

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
07 июля 2022 (07.07.2022)



(10) Номер международной публикации
WO 2022/146189 A1

(51) Международная патентная классификация:
G21C 15/00 (2006.01) *G06F 30/17* (2020.01)
G21C 17/10 (2006.01)

(21) Номер международной заявки: РСТ/RU2021/000619

(22) Дата международной подачи:
29 декабря 2021 (29.12.2021)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(30) Данные о приоритете:
2020143962 30 декабря 2020 (30.12.2020) RU

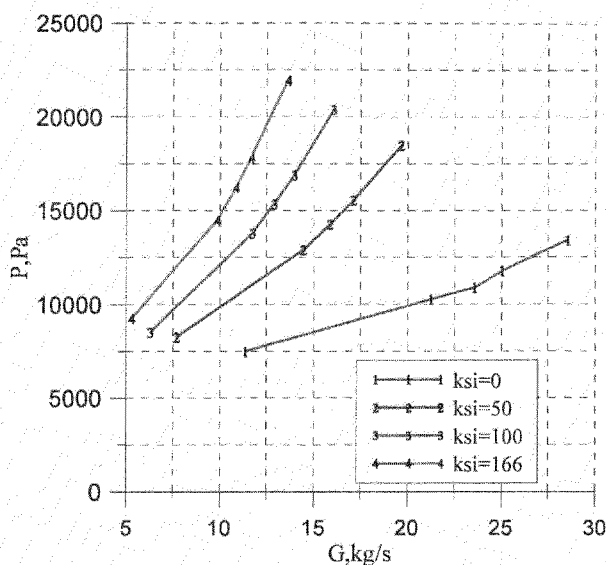
(71) Заявитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АТОМ-
ЭНЕРГОПРОЕКТ" (ATOMENERGOPROEKT,

JOINT-STOCK COMPANY) [RU/RU]; ул. Бакунин-
ская, д. 7, стр. 1 Москва, 107996, Moscow (RU).

(72) Изобретатели: БЕЗЛЕПКИН, Владимир Викто-
рович (BEZLEPKIN, Vladimir Viktorovich); ул. Орбели,
д. 19, кв. 45 Санкт-Петербург, 194223, Saint Petersburg
(RU). КРЕКТУНОВ, Олег Петрович (KREKTUNOV,
Oleg Petrovich); ул. Константина Заслонова, д. 11,
кв. 10 Санкт-Петербург, 191119, Saint Petersburg
(RU). КОЛЕСНИК, Илья Михайлович (KOLESNIK,
Ilya Mikhailovich); б-р Алексея Толстого, д. 44,
кв. 51 Санкт-Петербург, г. Пушкин, 196607, Saint
Petersburg (RU). ИВАНОВА, Марина Владимиров-
на (IVANOVA, Marina Vladimirovna); ул. Зверинская,
д. 34, кв. 5 Санкт-Петербург, 197198, Saint Petersburg
(RU). ИГНАТЬЕВ, Алексей Алексеевич (IGNATIEV,
Alexey Alexeyevich); ш. Пушкинское, д. 13, к. 3, кв. 109

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MONITORING A PASSIVE HEAT REMOVAL SYSTEM

(54) Название изобретения: СПОСОБ И УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА



Фиг. 1

(57) Abstract: The invention relates to means for monitoring a system for the passive removal of heat from inside the containment of a pressurized water reactor. The claimed method includes examining the interior of individual sections of piping using visual inspection equipment; assessing additional fluid resistance in piping in an inaccessible section by analysing a forced circulation mode in a circulation loop; determining the proportion of blocked tubes from among the total number of tubes in a heat exchanger; and processing the data obtained in order to determine the state of the passive heat removal system. The claimed device comprises at least one cooling water circulation loop, and further comprises a heating tank partially filled with water and having electrical heating elements; a drain line including a tank for receiving water drained from the system; and measuring means. The technical result is an increase in the operating safety of a nuclear power station.

(57) Реферат: Изобретение относится к средствам мониторинга системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического реактора. Способ включает обследование внутренних областей отдельных участков трубопроводов с помощью средств визуального контроля; определяют дополнительное гидравлическое сопротивление в трубопроводе на недоступном участке путем исследования режима принудительной циркуляции контура. Причем определяют долю заблокированных трубок от их общего числа в теплообменнике и путем обработки полученных данных определяют состояние системы пассивного отвода тепла. Устройство включает по меньшей мере один контур циркуляции охлаждающей воды, а также дополнительно содержит нагревательный бак, частично заполненный водой, с электронагревательными элементами, линию слива, включающую бак для приема сливаемой воды, и измерительные средства. Техническим результатом является повышение безопасности при эксплуатации АЭС.



WO 2022/146189 A1

Ленинградская обл., г. Гадчина, 183306, Leninradskaya obl., g. Gatchina (RU). **СЕРГЕЕВ, Александр Юрьевич (SERGEEV, Alexandr Yuryevich)**; ул. Столичная, д. 3, кв. 126 Всеволожский район, Ленинградская обл., 188689, Vsevolozhskiy raion, Leningradskaya obl., (RU).

- (81) **Указанные государства** (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Указанные государства** (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), ОАПИ (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

- с отчётом о международном поиске (статья 21.3)
- до истечения срока для изменения формулы изобретения и с повторной публикацией в случае получения изменений (правило 48.2(h))

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

5 Техническое решение относится к области атомной энергетики, а именно к системам пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического реактора (СПОТ ЗО), и предназначено для определения работоспособности системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического реактора и предотвращения возникновения аварийных
10 ситуаций на атомных электростанциях.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Из уровня техники известно множество конструкций систем отвода тепла из защитной оболочки реактора с использованием естественной циркуляции тепла.
15

В патенте РФ RU 2302674, G21C 9/00, 10.07.2007 раскрыта система отвода тепла из защитной оболочки, содержащая смонтированный под защитной оболочкой теплообменник, вход и выход которого пропущены через защитную оболочку и подключены к замкнутому контуру циркуляции легкокипящего теплоносителя, включающему турбину с электрогенератором, расположенные под защитной оболочкой энергоблок с парогенератором и установки для обеспечения безопасности энергоблока, одна из которых имеет гидроустройство и пароводяную турбину. Теплообменник установлен под куполом защитной оболочки и выполнен в виде двухъярусно расположенных кольцеобразных труб, соединенных между собой С-образными оребренными трубками, концы
25

которых направлены к стенке защитной оболочки и охватывают гидроустройство установки для обеспечения безопасности энергоблока.

В патенте РФ на полезную модель RU 85029, G21C 15/18, 20.07.2009 раскрыта система, содержащая контур циркуляции теплоносителя, включающий по крайней мере один теплообменник, размещенный внутри объема защитной оболочки, и емкость с запасом теплоносителя, установленную выше теплообменника вне объема защитной оболочки, соединенные между собой подводящим и отводящим трубопроводами. Система также снабжена пароприемным устройством, установленным в емкости с запасом теплоносителя, гидравлически связанным с последней и соединенным с отводящим трубопроводом.

Наиболее близким аналогом заявленного изобретения является система, описанная в патенте РФ RU 2595639, G21C 15/00, 27.06.2016. Система содержит смонтированный под защитной оболочкой теплообменник. Вход и выход теплообменника пропущены через защитную оболочку и подключены к замкнутому контуру циркуляции легкокипящего теплоносителя. Контур циркуляции легкокипящего теплоносителя включает турбину с электрогенератором, энергоблок с парогенератором и установки для обеспечения безопасности энергоблока. Одна из установок имеет гидроустройство и пароводяную турбину. Энергоблок с парогенератором и установки для обеспечения безопасности энергоблока расположены под защитной оболочкой. Теплообменник установлен под куполом защитной оболочки. Теплообменник выполнен в виде двух ярусно расположенных кольцеобразных труб, соединенных между собой С-образными оребренными трубками. Концы трубок направлены к стенке защитной оболочки и охватывают гидроустройство установки для обеспечения безопасности энергоблока.

СУЩНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Задачей заявленного технического решения является создание способа и устройства корректного определения работоспособности системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического реактора.

Технический результат от использования данного технического решения заключается в обеспечении и ускорении корректного определения работоспособности системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического реактора и предотвращения возникновения аварийных ситуаций на атомных электростанциях, а следовательно – в повышении безопасности при эксплуатации АЭС, а также в расширении функциональных возможностей аналога.

