

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

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
08 июля 2021 (08.07.2021)



(10) Номер международной публикации
WO 2021/137728 A1

- (51) Международная патентная классификация:
G21C 15/02 (2006.01) *G21C 9/00* (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: PCT/RU2020/000729
- (22) Дата международной подачи:
18 декабря 2020 (18.12.2020)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:
2019145363 31 декабря 2019 (31.12.2019) RU
- (71) Заявитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "АКМЭ-ИНЖИНИРИНГ" (JOINT STOCK COMPANY "AKME-ENGINEERING") [RU/RU]; ул. Пятницкая, 13, стр. 1 Москва, 115035, Moscow (RU).
- (72) Изобретатели: ТОШИНСКИЙ, Георгий Ильич (TOSHINSKIY, Georgiy Ilich); пр. Ленина, д. 1/6, кв. 4 Калужская обл., г. Обнинск, 244033, Kaluzhskaya obl., g. Obninsk (RU). КОМЛЕВ, Олег Геннадьевич (KOMLEV, Oleg Gennad'evich); ул. Комсомольская, 39а, кв. 8 Калужская обл., г. Обнинск, 249037, Kaluzhskaya obl., g. Obninsk (RU). ДЕДУЛЬ,

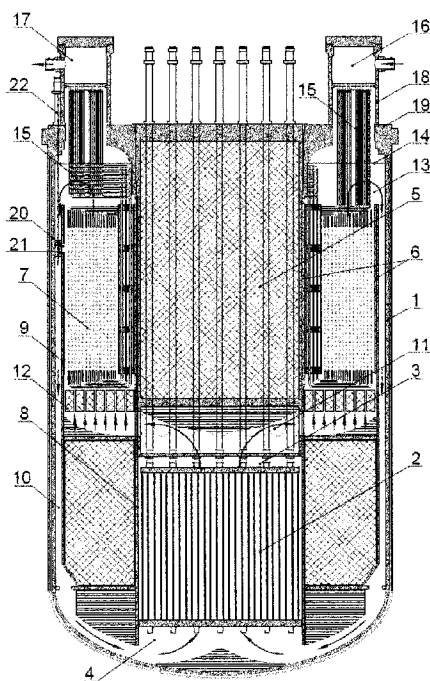
Александр Владиславович (DEDUL', Aleksandr Vladislavovich); Парадный проезд, 4а, кв. 215 Московская обл., г. Подольск, 142116, Moskovskaya obl., g. Podolsk (RU). ГРИГОРЬЕВ, Сергей Александрович (GRIGOR'EV, Sergey Aleksandrovich); ул. Шаболовка, 23, кв. 181 Москва, 119049, Moscow (RU). ОШЕЙКО, Юрий Викторович (OSHEJKO, Yuriy Viktorovich); пл. Бондаренко, 1 Калужская обл., г. Обнинск, 249033, Kaluzhskaya obl., g. Obninsk (RU). ТОРМЫШЕВ, Иван Владимирович (TORMYSHEV, Ivan Vladimirovich); пл. Бондаренко, 1 Калужская обл., г. Обнинск, 249033, Kaluzhskaya obl., g. Obninsk (RU).

(74) Агент: ЧЕРНЫХ, Илья Владимирович (CHERNYKH, Ilya Vladimirovich); ул. Пятницкая, дом 13, стр. 1 Москва, 115035, Moscow (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,

(54) Title: NUCLEAR REACTOR OF INTEGRAL TYPE (EMBODIMENTS)

(54) Название изобретения: ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР ИНТЕГРАЛЬНОГО ТИПА (ВАРИАНТЫ)



Фиг. 1

(57) Abstract: The claimed embodiments of a nuclear reactor of the integral type relate to nuclear engineering and can be used in reactor systems having different types of liquid coolants with a high boiling point such as, for example, liquid metals, molten salts, etc. Structural features of the claimed embodiments of the invention, in which a spiral heat exchanger sectioned along a secondary coolant circuit is used, provide an increase in cost-performance indicators by reducing the metal consumption of the reactor; efficiently use the inner volume of the reactor; increase safety in the event of leaks in tubes of the heat exchanger; and provide the possibility of removing residual heat in the period after the shield plug is extracted before fuel is discharged.

(57) Реферат: Заявленные варианты ядерного реактора интегрального типа относятся к ядерной технике и могут быть использованы в реакторных установках с различными видами жидких теплоносителей с высокой температурой кипения, таких, как, например, жидкие металлы, расплавленные соли и т.д. Особенности конструкции заявленных вариантов изобретения, в которых применен витой теплообменник, секционированный по второму контуру теплоносителя, обеспечивают повышение технико-экономических показателей за счет уменьшения металлоемкости реактора; эффективное использование внутреннего объема реактора; повышение безопасности при течах трубок теплообменника; обеспечение возможности отвода остаточного тепловыделения в период времени после извлечения защитной пробки до выгрузки топлива.

