

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042215**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.01.25

(21) Номер заявки
202091562

(22) Дата подачи заявки
2017.12.29

(51) Int. Cl. **B01D 5/00** (2006.01)
E03B 3/28 (2006.01)
G21D 1/02 (2006.01)

(54) **КОНДЕНСАТНАЯ СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГОСБРОСА АТОМНОЙ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

(43) **2021.04.08**

(86) **PCT/RU2017/001008**

(87) **WO 2019/132703 2019.07.04**

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

(72) Изобретатель:
**Рогожкин Владимир Владимирович,
Тхор Игорь Александрович, Прохоров
Николай Александрович, Косарев
Владислав Феликсович, Мошков
Кирилл Владимирович, Шеволдин
Алексей Вячеславович, Скачков
Вячеслав Андреевич, Мишин Евгений
Борисович (RU)**

(74) Представитель:
Снегов К.Г. (RU)

(56) **RU-C1-2504417
RU-U1-122199
US-B2-6829319
US-A1-20160141056**

(57) Изобретение относится к атомной энергетике, а именно к системам рекуперации энергосброса атомных электростанций (АЭС), и направлено на обеспечение высокой производительности процесса получения пресной воды за счет рекуперации тепловой энергии воды отводящего канала АЭС путем утилизации его влажного высокотемпературного выпара, а также повышение коэффициента использования тепла АЭС и снижение негативного воздействия сбросной воды на окружающую среду. Конденсатная система рекуперации энергосброса атомной электростанции включает ядерную энергетическую установку, средство для забора воздуха, компрессор, конденсатор, водяную камеру, снабженную оросителем, генератор электрического тока, насосную станцию чистой воды, насосную станцию охлаждающей воды, бассейн вторичного конденсата и турбодетандер. Средство для забора воздуха соединено с компрессором, соединенным с конденсатором, соединенным с турбодетандером, снабженным генератором электрического тока и соединенным с водяной камерой, соединенной с бассейном вторичного конденсата, который соединен с насосной станцией чистой воды, конденсатор соединен с насосной станцией охлаждающей воды, при этом средство для забора воздуха размещено в канале сбросной воды, соединенном с ядерной энергетической установкой и снабженным герметичной крышей.

B1

042215

042215

B1

Область техники

Изобретение относится к атомной энергетике, а именно к системам рекуперации энергосброса атомных электростанций, использующих тепловую энергию и влажность воздуха над водной поверхностью сбросного канала ядерной энергетической установки.

Предшествующий уровень техники

Известно, что при условии безаварийной работы атомной электростанции (АЭС), её прямое негативное воздействие на окружающую среду существенно меньше, чем у тепловых электростанций (ТЭС), поскольку для последних неизбежен выброс продуктов сжигания топлива (угля, природного газа, мазута, торфа, горючих сланцев) в атмосферу. Единственный фактор, в котором АЭС уступают в экологическом плане ТЭС - тепловое загрязнение, вызванное большими расходами сбросной воды, использованной для охлаждения конденсаторов турбин, которое у АЭС несколько выше из-за более низкого коэффициента полезного действия (КПД; не более 35%). В случае если охлаждающая вода забирается из природного водоёма (реки, озера либо моря), что является с экономической точки зрения предпочтительным для АЭС, это приводит к повышению температуры водоёма и наносит ущерб его биогеоценозу. Для борьбы с этим фактором современные АЭС снабжают собственными искусственно созданными водоохранилищами-охлаждителями, градирнями или брызгальными бассейнами. Однако полностью проблему решения не снимают, поскольку повышенное испарение этих объектов в атмосферу изменяет экологическую обстановку региона в сторону увеличения температуры в сочетании с увеличением влажности, увеличению выпадения осадков, появлению дополнительной облачности и т.д.