Данный технический результат достигается за счет использования обработки данных мониторинга системы, а также за счет внесения изменений в конструкцию системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического реактора, позволяющих проводить мониторинг системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки.

В одном из предпочтительных вариантов реализации заявленного технического решения предложен способ мониторинга системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки, характеризующийся тем, что: проводят визуальный осмотр системы касательно наличия внешних повреждений; контур системы пассивного отвода тепла делят на два участка: доступный и недоступный для проверки средствами визуального контроля; проводят обследование внутренних областей отдельных участков трубопроводов с помощью специальных средств визуального контроля; определяют дополнительное гидравлическое сопротивление в трубопроводе

на недоступном участке путем исследования режима принудительной циркуляции контура; определяют долю заблокированных трубок от их общего числа в теплообменнике; проводят обработку полученных на предыдущих этапах данных и определяют состояние системы пассивного отвода тепла из
5 внутреннего объема защитной оболочки.

Дополнительно может быть проведена оценка вклада коррозионной составляющей.

Обработка полученных на предыдущих этапах данных и определение состояние системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной
10 оболочки могут быть проведены с использованием 3D-моделирования.

Устройство для осуществления способа мониторинга системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки, включает по меньшей мере один контур циркуляции охлаждающей воды, содержащий: теплообменник, размещенный внутри объема защитной оболочки и
15 включающий верхний и нижний коллекторы, соединенные теплообменными трубками, подъемный и опускной трубопроводы, связанные с теплообменником, емкость запаса охлаждающей воды, размещенную выше теплообменника вне объема защитной оболочки и соединенную с опускным трубопроводом, паросбросное устройство, соединенное с подъемным
20 трубопроводом, размещенное в емкости запаса воды и гидравлически связанное с последней, отличающаяся тем, что содержит дополнительно: нагревательный бак, частично заполненный водой, с электронагревательными элементами, линию слива, включающую бак для приема сливаемой из системы воды, измерительные средства.

25

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг.1 – Зависимость перепада давления на недоступном участке от расхода воды в контуре при различных значениях дополнительного гидравлического сопротивления;

5 **Фиг.2** – Предельная кривая в координатах дополнительного гидравлического сопротивления контура и доли «отключенной» поверхности теплообмена;

Фиг.3 – Геометрия расчетной области;

Фиг.4 – Поперечный разрез расчетной области (вертикальная часть трубок ТО);

10 **Фиг.5** – Нижняя часть расчетной области, нумерация трубок ТО;

Фиг.6 – Поля температуры для двух различных постановок задачи;

Фиг.7 – Поля температуры для двух различных постановок задачи;

Фиг.8 – Поля скорости для двух различных постановок задачи;

15 **Фиг.9** – Зависимость перепада температур в трубках ТО от общего расхода в системе.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Ниже будут рассмотрены некоторые термины, которые в дальнейшем будут использоваться при описании технического решения.

5 **АЭС (атомная электростанция)** — ядерная установка, использующая для производства электрической (и в некоторых случаях тепловой) энергии ядерный реактор (реакторы) и содержащая комплекс необходимых сооружений и оборудования.

СПОТ (ЗО) – система пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического реактора АЭС.

10 **БАОТ** — бак аварийного отвода тепла.

ТО – теплообменник.

Трёхмерная модель (3D модель) – это объемное цифровое изображение объекта. Создание 3D моделей происходит в специальном программном обеспечении для 3D моделирования.

15 В данном техническом решении технический результат от его использования, в обеспечении и ускорении корректного определения работоспособности системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического реактора и предотвращения возникновения аварийных ситуаций на атомных электростанциях, а
20 следовательно – в повышении безопасности при эксплуатации АЭС, а также в расширении функциональных возможностей аналога, достигается за счет использования обработки данных мониторинга системы, а также за счет внесения изменений в конструкцию системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки водо-водяного энергетического
25 реактора, позволяющих проводить мониторинг системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки.

Согласно предлагаемому техническому решению, способ мониторинга системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки, характеризуется следующими операциями.

5 Проводят визуальный осмотр системы касательно наличия внешних повреждений.

Работоспособность (т.е., способность выполнять свои функции) СПОТ 30 изначально устанавливается по результатам серии экспериментов и численных расчетов. По итогам транспортировки и монтажа элементов системы могут возникнуть отклонения характеристик системы от проектных значений. Например, повреждения трубопроводов и трубок ТО (разрушения, 10 замятия) или их внутренние блокады (засоры, дефекты сварки). Кроме этого, с течением времени влияние на характеристики системы может начать оказывать коррозия материалов ее элементов. Во всех этих случаях работоспособности системы может быть нанесен ущерб. Таким образом, по 15 итогам монтажа, а также после проведения ремонтных работ, связанных с заменой элементов системы, необходимо подтверждение работоспособности СПОТ 30.

Кроме чисто механических причин, отклонение характеристик системы от проектных значений могут вызвать коррозионные отложения на внутренних 20 поверхностях трубок ТО, возникающие в процессе эксплуатации системы.

Оценка вклада коррозионной составляющей в термическое сопротивление потоку тепла от воды в трубках теплообменника к парогазовой среде в контейнменте в проектном режиме работы системы: продукты коррозии в объеме и на поверхностях элементов системы представлены преимущественно 25 в виде гематита: Fe_2O_3 , толщина слоя гематита, накопленного на поверхностях элементов системы за проектный период эксплуатации (60 лет) составляет: $\delta_H = 65 \cdot 10^{-9}$ м. Теплопроводящим свойствам гематита присуща анизотропия. Минимальной является составляющая теплопроводности, измеренная параллельно оптической оси кристалла. Её величина составляет:

$\lambda_H = 12.1$ Вт/(м · К). Теплопроводность материала стенки трубок теплообменника составляет $\lambda_w = 15.06$ Вт/(м · К), толщина стенок трубок теплообменника составляет: $\delta_w = 3 \cdot 10^{-3}$ м. Уменьшением толщины стенок трубок за счет коррозии консервативно пренебрежем. Коэффициенты теплоотдачи от воды к стенкам трубок и от парогазовой среды к стенкам трубок в проектном режиме работы могут быть консервативно оценены следующим образом: $\alpha_1 < 1000$ Вт/(м² · К) и $\alpha_2 < 600$ Вт/(м² · К).

Суммарное термическое сопротивление теплопередаче от парогазовой среды к воде может быть представлено в виде:

$$R_{\Sigma} = 1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + \delta_w/\lambda_w + \delta_H/\lambda_H$$

10 Термическое сопротивление слоя гематита:

$$R_H = \delta_H/\lambda_H$$

Вклад коррозионной составляющей в термическое сопротивление потоку тепла в проектном режиме работы системы может быть оценен отношением термических сопротивлений:

$$\varepsilon = R_H/R_{\Sigma}$$

Подставляя численные значения величин, получаем консервативную оценку:

$$\varepsilon < \frac{65 \cdot 10^{-9} / 12.1}{1/1000 + 1/600 + 3 \cdot 10^{-3} / 15.06 + 65 \cdot 10^{-9} / 12.1} \approx 1.85 \cdot 10^{-6}$$

15 Таким образом, влияние коррозии на показатели работы системы в течение проектного срока эксплуатации пренебрежимо мало.

Контур системы пассивного отвода тепла делят на два участка: доступный и недоступный для проверки средствами визуального контроля.

20 Контур СПОТ 30 может быть разделен на два участка: доступный и недоступный для проверки средствами визуального контроля.

Проводят обследование внутренних областей отдельных участков трубопроводов с помощью специальных средств визуального контроля.

Наличие внешних повреждений может быть установлено путем визуального осмотра. На отдельных участках трубопроводов их внутренние области также
5 могут быть обследованы с помощью специальных средств визуального контроля (мобильная дистанционно управляемая видеокамера). Это относится к участкам трубопроводов от среза трубы в баке до некоторого препятствия (задвижка, крутой гиб), мешающего продвижению через него камеры. Для
10 остальных участков трубопровода, недоступных обследованию визуальными средствами, а также для трубок ТО, должны быть предусмотрены иные меры проверки отсутствия блокад в их внутренних областях.

Определяют дополнительное гидравлическое сопротивление в трубопроводе на недоступном участке путем исследования режима принудительной циркуляции контура.

