления и, вследствие этого, тепловых взрывов. Таким образом, при использовании, к примеру, системы пассивного отвода тепла требуется дополнительно охладить воду, циркулирующую в первом контуре, и имеющую после работы системы СПОТ ПГ температуру около 130°C, до 70°C. Поскольку до того момента, когда температура воды в СПОТ ПГ будет снижена до 130°C, с начала развития аварийной ситуации проходит около 72 ч, становится возможным рассчитывать на восстановление электроснабжения и, таким образом, использовать активные системы отвода тепла, использующие насосы, клапаны и т.д. Для этого можно использовать систему циркуляции теплоносителя второго контура АЭС с водоводяным энергетическим реактором (ВВЭР) и подключенной к ней питательной водой. При этом, однако, возникают проблемы, связанные с разницей температуры питательной воды и пара в парогенераторе, а также с существующей компоновкой трубопроводов, имеющей на некоторых участках отрицательный наклон, что может привести к возникновению пробок и гидроударов, что, в свою очередь, может разрушить трубопроводы системы. На решение этой проблемы и направлена настоящая группа изобретений.

Известны различные системы аварийного отвода тепла, разработанные для отвода тепла от парогенератора.

Известна энергетическая установка (заявка РФ на изобретение № 95117882, опубл. 10.10.1997), содержащая водоводяной реактор с циркуляционными трубопроводами для горячего и охлажденного теплоносителя, подсоединенными наклонно к парогенератору, систему для пассивного отвода тепла от парогенератора и гидроаккумулирующую емкость с впускным и сливным патрубками, последний из которых сообщен с водоводяным реактором, при этом свободный конец впускного патрубка гидроаккумулирующей емкости сообщен с трубопроводом для охлажденного теплоносителя в зоне соединения его с парогенератором.

Также известна система газоудаления из главного циркуляционного насоса реакторной установки водо-водяного типа (патент РФ на изобретение № 2107344, опубл. 20.03.1998), включающая в себя реактор, активную зону, главные циркуляционные трубопроводы, компенсатор давления с водяным и паровым пространствами, парогенератор с "горячим" и "холодным" вертикальными коллекторами, трубопровод газоудаления из "холодного" вертикального коллектора с установленной на трубопроводе газоудаления отсечной арматурой, главный циркуляционный насос, к которому в верхней части подсоединен трубопровод газоудаления, трубопровод газоудаления из верхней части главного циркуляционного насоса соединен с трубопроводом газоудаления из "холодного" вертикального коллектора до отсечной арматуры.

Известна система аварийного отвода тепла (патент РФ на изобретение № 2646859, опубл. 19.02.2018), содержащая теплообменник-нагреватель и теплообменник-охладитель, соединенные друг с другом подъемной и опускной ветками, емкость с запасом воды, соединенную трубопроводом с опускной веткой, а также емкость для сбора неконденсирующихся газов, которая подключена к опускной ветке между теплообменником-охладителем и емкостью с запасом воды, причем между емкостью с запасом воды и емкостью для сбора неконденсирующихся газов установлен обратный клапан, а между последним и теплообменником-охладителем - управляемая арматура.

Известна система пассивного отвода тепла через парогенератор (патент РФ на полезную модель № 96283, опубл. 20.07.2010), содержащая контур циркуляции теплоносителя, включающий парогенератор, соединенный подводным и отводящим трубопроводами с теплообменником, размещенным внутри емкости с запасом теплоносителя, установленной выше парогенератора, при этом на отводящем от теплообменника трубопроводе установлено пусковое устройство, содержащее два пусковых клапана разного проходного сечения.

Наиболее близким к заявляемой системе аналогом является система аварийного расхолаживания (патент РФ на полезную модель № 111336, опубл. 10.12.2011), содержащая паровую и водяную ветки, комбинированный теплообменник-конденсатор, прямоточный парогенератор, емкость запаса воды, цистерну запаса воды для аварийного расхолаживания, при этом в цистерну запаса воды для аварийного расхолаживания установлена перегородка, разделяющая ее на два участка, каждый из которых соединен с атмосферой в верхней части выше уровня воды, причем участки соединены между собой отверстиями в перегородке, находящимися под уровнем воды.