Кроме того, использование излишних тепловых выбросов АЭС может повысить общую КПД АЭС за счёт возможности получения не только электроэнергии, но и дополнительного экономического эффекта. В холодных регионах в зимний период использование тепла сбросной воды АЭС и ТЭС позволяет обеспечить отопление большого количества жилых и производственных помещений. Однако в общем случае такое решение неприменимо. В засушливых приморских регионах, где нередко располагают АЭС, исходя из перспективы использования в качестве охлаждающей воды больших объёмов морской воды, возможно использование энергии АЭС для получения пресной воды, для чего применялись различные технические решения.

Известно устройство для массового получения пресной воды путем конденсации водяных паров из воздуха (патент РФ №2143033, опубл. 20.12.1999 г.), содержащее теплоизолированную холодильную камеру, насос-компрессор для засасывания воздуха из окружающей среды в холодильную камеру с патрубком для выпуска из камеры обезвоженного охлажденного воздуха, электрические нагреватели для расплавления льда, полученного при конденсации водяных паров из воздуха, емкость для сбора образовавшейся воды с краном и патрубком для выпуска воды наружу, при этом насос-компрессор присоединен к змеевику-теплообменнику, который, в свою очередь, присоединен к соплу, а холодильная камера патрубком соединена с камерой-отстойником, где расположены электрические нагреватели и патрубок с краном для выпуска полученной воды наружу. Устройство предназначено для получения воды из атмосферной влаги через вымораживание водяного пара с использованием компрессии воздуха, его охлаждения и адиабатического расширения. Полученные мелкие кристаллы льда периодически растапливаются электронагревателем с выпуском воды через кран.

Недостатками такого устройства являются: низкое качество полученной воды, т.к. не происходит улавливания незамерзающих капель и твердых примесей (солевых растворов, песка и т.п.), низкая скорость охлаждения сжатого воздуха с помощью наружного воздуха, а также низкая производительность по конечному продукту из-за периодичности оттаивания. Перечисленные недостатки не позволяют также рассчитывать на снижение воздействия сбросной воды на окружающую среду в случае его применения в ядерной отрасли.

Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения является атомно-энергетический комплекс (патент РФ №2504417, опубл. 20.01.2009 г.), предназначенный преимущественно для получения пресной воды путем конденсации водяных паров из атмосферного воздуха, включающий средство для забора воздуха, компрессор, соединенный с теплообменным устройством для охлаждения сжатого воздуха, турбодетандер, средства для транспортировки воды и воздуха с арматурой, ядерную энергетическую установку, при этом средство для забора воздуха выполнено в виде башни высотой не менее 200 м с окнами воздухозабора, размещенными по высоте башни, теплообменное устройство для охлаждения сжатого воздуха является конденсатором, который связан с каплеуловителем, причем оба они установлены с возможностью сброса конденсата в бассейн первичного конденсата, а турбодетандер соединен с водяной камерой, снабженной оросителем, связанной с бассейном вторичного конденсата и теплообменником оборотной воды, который соединен с ядерной энергетической установкой.

При работе атомно-энергетического комплекса водяные пары из атмосферного воздуха проходят через средство для забора воздуха и компрессор, затем проходят первую стадию конденсации при охлаждении в конденсаторе, что позволяет получить первичный конденсат, соответствующий по своим экологическим качествам дождевой воде. Затем, на второй стадии конденсации, сжатый воздух проходит через турбодетандер, где совершает работу за счёт резкого адиабатического расширения с падением температуры, в результате чего содержащаяся в нём влага вымораживается/конденсируется для получения

вторичного конденсата, соответствующего по своим качествам природной талой/дождевой воде.

Таким образом, за счёт применения тех же процессов, что приводят в природе к появлению дождевой воды (низкотемпературного испарения под воздействием солнечной радиации и криогенного вымораживания влаги) атомно-энергетический комплекс по патенту РФ №2504417 позволяет обеспечить получение пресноводного экологически чистого конденсата из атмосферной влаги морей в больших объёмах. Недостатками его, однако, являются (1) недостаточная производительность процесса получения пресной воды при расположении атомно-энергетического комплекса вдали от берега моря и зависимость производительности процесса получения пресной воды от суточного и сезонного изменения температуры окружающего воздуха, а также (2) недостаточно высокий общий коэффициент использования тепла АЭС и (3) невозможность уменьшения негативного влияния теплового выброса сбросной воды АЭС на окружающую среду.