15 Для определения дополнительного (по отношению к проектному) гидравлического сопротивления в трубопроводе на недоступном участке исследуется режим принудительной циркуляции контура с относительно большим расходом. Циркуляция создается с помощью подачи воздуха в вертикальную часть подъемного трубопровода.

20 Проводятся расчеты данного режима при различных значениях дополнительного сопротивления. По результатам расчетов строится диаграмма (т.е., набор графиков в общих осях), представляющая зависимости перепада давления на недоступном участке ΔP от расхода воды в контуре G при различных значениях дополнительного гидравлического сопротивления ζ
25 – от нулевого до максимального допустимого значения (см. **Фиг.1**), определяемого по предельной кривой (см **Фиг.2**).

Во время гидравлических испытаний измеряются: расход воды в контуре и перепад давления на недоступном участке. Использование графиков указанных зависимостей позволяет по точке на плоскости ΔP и G ,

соответствующей измеренным значениям этих величин, установить фактическое значение дополнительного гидравлического сопротивления контура.

5 Определяют долю заблокированных трубок от их общего числа в теплообменнике.

Для этого исследуется теплообмен между паровоздушной средой контейнента и водой, протекающей через ТО. Для проведения тепловых испытаний используется специально предназначенное для этого оборудование. Вода из БАОТ через трубопровод поступает в нагревательный бак с нагревательными элементами. В этом баке при работе системы происходит нагрев воды до температуры насыщения. Паровой объем этого нагревательного бака соединен с воздушным объемом БАОТ. Таким образом, при открытой задвижке на трубопроводе между водяными объемами БАОТ и нагревательного бака, последние представляют собой сообщающиеся сосуды.

10 Идея заключается в обеспечении стабильности температуры горячей воды, поступающей в теплообменник, за счет кипения при постоянном давлении. Из нагревательного бака вода через трубопровод поступает в подъемный трубопровод СПОТ 30. Поскольку обе задвижки СПОТ 30 закрыты, вода поступает на участок контура с ТО. В ТО вода охлаждается и поступает в

20 линию слива, которая присоединена к опускному трубопроводу СПОТ 30. Из линии слива вода поступает в специальный накопительный бак, находящийся в помещении арматуры системы.

Таким образом, по сравнению со штатным режимом работы ТО, как движение воды через ТО, так и теплообмен со средой контейнента происходят в обратном направлении. А именно, вода движется через ТО сверху вниз и имеет более высокую температуру, чем среда в контейненте.

Проводятся расчеты данного режима при различных значениях числа трубок ТО, т.е., при различных значениях доли «работающей» площади теплообменной поверхности. По результатам расчетов строится серия

диаграмм), представляющих зависимости перепада температуры ΔT на теплообменнике от расхода воды G при различных относительных значениях «выключенной» доли площади теплообменной поверхности – от нуля до максимально допустимого значения, определяемого по предельной кривой
5 (см. **Фиг.2**).

С помощью расчетных кодов проведены расчеты максимальной тяжелой аварии. В этих расчетах моделировалась работа СПОТ 30 при наличии следующих деструктивных (т.е., ухудшающих показатели работы системы) факторов: 1) блокада трубопровода системы и 2) блокада части трубок
10 теплообменника. Первый из упомянутых факторов моделируется дополнительным локальным гидравлическим сопротивлением контура циркуляции; второй – «выключением из работы» части трубок теплообменника.

На основании этих расчетов, в координатах коэффициента дополнительного гидравлического сопротивления контура ζ и доли «выключенной» из теплообмена площади поверхности ТО ΔS строится предельная кривая. Предельная кривая представляет собой множество значений ζ и ΔS , при которых достигается предельно допустимое значение давления под оболочкой во время тяжелой аварии. По отношению к последствиям тяжелой аварии,
15 предельная кривая разделяет область всех значений ζ и ΔS на подобласть допустимых (под кривой), и недопустимых (над кривой) значений – см. **Фиг.2**.
Различные диаграммы указанной серии соответствуют различным значениям параметров, данные о которых должны быть получены в результате измерений. К таким параметрам относятся: температура воды на входе в
20 теплообменник, температура воздуха в контейменте, температура и степень черноты внутренней облицовки стен контейнента, температура и степень черноты внешней поверхности трубок ТО, уровень воды в баке. Оценка зависимости результатов расчета от относительной влажности воздуха в контейменте показала, что влияние данного параметра допустимо не
25 учитывать.
30

На этапе обработки результатов измерений из серии диаграмм выбирается такая, для которой значения параметров наиболее близки их измеренным значениям. Использование кривых на этой диаграмме позволяет по точке на плоскости ΔT и G , соответствующей измеренным значениям этих величин, установить относительное значение «выключенной» доли площади теплообменной поверхности, а значит, и число заблокированных трубок теплообменника.

Проводят обработку полученных на предыдущих этапах данных и определяют состояние системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки.

Полученные в ходе испытаний данные по сопротивлению контура ξ и относительному значению «отключенной» теплообменной поверхности ΔS должны быть соотнесены с предельной кривой (см. **Фиг.2**). В случае, если точка, соответствующая значениям этих величин, полученным в результате обработки данных измерений, находится ниже предельной кривой, то может быть сделан вывод о способности системы выполнять свои функции.

В случае неудовлетворительных, с точки зрения работоспособности системы, результатов испытаний возможно проведение дополнительного обследования трубок теплообменника с помощью тепловизора. Для этого в режиме тепловых испытаний (когда через трубки теплообменника протекает горячая вода) с помощью тепловизора проводится обследование трубок теплообменника с целью выявления участков с относительно низким выделением тепла. Наличие такого участка в трубке ТО являться свидетельством существования препятствий свободному протеканию жидкости через данную трубку.

Обработка полученных на предыдущих этапах данных и определение состояния системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки могут быть проведены с использованием 3D-моделирования.

В качестве примера приведено описание моделирования сопряженного теплообмена при свободной и смешанной конвекции участка теплообменника СПОТ 30.

Расчетная область ввиду симметричного расположения трубок теплообменника (ТО) представляет собой сегмент с одной целой трубкой типа 1 и две половины трубки ТО типа 2, которые окружены воздухом. На входные границы трубок ТО подается вода с заданной скоростью и температурой. Коллекторы, подводящие воду в трубки ТО, не учитываются. Геометрия расчетной области представлена ниже на рисунке **Фиг.3**. Также ниже на **Фиг.4** представлен поперечный разрез расчетной области.

В **таблице 1** представлены основные геометрические характеристики расчетной области.

Таблица 1 – Геометрические характеристики расчетной области

Общая длина трубки ТО (с учетом изгибов), м	Длина вертикального участка трубок ТО, м	Внутренний диаметр трубки ТО, м	Внешний диаметр трубки ТО, м	Толщина трубки ТО, м
5,25	4,62	0,032	0,038	0,003

Внешние границы расчетной области в направлении оси z удалены на 3 калибра в нижней части и на 8 калибров в верхней части расчетной области.

Нагретая вода поступает в трубки ТО с заданной скоростью и температурой. Вода движется по трубкам ТО в противоположном направлении оси z (от верхней части расчетной области в нижнюю часть) под действием вынужденного течения и сил плавучести в поле силы тяжести. На выходной границе трубок задано избыточное нулевое давление. В случае возникновения

обратного течения на выходных границах вода входит со средней температурой в выходном сечении трубки.

На границах раздела фаз, между воздухом и стальными трубками, а также стальными трубками и водой, задаются граничные условия 4 рода. Это
5 означает равенство температур и тепловых потоков на границах раздела фаз.

Нагретые от воды стальные трубки ТО нагревают воздух, который в свою очередь под действием силы плавучести в поле силы тяжести поднимается вверх по направлению оси z. Происходит теплосъем с нагретых трубок ТО за счет свободной конвекции. На входных и выходных границах расчетной
10 области для воздуха задано нулевое избыточное давление и температура воздуха $T_{кр.ср.}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рассмотрены два варианта течения воды в трубках ТО:

Вода поступает во все 3 трубки расчетной области.

В одну из трубок расчетной области нагретая вода не поступает.