При работе вышеперечисленных систем реализуется способ перевода АЭС в безопасное состояние при экстремальном воздействии.

В частности, в системе газоудаления из главного циркуляционного насоса реакторной установки водо-водяного типа (патент РФ на изобретение № 2107344, опубл. 20.03.1998), реализован способ перевода АЭС в безопасное состояние, включающий в себя подачу парогазовой смеси от верхней части главного циркуляционного насоса по трубопроводам газоудаления в паровое пространство компенсатора давления, а из "холодного" вертикального коллектора по трубопроводу 11 газоудаления в паровое пространство компенсатора давления за счет гидростатического давления в нем. При этом в контуре не возникает парогазовых затворов, и естественная циркуляция не разрывается.

В системе аварийного отвода тепла (патент РФ на изобретение № 2646859, опубл. 19.02.2018), посредством пара, поступающего из теплообменника-нагревателя, сжимают неконденсирующиеся газы, содержащиеся в трубопроводах подъемной ветки, коллекторах и трубной системе теплообменника-охлаждителя, концентрируют их в нижней части контура как более тяжелую субстанцию и передавливают в емкость для сбора неконденсирующихся газов.

В системе пассивного отвода тепла через парогенератор (патент РФ на полезную модель № 96283, опубл. 20.07.2010), при возникновении аварийной ситуации отвод тепла ядерного реактора через парогенератор обеспечивают за счет одного или нескольких теплообменников. При этом по соответствующим сигналам производят автоматический запуск системы путем открытия одного из двух клапанов пускового устройства, после чего в контуре СПОТ ПГ устанавливается естественная циркуляция. Передачу тепла от парогенератора к воде емкости осуществляют при конденсации парового потока в секциях теплообменника, образующийся конденсат по отводящему трубопроводу подают обратно в парогенератор, при поступлении тепловой энергии от контура СПОТ ПГ производят прогрев и закипание воды, находящейся в емкости, а образующийся вторичный пар отводят в окружающую среду.

Наиболее близким аналогом к заявляемому способу является способ, реализуемый при работе системы аварийного расхолаживания с комбинированным теплообменником (патент РФ на полезную модель № 111336, опубл. 10.12.2011), в котором при возникновении аварийной ситуации парогенератор отключают от второго контура АЭС отсечными клапанами, затем к нему открытием еще одного отсечного клапана подключают водяную ветку системы, подают воду по водяной ветке промежуточного контура, осуществляют теплоотвод через теплообменник-конденсатор в воду, запасенную в цистерне-накопителе, нагревая и испаряя ее, а после осушения цистерны-накопителя осуществляют теплоотвод в атмосферный воздух.

Недостатком вышеизложенных систем и способов расхолаживания является невозможность осуществления с их помощью расхолаживания ядерного реактора до температуры ниже точки кипения в связи с тем, что все процессы теплообмена в таких системах осуществляются за счет кипения и конденсации теплоносителя. Кроме того, в таких системах является критичным взаимное расположение парогенератора и теплообменника, в случае если теплообменник расположен ниже парогенератора, становится затруднительным организовать движение теплоносителя даже с помощью насоса, т.к. наличие в теплоносителе пара в этом случае приводит к образованию воздушных пробок и, как следствие, может привести к гидроудару.

Задачей настоящей группы изобретений является создание способа и системы перевода АЭС в безопасное состояние после экстремального воздействия, позволяющих обеспечить охлаждение теплоносителя АЭС до температуры ниже точки кипения при исключении вероятности гидроударов в системе за счет разделения пара и воды.

Техническим результатом группы изобретений является повышение безопасности эксплуатации АЭС при экстремальных воздействиях за счет обеспечения возможности снижения температуры теплоносителя ниже точки кипения при исключении вероятности гидроударов в системе за счет разделения пара и воды.