Задачей настоящего изобретения является разработка конденсатной системы сбросного канала атомной электростанции, обеспечивающей: (1) высокую производительность процесса получения пресной воды в любых условиях за счёт рекуперации тепловой энергии воды отводящего канала АЭС путем утилизации его влажного высокотемпературного выпара, а также (2) повышение общего коэффициента использования тепла АЭС и (3) снижение негативного воздействия тепла сбросной воды на окружающую среду.

Техническим результатом настоящего изобретения является: (1) обеспечение высокой производительности процесса получения пресной воды в любых условиях за счёт рекуперации тепловой энергии воды отводящего канала АЭС путем утилизации его влажного высокотемпературного выпара, а также (2) повышение общего коэффициента использования тепла АЭС и (3) снижение негативного воздействия сбросной воды на окружающую среду.

Технический результат достигается тем, что в известной (патент РФ № 2504417) конденсатной системе атомной электростанции для конденсации водяных паров из атмосферного воздуха, включающей ядерную энергетическую установку, средство для забора воздуха, компрессор, конденсатор, водяную камеру, снабжённую оросителем, генератор электрического тока, насосную станцию чистой воды, насосную станцию охлаждающей воды, бассейн вторичного конденсата и турбодетандер, средство для забора воздуха соединено с компрессором, соединённым с конденсатором, соединённым с турбодетандером, снабжённым генератором электрического тока и соединённым с водяной камерой, соединённой с бассейном вторичного конденсата, бассейн вторичного конденсата соединен с насосной станцией чистой воды, конденсатор соединён с насосной станцией охлаждающей воды, при этом все соединения выполнены в виде напорных трубопроводов, в качестве существенных дополнительных признаков средство для забора воздуха размещено в канале сбросной воды АЭС, соединённом с ядерной энергетической установкой, а канал сбросной воды снабжён герметичной крышей.

Предпочтительно снабдить канал сбросной воды барботажными трубами, размещёнными ниже поверхности сбросной воды и соединёнными с воздуховодами с водяной камерой.

Рационально выполнить канал сбросной воды с эффективной площадью не менее 2000 кв.м на каждые 100 м длины.

Рекомендуется снабдить конденсатную систему каплеуловителем и бассейном первичного конденсата, при этом конденсатор соединён напорным трубопроводом с каплеуловителем, соединённым с турбодетандером и бассейном первичного конденсата, соединённым с оросителем водяной камеры и насосной станцией чистой воды.

Предпочтительно снабдить воздуховод, соединяющий водяную камеру с барботажными трубами, барботажным компрессором.

Рационально соединить насосную станцию охлаждающей воды напорным трубопроводом с каналом канала сбросной воды ниже барботажных труб, а компрессор соединить напорным трубопроводом с каналом сбросной воды выше барботажных труб.

Рекомендуется соединить насосную станцию охлаждающей воды и конденсатор с внешней теплосистемой (АЭС, промпредприятия, населенные пункты и т.п.).

Предпочтительно соединить ороситель водяной камеры напорным трубопроводом с бассейном вторичного конденсата.

Рационально разместить части воздухопроводов, расположенные в канале сбросной воды, выше поверхности сбросной воды и снабдить их желобами, выполненными с возможностью сбора конденсата и соединёнными с трубопроводами для отвода конденсата вне канала сбросной воды.

Преимуществами настоящего изобретения являются: обеспечение высокой производительности процесса получения пресной воды в любых условиях за счёт рекуперации тепловой энергии воды отводящего канала АЭС путем утилизации его влажного высокотемпературного выпара, повышение общего коэффициента использования тепла АЭС и снижение негативного воздействия сбросной воды на окружающую среду.