15 Второй вариант имитирует возможную неработоспособность трубок ТО в случае засора, неправильного монтажа теплообменника-конденсатора и других возможных неполадок. Параметры для второго варианта расчета получены при условии, что максимальный возможный процент выхода из строя трубок ТО составляет 25 % от общего количества трубок одного ТО
20 СПОТ 30. При условии, что в одном теплообменнике-конденсаторе СПОТ 30 находится 132 трубки (100 %), то минимально возможное количество трубок для ТО составит 99 трубок (75 %). На **Фиг.5** представлена принятая для удобства нумерация трубок в расчетной области. Отключенной трубкой в расчетах будет являться трубка под номером 3.

25 Основными параметрами, которые варьировались в расчетах это общий расход воды в системе, т.е. расход на весь ТО (132 трубки) и температура воды на входе в трубки ТО. При этом в вариантах расчета с отключенной трубкой

проводился расчет скорости, в виду того, что общий расход воды в системе остается постоянным. В расчетах рассмотрен вариант температуры на входе $T_{вх}$ в трубки ТО 100 °С

Скорости на входе в трубки получены из общего расхода в системе и количества трубок. Скорости на входе в трубки были получены из формулы:

$$V_{вх} = \frac{G/N}{\rho_{вх} \cdot S_{вх}}$$

где G – общий расход в системе [кг/с], N – количество трубок ТО, $\rho_{вх}$ – плотность воды [кг/м³], S – площадь входного сечения [м²].

Радиационный теплообмен учитывается только в воздушной среде и стальных трубках ТО. Для расчетной области внутри трубок излучение не учитывается. Степень черноты внешних поверхностей трубок ТО и внешних границ расчетной области принималась равной $\epsilon=0.8$.

Начальными условиями для воздушной среды являются: нулевое поле скорости и температура окружающей среды $T_{окр.ср.}=30$ °С. Нулевое поле скорости для воды при температуре $T_{вх}$. Температура трубок принята как $T_{вх}$ водной среды.

Течение и теплообмен в воздушной среде характеризуется числом Грасгофа Gr и для всех рассматриваемых режимах течения воздуха имеет порядок $Gr \approx 1011$, что является характерным значением для сводно-конвективного турбулентного течения. В связи с этим, свободно-конвективное течение вокруг трубок ТО является турбулентным и для замыкания осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса была выбрана полуэмпирическая стандартная k - ϵ модель турбулентности с расширенными пристенными функциями. Силы плавучести учитываются в приближении Буссинеска.

Для учета переноса энергии излучением выбрана модель Surface-to-Surface (S2S, модель «поверхность-поверхность»).

Для численного моделирования сопряженного теплообмена, свободной и смешанной конвекции была построена неструктурированная расчетная сетка размерностью 6,3 млн. ячеек

5 Все расчеты проведены в нестационарной постановке. В основных расчетах шаг по времени принимался равным 0,5 с. Решение уравнений Навье-Стокса и конвективно-диффузионного переноса тепла осуществлялось с использованием метода Segregated Flow. Расчеты производились со вторым порядком точности дискретизации по пространству и времени. Задача считалась сошедшейся, когда средняя температура на выходе из трубок и на
10 поверхности трубок ТО выходили на некое постоянное значение.

Ниже приведены результаты расчета для температуры на входе в трубки ТО 100 °С и для разных массовых расходов. Ниже на **Фиг.6-8** приведены поля скорости и температуры для одного из вариантов расчета с полным количеством трубок и вариант, когда в одну из трубок вода не подается, что
15 имитирует неработоспособность трубки.

На **Фиг.9** представлена зависимость перепада температур в трубках ТО от расхода воды в системе. Ниже в **таблице 2** представлены удельные тепловые потоки на поверхностях трубок ТО, средние температуры, а также коэффициент теплоотдачи с внешней поверхности трубки ТО.

20 **Таблица 2** – Результаты расчета при температуре воды на входе в трубки ТО 100 °С

Расход, кг/с	ΔT , °С	Удельный тепловой поток q (воздух), Вт/м ²	Удельный тепловой поток q (вода), Вт/м ²	Средняя температура внешней поверхности трубки ТО, °С	Средняя температура внутренней поверхности	Коэффициент теплоотдачи с внешней поверхности ТО, Вт/м ² /К

					трубки ТО, °С	
100 %						
0,15	46,96	360	427	68,37	68,44	9,4
0,20	40,37	415	492	73,50	73,59	9,5
0,30	31,63	484	575	79,70	79,80	9,7
75 %						
0,15	42,16	432	512	72,26	72,35	10,2
0,20	35,82	486	578	76,87	76,97	10,4
0,30	27,30	557	662	82,49	82,61	10,6

Из **таблицы 2** видно, что при увеличении расхода в системе увеличивается и удельный тепловой поток на внутренней и внешней поверхности трубок. На **Фиг.9** представлена зависимость перепада температур в трубках ТО от общего расхода в системе. Видно, что при увеличении расхода в системе перепад температур между входом и выходом падает.

Для температуры воды 100 °С на входе отключение одной трубки из расчетной модели приводит к увеличению скорости в остальных трубках. Таким образом, температура воды на выходе из трубок выше и перепад температур для варианта с отключенной трубкой ниже, чем в варианте расчета со всеми работающими трубками ТО.

Для температуры воды на входе в ТО 100 °С разница температур между двумя вариантами расчета (при полностью работающем теплообменнике-конденсаторе на 100 % и при работающем частично на 75% площади трубок ТО) составляет порядка 5 °С.

В одном из вариантов осуществления описываемого технического решения система пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки дополнительно содержит:

5 А) следующие измерительные средства для определения дополнительного гидравлического сопротивления в трубопроводе на недоступном участке путем исследования режима принудительной циркуляции контура

- Портативный ультразвуковой расходомер Fluxus ADM F601/ Диапазон скорости потока 0.01-25 м/с. Погрешность измерения объемного расхода 1% ИВ. Возможны два варианта установки расходомера:

10 Вариант с тарировкой. В этом варианте предполагаемое место установки расходомера во время испытаний – прямолинейный участок опускного трубопровода в помещении арматуры СПОТ 30. Выбор именно опускного участка связан с тем, что при гидравлических испытаниях на подъемном участке реализуется двухфазный режим течения. Ввиду
15 несоответствия фактических условий измерения расхода нормативным требованиям по установке расходомера (недостаточная длина прямолинейного участка), необходимо провести предварительную тарировку данного прибора для каждой петли системы. Тарировка проводится перед испытаниями с помощью второго (контрольного)
20 расходомера, который устанавливается последовательно с первым, но в таком месте, где выполняются необходимые требования по его установке. Таким местом является участок опускного трубопровода системы в пространстве между оболочками. Тарировка заключается в следующем. В режиме гидравлических испытаний измеряется расход в
25 нескольких точках рабочего диапазона расходов одновременно обоими приборами. На основании этих измерений строится тарировочная кривая, которая используется в дальнейшем при обработке результатов испытаний. Для измерений во время испытаний тарированный прибор устанавливается на то же самое место и в то же самое положение,

которые он занимал во время тарировки. Установочное место расходомера должно быть зафиксировано во время тарировка и отмечено маркерами. Необходимо иметь ввиду, что тарировочные кривые для разных петель системы могут различаться, поскольку для

5 разных петель различается геометрия участков, на которых устанавливается расходомер.

Вариант без тарировки. В этом варианте для проведения измерений во время испытаний расходомер устанавливается на участок опускного трубопровода между оболочками, т.е., на то самое место, которое в

10 первом варианте использовалось для установки контрольного (тарирующего) прибора.

- Воздушный компрессор производительностью 1000 л/мин (около 0.02 кг/с). Необходимым условием использования компрессора является отсутствие примесей, например, паров масла, в подаваемом в систему

15

- Воздушная линия, включающая указанный компрессор, средство измерения расхода воздуха и вентиль для плавной регулировки расхода воздуха. Линия монтируется к штуцеру в горизонтальной части линии байпаса задвижки AA802.

20

- Дифференциальный манометр для измерения перепада давлений на недоступном участке контура циркуляции.

Для определения дополнительного гидравлического сопротивления в трубопроводе на недоступном участке путем исследования режима принудительной циркуляции контура:

1. Арматура системы и воздушной линии приводится в открытое состояние;
2. Включается воздушный компрессор;
3. Вентиль на воздушной линии открывается и устанавливается в положение, соответствующее значению расхода воды в контуре: 15÷20

25

30

- кг/с;

4. Контролируется расход воды в контуре с целью установления момента достижения стационара. Расчетное время выхода на стационар составляет: $50 \div 100$ с;
5. По достижению стационара измеряются: расход воздуха в воздушной линии, расход воды в контуре, уровень воды в баках СПОТ, перепад давления на недоступном участке;
6. Закрывается вентиль на воздушной линии;
7. Выключается воздушный компрессор;
8. Арматура системы и воздушной линии приводится в закрытое состояние.