Технический результат достигается тем, что в известную систему перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия, включающую подводный и отводящий

трубопроводы, парогенератор, накопительный бак и теплообменник, дополнительно введены бак сепарации, расположенный выше парогенератора и соединенный двумя трубопроводами с накопительным баком, насос и блок управления, при этом теплообменник установлен в отводящем трубопроводе, в подводящем трубопроводе установлен первый водный клапан, а бак сепарации связан с накопительным баком трубопроводом с установленным в нем вторым водным клапаном и трубопроводом с установленным в нем первым воздушным клапаном.

Предпочтительно в качестве накопительного бака использовать деаэратор, выполненный с возможностью выведения пара из системы.

Рационально снабдить накопительный бак трубопроводом подпитки, соединенным с внешним источником теплоносителя.

Рекомендуется снабдить парогенератор вертикальным трубопроводом сброса пара с установленным в нем вторым воздушным клапаном.

Предпочтительно снабдить систему несколькими парогенераторами, подключенными к подводящему и отводящему трубопроводам и установленными параллельно друг другу.

Рационально выполнить, по меньшей мере, часть подводящего трубопровода с наклоном с уклоном вверх в сторону бака сепарации.

Технический результат также достигается тем, что в известном способе перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия, использующем систему, содержащую парогенератор, подводящий и отводящий трубопроводы, накопительный бак и теплообменник, дополнительно включают насос для подачи теплоносителя и последующей работы системы, поддерживают в системе давление с проведением контроля, обеспечивающим отсутствие закипания теплоносителя, выше парогенератора устанавливают бак сепарации, и перед подачей теплоносителя в накопительный бак его предварительно подают в бак сепарации.

Рационально в качестве теплоносителя использовать воду.

Предпочтительно подавать теплоноситель в накопительный бак из внешнего источника.

Рекомендуется в качестве внешнего источника использовать бак подпиточной воды АЭС.

Рационально поддерживать постоянный уровень в накопительном баке и баке сепарации.

Предпочтительно при повышении давления в системе выше уровня 0.27 МПа открывать первый и второй воздушные клапаны до снижения давления ниже указанного уровня.

Рекомендуется перед подачей теплоносителя осуществлять прогрев трубопроводов до температуры 120-140°.

Рационально при снижении давления пара до 98 кПа открывать первый и второй воздушные клапаны.

Краткое описание фигуры чертежа

На чертеже изображена система перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия.

Система перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия состоит из парогенератора 1, соединенного с ним посредством трубопровода сброса пара второго воздушного клапана 2, подводящего трубопровода 3 с установленным в нем первым водным клапаном 5, соединяющего парогенератор 1 с баком сепарации 4, который соединен с накопительным баком 8 посредством двух трубопроводов с установленными в них вторым водным клапаном 6 и первым воздушным клапаном 7, накопительный бак соединен с парогенератором 1 посредством отводящего трубопровода 9, в котором установлены насос 10, теплообменник 11 и третий водный клапан 12. В предпочтительном варианте накопительный бак соединен трубопроводом с баком подпиточной воды (на фигуре не показан).

Предпочтительный вариант осуществления изобретения

Система перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия в предпочтительном варианте работает следующим образом. После того, как с помощью пассивных систем отвода тепла, например СПОТ ПГ, либо иных систем отвода тепла, температура теплоносителя АЭС будет снижена до 130°С, блок управления системы открывает клапан между накопительным баком 8 и трубопроводом подпиточной воды, впуская тем самым подпиточную воду, имеющую температуру около 25°С в накопительный бак 8 до определенного уровня, открывает третий водный клапан 12 и закрывает первый водный клапан 5, включает насос 10, поддерживают определенный уровень воды в парогенераторе 1 (около 3.7 м), осуществляет прогрев подводящего трубопровода 3 и отводящего трубопровода 8, при этом с помощью второго воздушного клапана 2 в системе поддерживается давление около 0.27 МПа. Затем при достижении температуры стенки бака сепарации 4 значения 125°С блок управления открывает первый водный клапан 5 и устанавливают его в режим поддержания постоянного расхода жидкости (около 7.5 кг/с на один парогенератор 1 при использовании четырех парогенераторов 1 в системе). После этого открывают первый воздушный клапан 7, который, аналогично второму воздушному клапану 2, начинает работать в режиме поддержания давления на уровне около 0.27 МПа, а при достижении в баке сепарации 4 определенного уровня второй водный клапан 6 начинает работать в режиме поддержания уровня жидкости. Поддержание указанного давления пара в системе требуется для того,