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), OAPI (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))

Описание изобретения

Ядерный реактор интегрального типа (Варианты)

Область техники

5 Изобретения по обоим из заявленных вариантов относятся к ядерной технике и могут быть использованы в реакторных установках с различными видами жидких теплоносителей с высокой температурой кипения, таких, как, например, жидкие металлы, расплавленные соли и т.д.

Уровень техники

10 Из уровня техники известна ядерная энергетическая установка по патенту № RU 2313143 с приоритетом от 20.06.2006, содержащая реактор с жидкометаллическим свинцовым теплоносителем или его сплавами, размещённые под свободным уровнем теплоносителя, активную зону, парогенераторы (ПГ) и средства циркуляции, например, осевой насос, а также

15 систему защитного газа. Конструкция и принцип работы ядерной энергетической установки, являющейся аналогом заявленного изобретения, заключается в следующем. Парогенераторы и насос установлены под свободным уровнем теплоносителя в кольцевом канале, расположенном выше активной зоны ядерного реактора. При этом внутренний диаметр кольцевого

20 канала выполнен больше внешнего диаметра активной зоны. Входной участок парогенераторов сообщён с объёмом теплоносителя над активной зоной. Выходной участок парогенераторов сообщён с входной всасывающей камерой насоса, размещённого в кольцевом канале. Напорная камера насоса сообщена через опускающий канал с активной зоной ядерной энергетической установки.

25 Работа ядерной энергетической установки осуществляется следующим образом. Теплоноситель нагревается в активной зоне ядерного реактора за счёт тепла, выделяющегося при делении тяжёлых ядер. Нагретый теплоноситель поступает в объём над активной зоной за счёт работы насоса.

Из этого объёма теплоноситель поступает во входные участки секций парогенераторов, омывает трубки парогенератора, расположенные под свободным уровнем теплоносителя и отдаёт тепло контуру рабочего тела. Из выходных участков парогенераторов теплоноситель поступает во всасывающую камеру насоса. Насос сообщает потоку теплоносителя энергию, расходуемую на преодоление гидравлического сопротивления опускного участка и активной зоны, а также на подъем свободного уровня теплоносителя во входных участках парогенераторов, равный гидравлическому сопротивлению от входных участков парогенераторов до всасывающего патрубка насоса. Поток охлаждённого теплоносителя из напорной камеры насоса через опускной участок поступает в активную зону. Недостатком данного технического решения является низкая надёжность установки, проявляющаяся при отказе одного из насосов, включённых параллельно на общий опускной канал, так как через остановленный насос пойдёт большой обратный расход теплоносителя, что резко снизит его расход через активную зону и вызовет необходимость значительного снижения мощности реактора. Кроме того, при отказе одной из секций ПГ по причине потери герметичности одной из трубок и отключения ПГ по второму контуру через отключённую секцию ПГ пойдёт поток горячего теплоносителя, который при смешивании с потоком холодного теплоносителя, выходящего из исправной секции ПГ, будет создавать большие температурные пульсации теплоносителя, доходящие до активной зоны, снижающие её работоспособность вследствие термоциклической усталости конструкционных материалов. Недостатком данного технического решения также является невозможность отвода остаточного тепловыделения при перегрузке топлива, если технология перегрузки топлива требует извлечения из реактора защитной пробки, не показанной на чертежах к патенту, необходимой для снижения мощности дозы излучения в направлении вверх, когда уровень теплоносителя может снизиться ниже ПГ и отвод тепла прекратится.

Из уровня техники известен также ядерный реактор с жидкометаллическим теплоносителем, снабжённый по крайней мере одним компактным теплообменником, в частности, парогенератором, размещённым вертикально в кольцевой полости между корпусом реактора и коаксиально расположенной кольцевой внутренней обечайкой, в нижней части которой размещается активная зона и горячий коллектор теплоносителя первого контура (WO 2009/024854), также являющийся аналогом заявленного изобретения. Теплообменник имеет множество теплообменных трубок в виде плоских спиралей, расположенных одна над другой. Внутри теплообменника (парогенератора) размещается циркуляционный насос. При этом горячий теплоноситель подаётся на вход насоса снизу и далее движется по каналу насоса в теплообменнике вверх, входя в трубный пучок теплообменника в радиальном направлении от оси теплообменника к его периферии. Кроме того, в патрубках, соединяющих горячий коллектор активной зоны со входом в насос, размещены направляющие устройства, улучшающие гидродинамику потока теплоносителя, и механические заслонки, перекрывающие расход теплоносителя в теплообменник в случае аварийной остановки насоса при изменении направления движения потока теплоносителя на обратное.