Размещение средства для забора воздуха в канале сбросной воды АЭС, в котором ниже поверхности воды расположены барботажные трубы, соединённые воздуховодом с водяной камерой, а также введение герметичной крыши канала сбросной воды позволяют обеспечить отбор влажного выпара из воды

сбросного канала АЭС и тем самым обеспечить высокую производительность процесса получения пресной воды в любых условиях, снизить температуру сбросной воды и её негативное воздействие на окружающую среду, а также позволяет повысить общий коэффициент использования тепла АЭС.

Краткое описание фигур чертежей

На фиг. 1 представлена схема предпочтительного варианта конденсатной системы рекуперации энергосброса АЭС, включающей ядерную энергетическую установку 1, к которой присоединен канал сбросной воды 2, в канале 2 сбросной воды ниже уровня воды размещены барботажные трубы 3, соединённые с водяной камерой 13 посредством воздуховода холодного воздуха, воздушная часть сбросного канала соединена напорным воздуховодом с компрессором 4, который соединён с конденсатором 5, соединённым с насосной станцией охлаждающей воды 6, каплеуловителем 8 и бассейном первичного конденсата 7, каплеуловитель 8 соединён с бассейном первичного конденсата 7 и турбодетандером 9, соединённым с электрогенератором 10 и водяной камерой 13. Водяная камера 13, содержащая ороситель 14, соединена воздуховодом с ядерной энергетической установкой 1, с барботажным компрессором 15 и напорными трубопроводами - с бассейном первичного конденсата 7 и бассейном вторичного конденсата 12, который соединён с насосной станцией чистой воды 11, соединённой также с бассейном первичного конденсата 7, все соединения выполнены посредством напорных трубопроводов.

На фиг. 2 представлены варианты выполнения канала 2 сбросной воды и размещения в нём труб воздуховода и барботажных труб 3. При частичном размещении труб воздуховода ниже поверхности сбросной воды происходит дополнительное охлаждение сбросной воды холодным воздухом, поступающим через воздуховод, а при размещении выше поверхности воды возможно размещение снизу воздуховода желобов, выполненных с возможностью сбора конденсата и передачи его по трубопроводам потребителю, что повышает производительность системы.

Конденсатная система рекуперации энергосброса АЭС в предпочтительном варианте работает следующим образом. При работе ядерной энергетической установки 1 для конденсации пара, покидающего турбину ядерной энергетической установки, используется охлаждающая вода из внешнего водоёма. В процессе теплообмена, проходя через трубный пучок конденсатора ядерной энергетической установки 1, охлаждающая вода нагревается на 5-10°C до температуры приблизительно 35°C, после чего по каналу 2 сбросной воды, в котором установлены барботажные трубы 3, сбрасывается обратно в море, реку, водохранилище или иной внешний водоём. Для повышения площади испарения в барботажные трубы 3 подаётся воздух, который может быть взят из окружающей среды, а в предпочтительном варианте изобретения подаётся по воздуховоду холодного обезвоженного воздуха из водяной камеры 13 посредством барботажного компрессора 15 и за счёт этого имеет меньшую температуру и влажность (относительная влажность около 20%, температура воздуха от -4°C до +8°C), чем сбросная вода. За счёт этого пузырьки воздуха, выходящие из барботажных труб 3 и проходящие через объём сбросной воды, принимают температуру воды сбросного канала и насыщаются влагой (влагосодержание пара в пузырьках достигает 32,3г/кг или 39 г/м³ воздуха) и после выхода пузырьков на поверхность воды в сбросном канале 2 образуют влажный выпар (теплый воздух, насыщенный парами воды). Барботажные трубы 3 могут выполнены в различных вариантах, например, в виде перфорированных труб.