чтобы избежать вскипания насыщенной воды в парогенераторе при снижении давления. Затем, после затопления парогенератора 1 и трубопроводов, третий водный клапан 12 может быть переведен в режим поддержания повышенного расхода жидкости (до 12.5 кг/с, до 50 кг/с суммарно на четыре парогенератора). Затем производят расхолаживание реактора до температуры 70°C, что может занять несколько дней. При достижении температуры 70°C система пассивного отвода тепла обеспечивает отвод остаточных тепловыделений в течение всего необходимого для этого времени, которое может составлять до 60 дней. При этом в предпочтительном варианте при снижении давления в системе ниже 98 кПа производится открытие первого 7 и второго 2 воздушных клапанов на полное сечение и их выключение из режима поддержания давления в системе, при этом опасность вскипания теплоносителя в парогенераторе 1 на этот момент уже отсутствует и потребности в регулировании давления нет, а атмосферного давления достаточно для наиболее эффективного процесса теплообмена. Всеми вышеуказанными процессами управляет блок управления (на фигуре не показан).

В предпочтительном варианте группы изобретений в качестве накопительного бака 8 используется деаэрактор, а в качестве подводящего 3 и отводящего 9 трубопроводов - уже используемая в нормальной работе АЭС система трубопроводов второго контура АЭС с ВВЭР, при этом деаэрактор расположен ниже парогенератора, а подводящий трубопровод 3 в применяемых в настоящее время на АЭС с ВВЭР системах размещен со снижением от парогенератора 1 в сторону деаэратора, что является рациональным для нормальной работы второго контура АЭС с ВВЭР, поскольку позволяет собирать влагу после прохождения пара через этот участок в его нижней точке и отводить ее в систему дренажа так, чтобы избежать ее подачи на турбину АЭС. Такое решение позволяет использовать для перевода АЭС в безопасное состояние уже имеющиеся во втором контуре АЭС системы, однако в режиме аварийной работы заявляемой системы через паропровод 3 проходит не пар, а пароводяная смесь и поэтому снижение подводящего трубопровода 3 создает условия для возникновения паровых пробок в трубопроводе 3, вследствие этого, гидроударов. Именно поэтому в систему добавлен бак сепарации 4, расположенный выше парогенератора 1, а, по меньшей мере, часть подводящего трубопровода 3 размещена с наклоном с повышением в сторону бака сепарации 4. Такое решение позволяет избежать накопления паровых пробок. Кроме того, для отведения излишков пара от парогенератора 1 в систему в предпочтительном варианте дополнительно введен вертикальный трубопровод сброса пара со вторым воздушным клапаном 2, выполненным с возможностью сброса давления пара при превышении давления 0.27 МПа, поскольку более низкое давление может привести к вскипанию воды и поэтому представляет угрозу для целостности трубопроводов системы. Трубопровод сброса пара может быть выполнен достаточно широким, до 3 м в диаметре для того, чтобы избежать турбулентных эффектов при отведении пара.

Использование в качестве накопительного бака 8 деаэратора также позволяет использовать его систему сдувки для отведения пара из системы. Кроме того, рациональным является также использование других стандартных систем второго контура АЭС с ВВЭР. В частности, в предпочтительном варианте заявленной группы изобретений в качестве внешнего источника подпиточной воды используется стандартная система подпиточной воды АЭС, в качестве насоса - стандартный насос второго контура АЭС с ВВЭР, а в качестве теплообменника 11 - стандартная система охлаждения неответственных потребителей АЭС.