Б) для определения доли заблокированных трубок от их общего числа в теплообменнике в конструкцию СПОТ 30 включают:

- 1) Нагревательный бак, частично заполненный водой, с электронагревательными элементами с общим регулируемым уровнем мощности 0-75 кВт. Паровой объем бачка соединен трубопроводом с воздушным объемом БАОТ. Водяной объем бачка нагревателя соединен трубопроводом с байпасом задвижки подъемного трубопровода СПОТ 30.
- 2) Линия слива, включающая бак для приема сливаемой из системы воды и средства измерения расхода; Линия монтируется к штуцеру на опускном участке трубопровода системы.
- 3) Средства измерения температуры воды, а также вентиль на линии слива для плавной регулировки расхода воды.
- 4) Пирометр, который, вместе со средствами непосредственного измерения температуры поверхности трубок ТО и стен контейнента, служит для определения степени черноты указанных поверхностей.
- 5) Средства непосредственного измерения температуры поверхности трубок ТО и стен контейнента.

- 6) Тепловизор, служащий для дополнительных исследований в случае неудовлетворительных результатов основных испытаний.

Для определения доли заблокированных трубок от их общего числа в теплообменнике:

- 5 1. Открывается арматура, соединяющая БАОТ и электронагреватели;
2. Проводится измерение уровня воды в нагревательном баке. При значении уровня близком к номинальному, включаются электронагревательные элементы; общая мощность электронагревателей устанавливается на уровне: 75 кВт;
- 10 3. Периодически проводятся измерения температуры воды в нагревательном баке. При достижении значения температуры значения: 100 °С арматура линии слива приводится в открытое состояние. Вентиль на линии слива устанавливается в положение, соответствующее расходу воды в линии слива: 0.2 кг/с;
- 15 4. Контролируются температура на входе и выходе ТО с целью установления момента достижения стационара. Расчетное время выхода на стационар от момента начала прогрева (включения электронагревателей) составляет приблизительно: 10000 ÷ 12000 с;
- 20 5. По достижению стационара измеряются следующие параметры. Расход воды, уровень и температура воды в баках СПОТ, температура воды на входе и выходе ТО, температура воды за нагревателем, температура среды в контейменте, температура воды и уровень в нагревательном баке. Также должны быть измерены следующие параметры (см. сноску **Ошибка! Закладка не определена.** в разделе **Ошибка! Источник ссылки не найден.**): температура поверхности трубок ТО – непосредственные (контактные) измерения и измерения с помощью пирометра (бесконтактные); температура поверхности стен контеймента – непосредственные (контактные) измерения и измерения с помощью пирометра (бесконтактные);
- 25 6. Выключаются электронагревательные элементы;
- 30

Арматура линии нагрева и линии слива приводится в закрытое состояние.

Специалисту в данной области, очевидно, что конкретные варианты осуществления мониторинга системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки и устройства для его осуществления были описаны
5 здесь в целях иллюстрации, допустимы различные модификации, не выходящие за рамки и сущности технического решения.

ФОРМУЛА

1. Способ мониторинга системы пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки, характеризующийся тем, что:

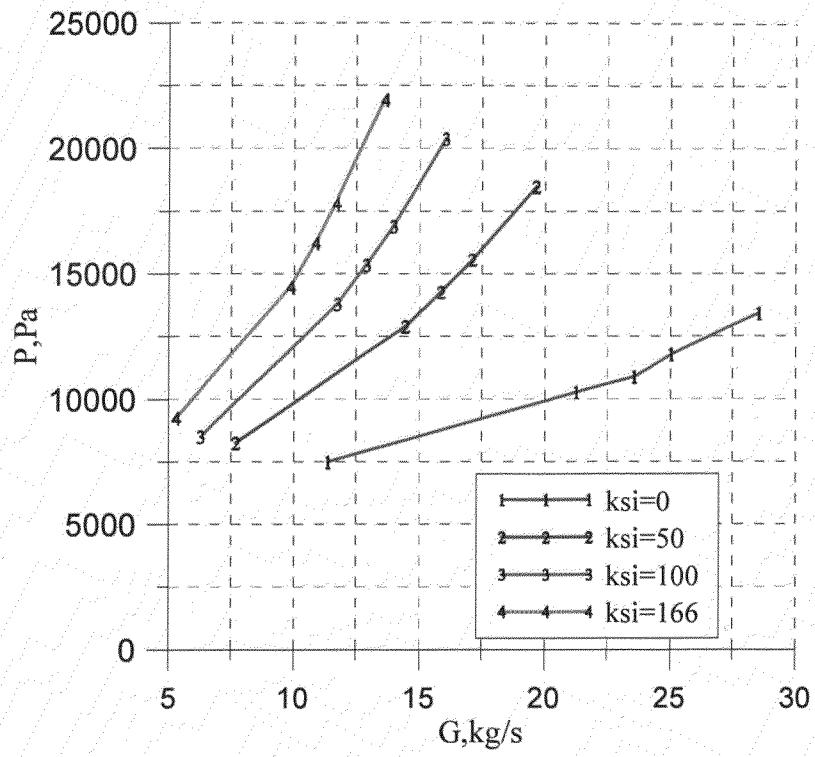
- проводят визуальный осмотр системы касательно наличия
5 внешних повреждений;
- контур системы пассивного отвода тепла делят на два участка:
доступный и недоступный для проверки средствами визуального
контроля;
- проводят обследование внутренних областей отдельных участков
10 трубопроводов с помощью мобильной дистанционно управляемой
видеокамеры;
- определяют дополнительное гидравлическое сопротивление в
трубопроводе на недоступном участке путем исследования
режима принудительной циркуляции контура;
- определяют долю заблокированных трубок от их общего числа в
15 теплообменнике;
- проводят обработку полученных на предыдущих этапах данных и
определяют состояние системы пассивного отвода тепла из
внутреннего объема защитной оболочки.

20 2. Способ по п.1, характеризующийся тем, что проводят оценку вклада
коррозионной составляющей.

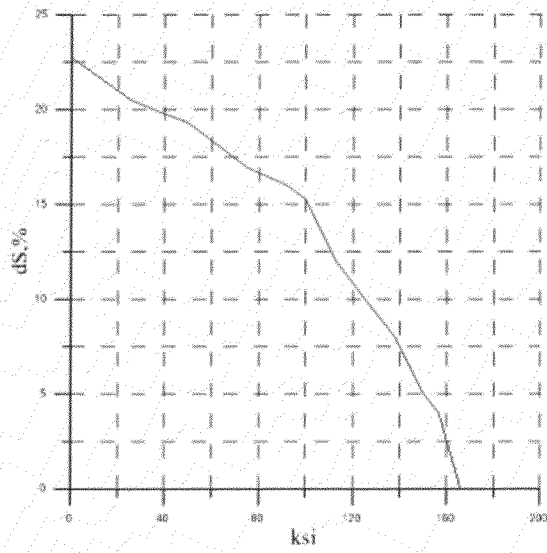
3. Способ по п.1, характеризующийся тем, что проводят обработку данных
с помощью 3D-моделирования.