После прохождения мимо барботажных труб 3 сбросная вода с пониженной температурой возвращается по сбросному каналу 2 в море или иной внешний водоём, а влажный выпар через напорный воздуховод, вход которого размещён в воздушной части сбросного канала 2, поступает в компрессор 4, где за счёт адиабатического повышения давления дополнительно нагревается до температуры свыше 100°C, после чего через напорный воздуховод поступает в конденсатор 5. В конденсаторе 5 нагретый выпар под давлением контактирует через стенки теплообменных трубок/пластин с обратной водой теплосетей АЭС и любых близлежащих строений, либо с холодной придонной водой близлежащего водоёма, либо с водой, взятой с участков сбросного канала, предшествующих барботажным трубам 3, с помощью насосной станции морской воды 6. За счёт разницы в температурах пара и морской воды на теплообменных трубках/пластинах конденсатора 5 происходит снижение температуры пара до температур 10-18°C, т.е. ниже точки росы исходного воздуха, что приводит к частичному осаждению на поверхностях конденсатора 5 влаги, сбрасываемой затем в бассейн первичного конденсата 7 и представляющей собой пресную воду, соответствующую по своим качествам дождевой. Этот процесс соответствует первой, конденсационной стадии получения пресной воды с очисткой ее солей и примесей. После этого остающийся влажный выпар под давлением поступает по напорному воздуховоду в каплеуловитель 8, который может быть выполнен, например, в виде каплеуловителя щелевого типа, в котором происходит дальнейшее осаждение и очистка от соледержащих примесей влаги, поступающей затем в бассейн первичного конденсата 7 и также представляющей собой пресную воду, соответствующую по своим качествам дождевой воде.

Полученный на первой ступени получения пресной воды первичный конденсат может быть использован для сельскохозяйственного орошения, для технических нужд, а также, в предпочтительном варианте изобретения, в работе самой конденсатной системы рекуперации энергосброса АЭС, как будет показано ниже.

Остающийся после отделения первичного конденсата влажный выпар из конденсатора 5 под давлением через напорный трубопровод попадает в турбодетандер 9, в котором производится его адиабатическое расширение со снижением давления и температуры при совершении работы на турбине турбодетандера 9, при этом выделенная энергия перерабатывается в электрическую с помощью генератора электрического тока 10, что также обеспечивает частичную рекуперацию энергии, затраченной компрессором 4 на первичное сжатие выпара. Резкое адиабатическое расширение влажного выпара в турбодетандере 9 приводит к охлаждению выпара до приблизительно -10°C и вымораживанию влаги, остающейся во влажном выпаре к данному моменту, что представляет собой вторую, криогенную ступень конденсации пара. Вымороженная влага, содержащая воздух и частицы снега и льда, поступает в водяную камеру 13.

В оросителе 14 водяной камеры 13 вымороженная влага проходит процесс орошения тёплой пресной водой, которая может быть подана в ороситель 14 по напорному трубопроводу из конденсатора 5, а в предпочтительном варианте изобретения подаётся в ороситель 14 по напорному трубопроводу из бассейна первичного конденсата 7, либо из бассейна вторичного конденсатора 12, что позволяет осуществить частичную рекуперацию тепла сбросной воды АЭС. В результате орошения происходит расплавление смеси воздуха, снега и льда с разложением её на вторичный конденсат, соответствующий по своим качествам дождевой воде, и охлаждённый обезвоженный воздух, подходящий для кондиционирования помещений АЭС и любых близлежащих строений, для чего используются напорные воздухопроводы, присоединённые к водяной камере 13. Важным существенным отличием настоящего изобретения является соединение посредством воздуховода водяной камеры 13 с барботажными трубами 3, что, как было показано выше, позволяет повысить за счет большей площади испарения теплообмен барботажных пузырьков с водой канала 2 сбросной воды и тем самым обеспечить достижение технического результата настоящего изобретения, т.е. обеспечить высокую производительность процесса получения пресной воды в любых условиях за счёт рекуперации тепловой энергии отводящего канала АЭС, снизить негативное воздействие сбросной воды на окружающую среду и повысить общий коэффициент использования тепла АЭС. При этом высокочистый вторичный конденсат подаётся по трубопроводу в бассейн вторичного конденсата 12, после чего возможно его использование в качестве технической воды, для орошения близлежащих к АЭС территорий, а также и в системах водоснабжения населённых пунктов.