При подаче питательной воды в систему ее расход может быть выбран таким, чтобы процесс заполнения парогенератора 1 и трубопроводов 3 и 9 происходил насыщенной водой. Благодаря этому удается избежать конденсационных гидроударов, возникающих при встрече пара с холодной жидкостью. Одним из главных условий для возникновения конденсационных гидроударов является недогрев воды относительно пара, критические значения которого равны 15°C и выше. Наиболее вероятный участок, в котором может происходить конденсационные гидроудары при заполнении - это паровой коллектор парогенератора 1. Как показали расчеты, при заполнении системы воду рационально поддерживать при температуре, близкой к температуре насыщения, и снижать ее только после полного заполнения трубопроводов 3 и 9.

Проведенные с помощью программных средств расчеты показали, что при использовании четырех парогенераторов, подключенных к заявляемой системе параллельно, использовании воды из системы подпитки и системы охлаждения (неответственный потребитель) возможно провести расхолаживание АЭС со 130 до 70°C без возникновения гидроударов в течение 60 ч. Кроме того, расчеты показали, что даже в случае выхода из строя одного из парогенераторов, расхолаживание системы с использованием трех парогенераторов согласно предложенному способу и системе вполне безопасно и позволяет привести АЭС в безопасное состояние при температуре 70°C.

Промышленная применимость

Способ и система перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия могут быть применены в атомных электростанциях с водо-водяным энергетическим реактором для перевода их в безопасное состояние после экстремального воздействия.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия, включающая подводящий и отводящий трубопроводы, парогенератор, накопительный бак и теплообменник, отличающаяся тем, что дополнительно содержит бак сепарации, расположенный выше парогенератора и соединенный двумя трубопроводами с накопительным баком, насос, блок управления, при этом теплообменник установлен в отводящем трубопроводе, в подводящем трубопроводе установлен первый водный клапан, а бак сепарации связан с накопительным баком трубопроводом с установленным в нем вторым водным клапаном и трубопроводом с установленным в нем первым воздушным клапаном.
2. Система по п.1, отличающаяся тем, что в качестве накопительного бака используется деаэратор, выполненный с возможностью выведения пара из системы.
3. Система по п.1, отличающаяся тем, что накопительный бак снабжен трубопроводом подпитки, соединенным с внешним источником теплоносителя.
4. Система по п.1, отличающаяся тем, что парогенератор снабжен вертикальным трубопроводом сброса пара с вторым воздушным клапаном.
5. Система по п.1, отличающаяся тем, что снабжена несколькими парогенераторами, подключенными параллельно друг другу к подводящему и отводящему трубопроводам.
6. Система по п.1, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, часть подводящего трубопровода выполнена с уклоном вверх в сторону бака сепарации.
7. Способ перевода в безопасное состояние атомной электростанции после экстремального воздействия, использующий систему, содержащую парогенератор, подводящий и отводящий трубопроводы, накопительный бак и теплообменник, отличающийся тем, что включают насос для подачи теплоносителя и последующей работы системы, поддерживают в системе давление с проведением контроля, обеспечивающим отсутствие закипания теплоносителя, выше парогенератора устанавливают бак сепарации, и перед подачей теплоносителя в накопительный бак его предварительно подают в бак сепарации.
8. Способ по п.7, отличающийся тем, что в качестве теплоносителя используют воду.
9. Способ по п.7, отличающийся тем, что теплоноситель подают в накопительный бак из внешнего источника.
10. Способ по п.8, отличающийся тем, что внешним источником служит бак подпиточной воды.
11. Способ по п.7, отличающийся тем, что поддерживают постоянный уровень в накопительном баке и баке сепарации.
12. Способ по п.7, отличающийся тем, что устанавливают первый и второй воздушные клапаны.
13. Способ по п.7, отличающийся тем, что при повышении давления в системе выше уровня 0.27 МПа открывают первый и второй воздушные клапаны до снижения давления ниже указанного уровня.
14. Способ по п.7, отличающийся тем, что перед подачей теплоносителя осуществляют прогрев трубопроводов до температуры 120-140°.
15. Способ по п.7, отличающийся тем, что при снижении давления пара до 98 кПа открывают первый и второй воздушные клапаны.