25 4. Устройство мониторинга системы пассивного отвода тепла из
внутреннего объема защитной оболочки, включающее по меньшей мере
один контур циркуляции охлаждающей воды, содержащий:
теплообменник, размещенный внутри объема защитной оболочки и
включающий верхний и нижний коллекторы, соединенные
теплообменными трубками, подъемный и опускной трубопроводы,

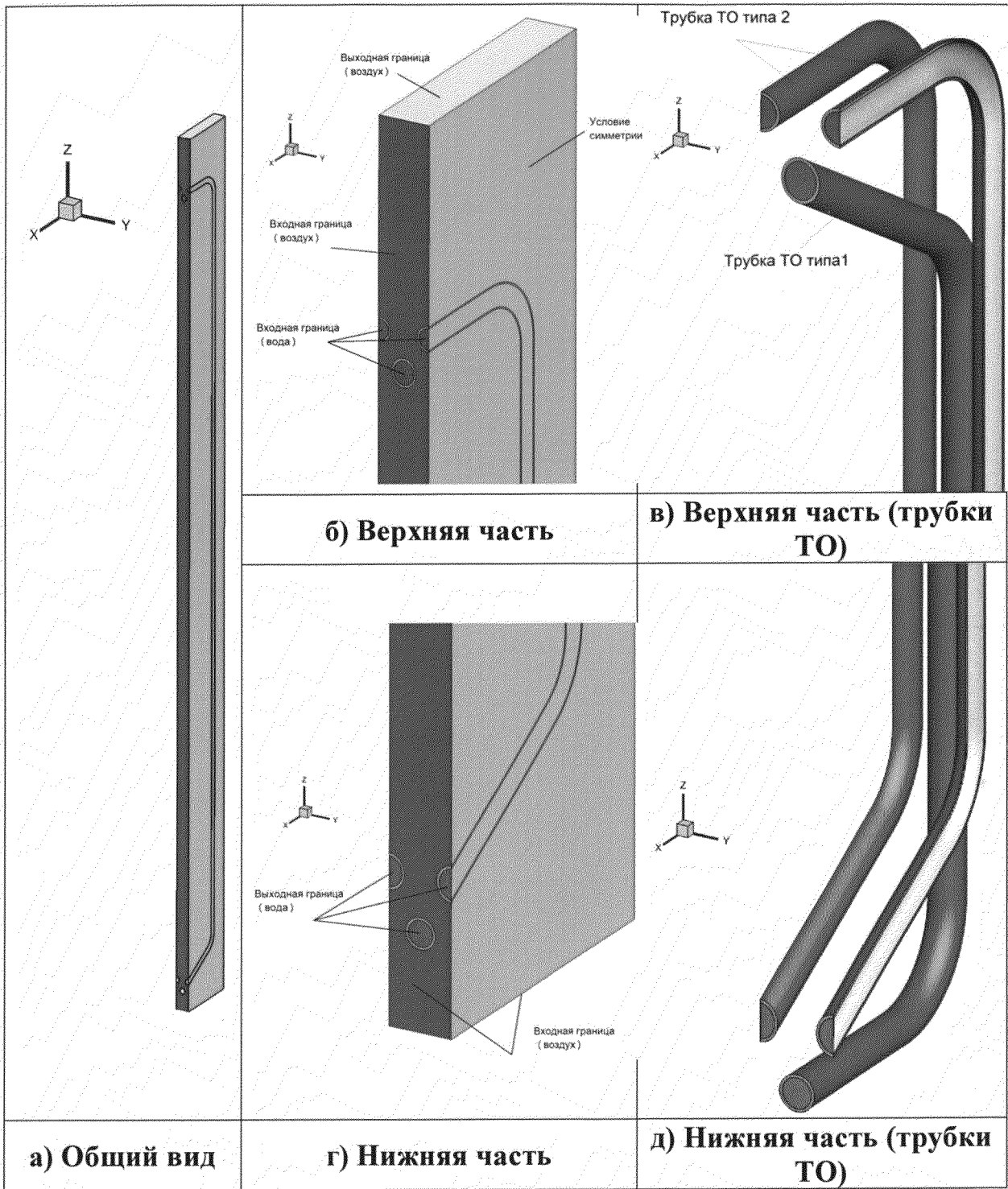
связанные с теплообменником, емкость запаса охлаждающей воды, размещенную выше теплообменника вне объема защитной оболочки и соединенную с опускным трубопроводом, паросбросное устройство, соединенное с подъемным трубопроводом, размещенное в емкости запаса воды и гидравлически связанное с последней, отличающаяся тем, что содержит дополнительно: нагревательный бак, частично заполненный водой, с электронагревательными элементами, линию слива, включающую бак для приема сливаемой из системы воды, средства измерения расхода воды в контуре и средства измерения перепада давления.