При применении системы на АЭС/ТЭС с энергосбросом менее 1000 МВт становится выгодным применение системы рекуперации энергосброса без использования каплеуловителя 8. В этом случае применение влажный выпар после компрессора 5 поступает непосредственно на турбодетандер 9, откуда направляется в водяную камеру 13, где подвергается конденсации на второй ступени способом, раскрытым выше.

Для дополнительного влажности и температуры выпара возможно применение пассивных поплавковых крыльчаток, устанавливаемых в канале 2 сбросной воды с возможностью формирования развитого рельефа водной поверхности. В этом случае площадь поверхности испарения увеличивается, что повышает влажность и температуру выпара. При этом в случае значительной (более 300 м) длины канала 2 сбросной воды возможно раздельное применение барботажных труб 3 и поплавковых крыльчаток на различных участках канала 2 сбросной воды со сбором выпара с каждого участка согласно настоящему изобретению.

В варианте изобретения насосная станция морской воды может быть соединена напорным трубопроводом с каналом 2 сбросной воды ниже барботажных труб 3, а компрессор - выше барботажных труб 3. Это позволяет осуществить дополнительный теплообмен между конденсатором 5 и каналом 2 сбросной воды, что дополнительно снижает температуру сбросной воды.

Кроме того, согласно ещё одному варианту изобретения, возможно соединение конденсатора 4 и насосной станции охлаждающей воды 6 с внешней теплосистемой, например, городской отопительной системой. В этом случае конденсация выпара на конденсаторе 4 будет происходить с нагревом воды для городской системы отопления, что дополнительно повысит общий коэффициент использования тепла АЭС.

Расчёты показывают высокую эффективность применения настоящего изобретения. При оценочных габаритах (фиг. 2) канала 2 сбросной воды: ширине - 10 м, высоте - 6 м, длине - 800 м и глубине воды в канале - 3 м расход воды в канале сбросной воды 2 составляет 66 т/с. Подводные перфорированные барботажные трубы (100 труб, каждая в сечении 0.07 м^2) расположены на дне (поперек оси) сбросного канала на расстоянии 1 м и более друг от друга, соединяют магистральные трубы и обеспечивают процесс выпуска воздуха равномерно в объеме $400\text{ м}^3/\text{с}$ и более. В предпочтительном варианте канал сбросной воды 2 может быть разбит на участки длиной по 100м решетчатыми перегородками, не мешающими движению воды, но разделяющими воздушное пространство участков канала. Забор влажного выпара в этом случае производится из каждого участка, влажный выпар может подаваться на отдельные конденсатные станции, каждая из которых содержит блоки 4-15 настоящего изобретения. В объем сбросной воды каждого участка канала 2 подается средствами барботирования воздух с расходом $1000\text{ м}^3/\text{с}$ от выхода конденсатной станции (относительная влажность 20%, температура воздуха от -4 до $+8^{\circ}\text{C}$). Воздух, проходя в виде пузырьков толщу воды отводящего канала, принимает температуру воды (35°C), при этом

влажностное содержание пара достигает величины 32,3 г/кг или 39 г/м³ (воздуха). При этом производительность (по пресной воде) одной конденсатной системы составит более 3 тыс. т/сутки. В случае отводящего канала с 6 конденсатными станциями предпочтительного варианта рекуперации энергосброса обеспечит снижение температуры сбросной воды более чем на 3°С.