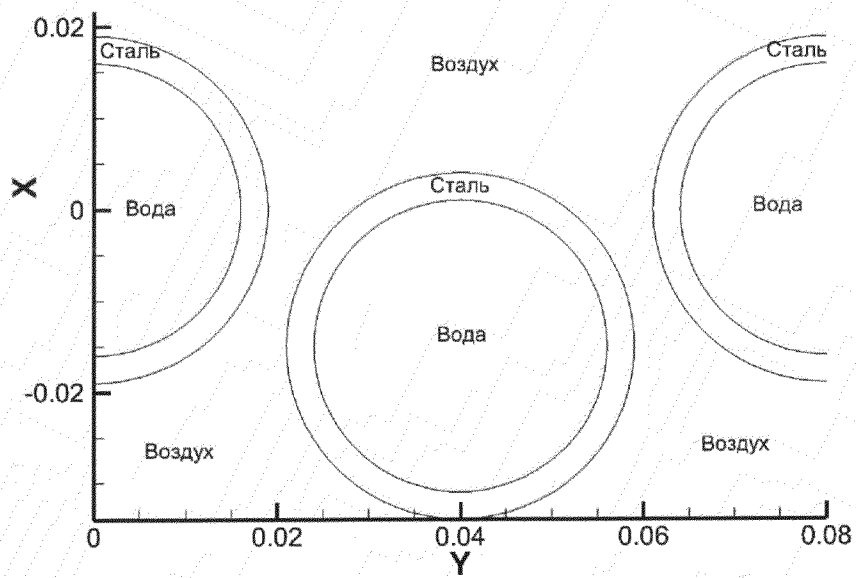
Фиг. 1



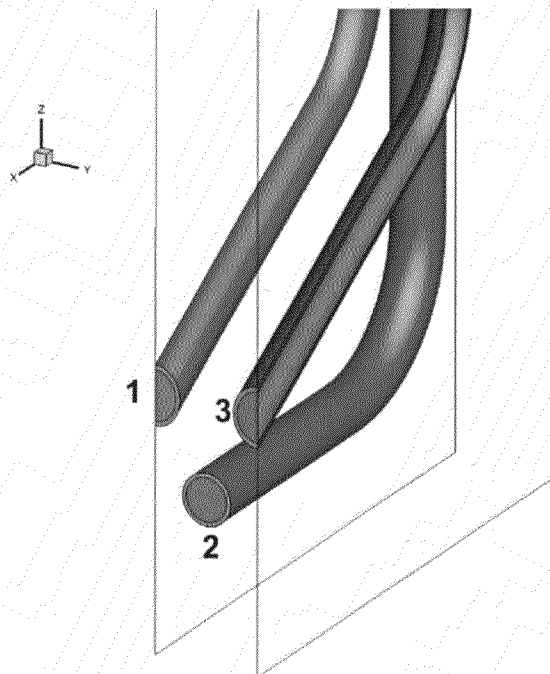
Фиг. 2



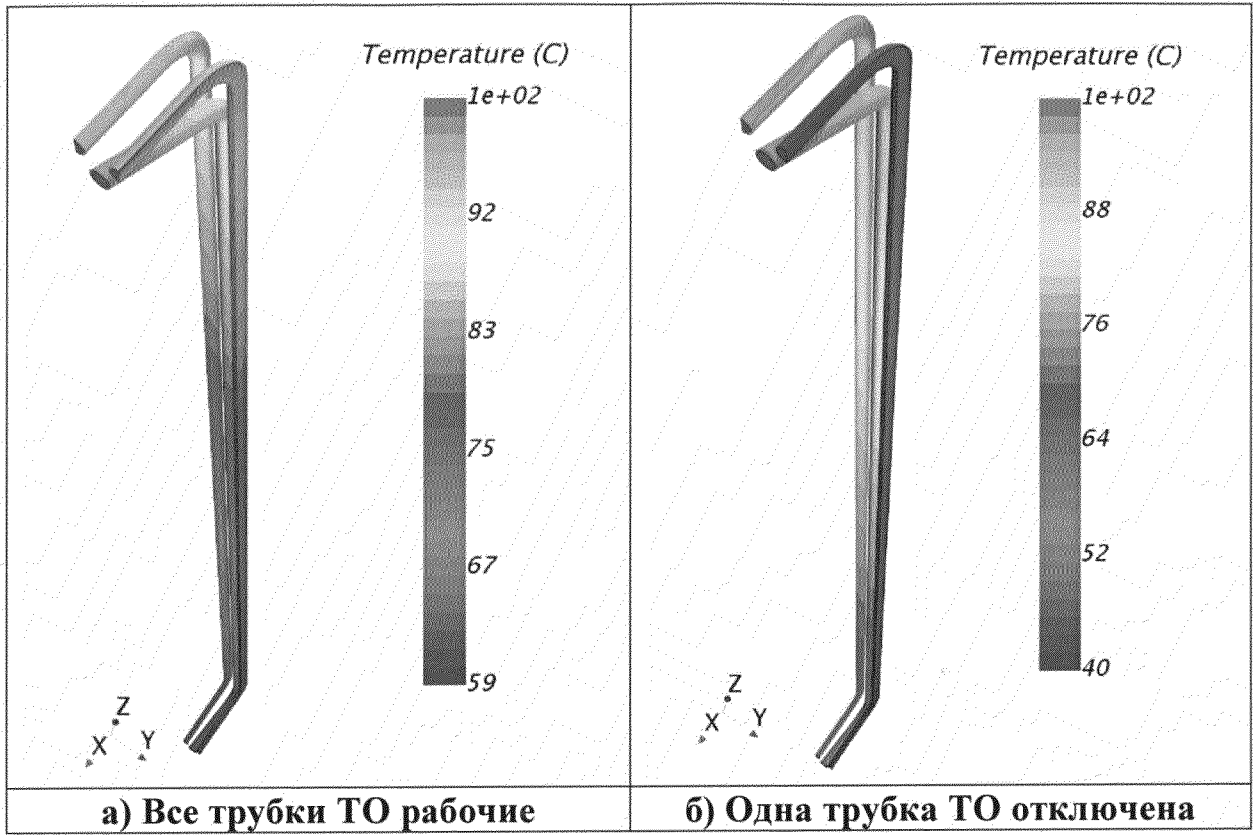
Фиг. 3.



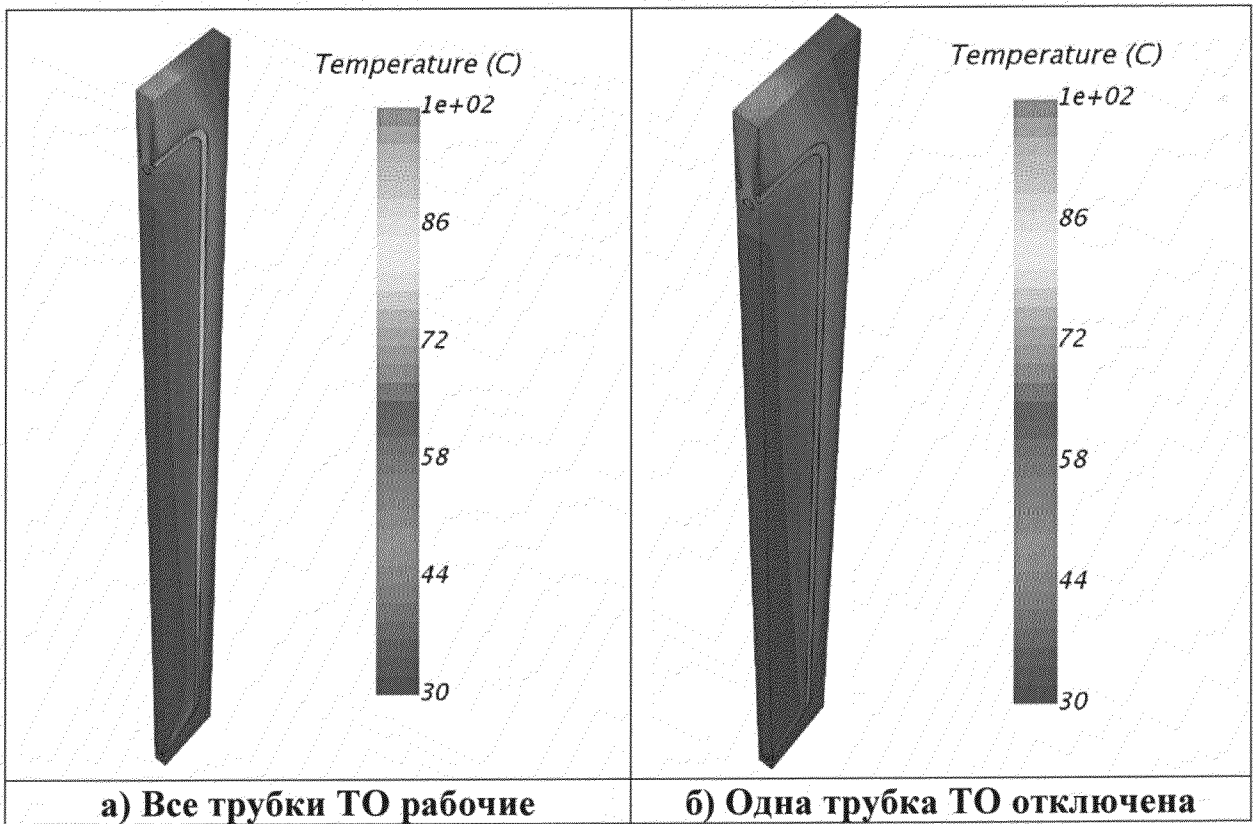
Фиг. 4.



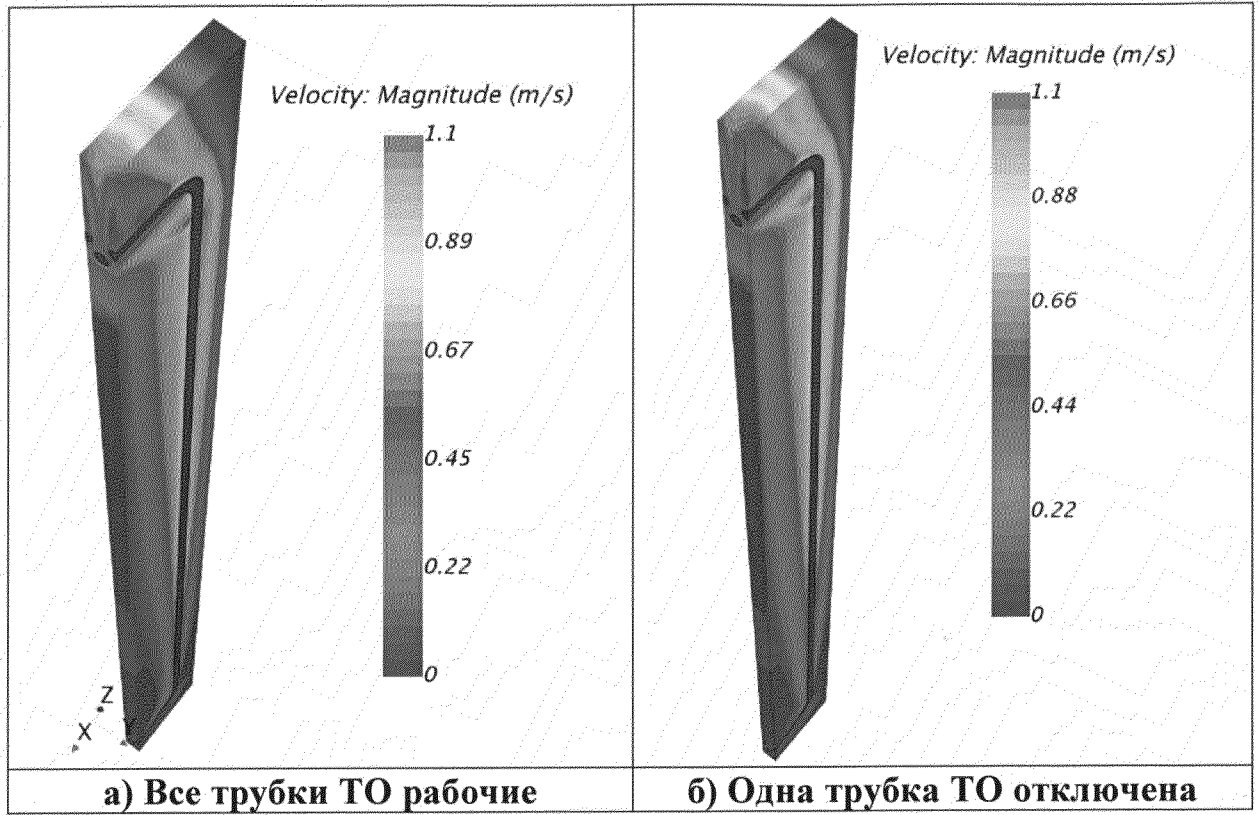
Фиг. 5.



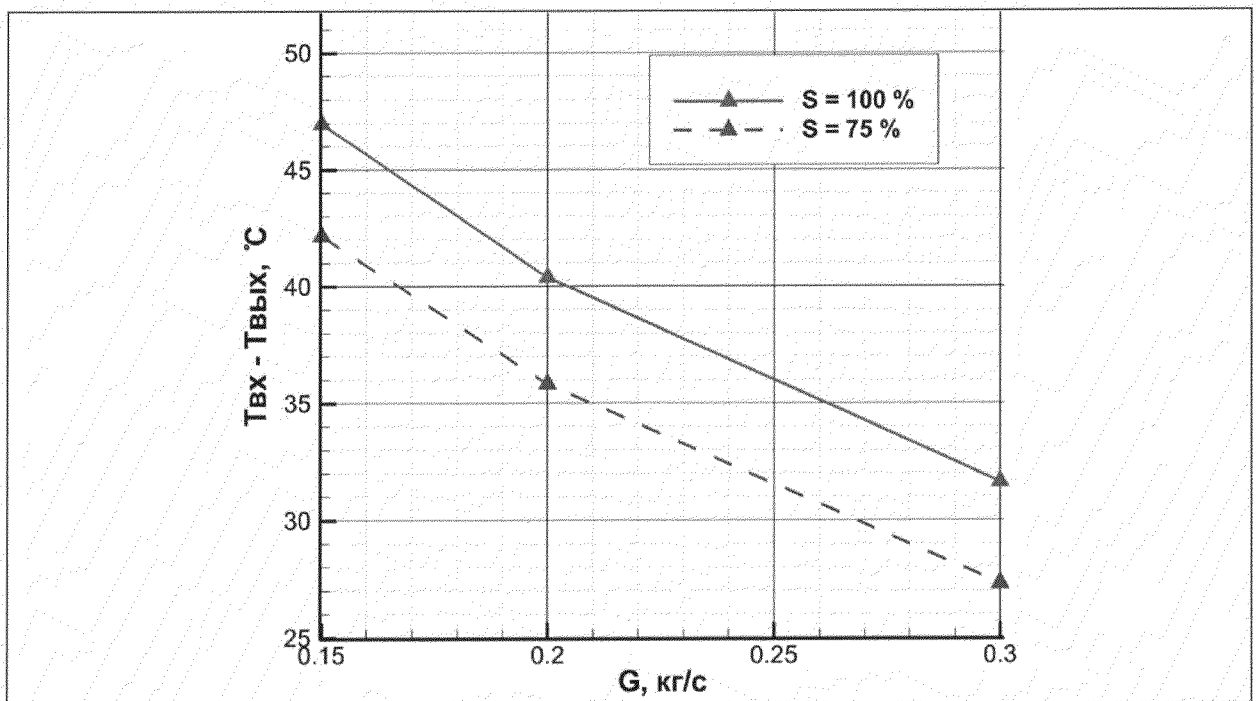
Фиг. 6.



Фиг. 7.



Фиг. 8.



Фиг. 9.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2021/000619

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G21C 15/00 (2006.01); G21C 17/10 (2006.01); G06F 30/17 (2020.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G21C 15/00, 17/00, 17/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PatSearch (RUPTO Internal), USPTO, PAJ, Espacenet, Information Retrieval System of FIPS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2595639 C2 (AKTSIONERNOE OBSHESTVO "NAUCHNO- ISSLEDOVATELSKY I PROEKTNO-KONSTRUKTORSKY INSTITUT ENERGETICHESKIKH TEKHNOLOGY "ATOMPROEKT" ("AO "ATOMPROEKT")) 27.08.2016	1-4
A	RU 85029 U1 (OTKRYTOE AKTSIONERNOE OBSHESTVO "SANKT-PETERBURGSKY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY I PROEKTNO-KONSTRUKTORSKY INSTITUT "ATOMENERGOPROEKT" (OAO "SPBAEP") et al.) 20.07.2009	1-4
A	RU 2302674 C1 (FEDERALNOE GOSUDARSTVENNOE UNITARNOE PREDPRIIATIE "NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY, PROEKTNO-KONSTRUKTORSKY I IZYSKATELSKY INSTITUT "ATOMENERGOPROEKT", FGUP "ATOMENERGOPROEKT" et al.) 10.07.2007	1-4
A	RU 2082226 C1 (OPYTNOE KONSTRUKTORSKOE BIURO MASHINOSTROENIIA) 20.06.1997	1-4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 17 May 2022 (17.05.2022)	Date of mailing of the international search report 02 June 2022 (02.06.2022)
---	---

Name and mailing address of the ISA/
RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2021/000619

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017/028201 A1 (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 23.02.2017	1-4
A	WO 2016/089249 A1 (JOINT STOCK COMPANY SCIENT RES AND DESIGN INST FOR ENERGY TECHNOLOGIES ATOMPROEKT JSC ATOMPROEKT) 09.06.2016	1-4
A	CN 105070335 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 18.11.2015	1-4

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2021/000619

<p>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>G21C 15/00 (2006.01)</i> <i>G21C 17/10 (2006.01)</i> <i>G06F 30/17 (2020.01)</i></p> <p>Согласно Международной патентной классификации МПК</p>																	
<p>B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА</p> <p>Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)</p> <p style="text-align: center;">G21C 15/00, 17/00, 17/10</p> <p>Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки</p> <p>Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)</p> <p style="text-align: center;">PatSearch (RUPTO Internal), USPTO, PAJ, Espacenet, Information Retrieval System of FIPS</p>																	
<p>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Категория*</th> <th>Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей</th> <th>Относится к пункту №</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>RU 2595639 C2 (АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ "АТОМПРОЕКТ" ("АО "АТОМПРОЕКТ")) 27.08.2016</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 85029 U1 (ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ" (ОАО "СПБАЭП") и др.) 20.07.2009</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 2302674 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ", ФГУП "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ" и др.) 10.07.2007</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 2082226 C1 (ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МАШИНОСТРОЕНИЯ) 20.06.1997</td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </table>			Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	A	RU 2595639 C2 (АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ "АТОМПРОЕКТ" ("АО "АТОМПРОЕКТ")) 27.08.2016	1-4	A	RU 85029 U1 (ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ" (ОАО "СПБАЭП") и др.) 20.07.2009	1-4	A	RU 2302674 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ", ФГУП "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ" и др.) 10.07.2007	1-4	A	RU 2082226 C1 (ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МАШИНОСТРОЕНИЯ) 20.06.1997	1-4
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №															
A	RU 2595639 C2 (АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ "АТОМПРОЕКТ" ("АО "АТОМПРОЕКТ")) 27.08.2016	1-4															
A	RU 85029 U1 (ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ" (ОАО "СПБАЭП") и др.) 20.07.2009	1-4															
A	RU 2302674 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ", ФГУП "АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ" и др.) 10.07.2007	1-4															
A	RU 2082226 C1 (ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МАШИНОСТРОЕНИЯ) 20.06.1997	1-4															
<p><input checked="" type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении</p>																	
<p>* Особые категории ссылочных документов:</p> <p>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</p> <p>“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке</p> <p>“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</p> <p>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</p> <p>“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</p> <p>“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</p>	<p>“T” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</p> <p>“X” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</p> <p>“Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</p> <p>“&” документ, являющийся патентом-аналогом</p>																
<p>Дата действительного завершения международного поиска</p> <p style="text-align: center;">17 мая 2022 (17.05.2022)</p>	<p>Дата отправки настоящего отчета о международном поиске</p> <p style="text-align: center;">02 июня 2022 (02.06.2022)</p>																
<p>Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП-3, Россия, 125993 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37</p>	<p>Уполномоченное лицо: <p style="text-align: center;">Иваненко Т.</p> Телефон № 8(495)531-64-81</p>																

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2021/000619

С. (Продолжение). ДОКУМЕНТЫ СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕВАЛЕНТНЫМИ		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	WO 2017/028201 A1 (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 23.02.2017	1-4
A	WO 2016/089249 A1 (JOINT STOCK COMPANY SCIENT RES AND DESIGN INST FOR ENERGY TECHNOLOGIES ATOMPROEKT JSC ATOMPROEKT) 09.06.2016	1-4
A	CN 105070335 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 18.11.2015	1-4