Промышленная применимость

Конденсатная система рекуперации энергосброса атомной электростанции позволяет существенно повысить производительность процесса получения пресной воды за счёт рекуперации тепловой энергии сбросной воды АЭС, снизить негативное воздействие сбросной воды на окружающую среду и повысить общий коэффициент использования тепла АЭС.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Конденсатная система рекуперации энергосброса атомной электростанции, включающая средство для забора воздуха, компрессор, конденсатор, водяную камеру, снабжённую оросителем, генератор электрического тока, насосную станцию чистой воды, насосную станцию охлаждающей воды, бассейн вторичного конденсата и турбодетандер, средство для забора воздуха соединено с компрессором, соединённым с конденсатором, соединённым с турбодетандером, снабжённым генератором электрического тока и соединённым с водяной камерой, соединённой с бассейном вторичного конденсата, бассейн вторичного конденсата соединён с насосной станцией чистой воды, конденсатор соединён с насосной станцией охлаждающей воды, при этом все соединения выполнены в виде напорных трубопроводов, отличающаяся тем, что средство для забора воздуха размещено в канале сбросной воды атомной электростанции, соединённом с ядерной энергетической установкой, а канал сбросной воды снабжён герметичной крышей и барботажными трубами, размещёнными ниже поверхности сбросной воды и соединёнными воздухопроводами с водяной камерой.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что канал сбросной воды имеет эффективную площадь не менее 2000 м² на каждые 100 м длины.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно снабжена каплеуловителем и бассейном первичного конденсата, конденсатор соединён напорным трубопроводом с каплеуловителем, который соединён с турбодетандером и бассейном первичного конденсата, соединённым с оросителем водяной камеры и насосной станцией чистой воды.

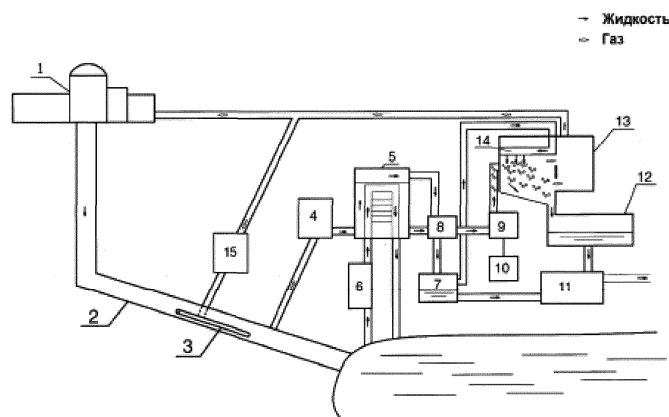
4. Система по п.1, отличающаяся тем, что в воздуховоде, соединяющем водяную камеру с барботажными трубами, установлен барботажный компрессор.

5. Система по п.1, отличающаяся тем, что насосная станция охлаждающей воды соединена напорным трубопроводом с каналом сбросной воды ниже барботажных труб, компрессор соединён напорным трубопроводом с каналом сбросной воды выше барботажных труб.

6. Система по п.3, отличающаяся тем, что насосная станция охлаждающей воды и конденсатор соединены с внешней теплосистемой.

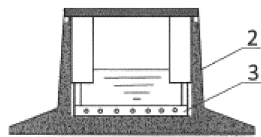
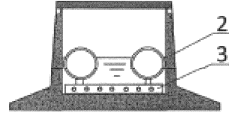
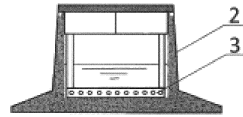
7. Система по п.1, отличающаяся тем, что ороситель водяной камеры соединён напорным трубопроводом с бассейном вторичного конденсата.

8. Система по п.1, отличающаяся тем, что части воздухопроводов, расположенные в канале сбросной воды, размещены выше поверхности сбросной воды и снабжены снизу желобами, выполненными с возможностью сброса конденсата и соединёнными с трубопроводами для отвода конденсата вне канала сбросной воды.



Фиг. 1

042215



Фиг. 2