Прототипом изобретения, согласно обоим заявленным вариантам, является ядерный реактор с аналогичным размещением оборудования в корпусе реактора, что и в предыдущем патенте, аналогичной конструкцией теплообменника (парогенератора) и такой же схемой циркуляции теплоносителя первого и второго контуров (WO 2018/007961), что видно из представленных к патенту чертежей. В указанном ядерном реакторе отсутствуют выравнивающие поле скоростей гидравлические устройства и подвижные механические заслонки в патрубках, соединяющих горячий коллектор активной зоны со входом в насос, а также имеются другие отличия конструкции, не влияющие на выбор ядерного реактора по патенту WO 2018/007961 в качестве прототипа заявленных изобретений.

Указанный реактор обладает рядом недостатков. Рабочее колесо насоса и верхняя часть насоса, где размещается подшипник, омываются горячим теплоносителем первого контура, что затрудняет создание насоса с большим ресурсом из-за снижения коррозионно-эрозионной стойкости материала рабочего колеса насоса при повышении температуры теплоносителя. Недостатком прототипа также является и то, что в случае течи трубки парогенератора выход пара из теплоносителя в газовую полость реактора, в силу особенностей конструкции реактора, затруднён, т.к. теплоноситель после выхода из парогенератора течёт вниз, увлекая за собой пузыри пара. Кроме того, в прототипе количество насосов всегда равно количеству теплообменников, что может оказаться не оптимальным и приведёт к ухудшению технико-экономических показателей. В силу особенностей конструкции прототипа отсутствует возможность расхолаживания активной зоны при выгрузке топлива, если технология выгрузки предусматривает предварительное извлечение из реактора защитной пробки, что приводит к снижению уровня теплоносителя в реакторе и возможному разрыву контура циркуляции. Одним же из основных недостатков прототипа, исключающим возможность создания ядерного реактора с минимально возможной металлоёмкостью и лучшими технико-экономическими показателями, является неэффективное использование кольцевого пространства, в котором расположены теплообменники (парогенераторы), между корпусом реактора и коаксиально расположенной кольцевой внутренней обечайкой.

Раскрытие изобретения

Задачей на решение, которой направлено создание группы заявленных изобретений, является совершенствование конструкции ядерного реактора, с целью снижения металлоёмкости и улучшения технико-экономических показателей, повышения его надёжности и безопасности.

Общими техническими результатами, достигаемыми при реализации
115 обоих из заявленных вариантов изобретения, в частности, являются:
повышение технико-экономических показателей за счёт уменьшения
металлоёмкости реактора, обеспечиваемого эффективным использованием
внутреннего объёма реактора при размещении теплообменника
(парогенератора) в кольцевом пространстве между корпусом реактора и
120 коаксиально расположенной внутренней обечайкой; повышение безопасности
при течах трубок теплообменника (парогенератора) в случае применения в
качестве теплоносителей тяжёлых жидких металлов (свинец, свинец-висмут)
за счёт схемы циркуляции теплоносителя, при которой направление вектора
скорости теплоносителя в теплообменнике (парогенераторе) совпадает с
125 направлением вектора скорости всплывающих пузырей пара, и
обеспечивается их эффективная гравитационная сепарация в газовую полость
на свободном уровне теплоносителя; обеспечение возможности отвода
остаточного тепловыделения в период времени после извлечения защитной
пробки до выгрузки топлива, если технология перегрузки предусматривает
130 предварительное извлечение защитной пробки, что вызывает снижение
уровня теплоносителя в реакторе и разрыв контура циркуляции.

Сущность заявленного изобретения, согласно первому варианту,
заключается в следующем.

Ядерный реактор интегрального типа с циркулирующим жидким
135 теплоносителем с высокой температурой кипения содержит активную зону с
входным и выходным коллекторами, размещёнными выше и ниже активной
зоны, защитную пробку, и теплообменник, размещённый под уровнем
теплоносителя в кольцевом пространстве, образованном между внутренней
обечайкой, внутри которой размещены активная зона, входной и выходной
140 коллекторы и защитная пробка, и разделительной обечайкой внутри корпуса,
формирующей опускной кольцевой канал и отделяющей нисходящий
холодный поток от горячего восходящего потока теплоносителя. При этом

теплообменник выполнен витым и секционированным по теплоносителю второго контура так, что трубы секций теплообменника сгруппированы во входных и выходных камерах теплоносителя второго контура, размещённых на патрубках на крышке реактора. Нижняя часть теплообменника размещена выше окон, выполненных во внутренней обечайке, через которые горячий теплоноситель поступает из выходного коллектора активной зоны на вход теплообменника. Холодный теплоноситель из верхней части теплообменника поступает непосредственно в кольцевую буферную ёмкость с уровнем теплоносителя под крышкой реактора, из которого свободным переливом поступает в опускной кольцевой канал и далее во входной коллектор активной зоны.

На Фиг. 1 представлена конструкция ядерного реактора интегрального типа, соответствующая первому варианту, в котором реализован принцип естественной циркуляции теплоносителя первого контура.

Как представлено на Фиг.1, ядерный реактор интегрального типа содержит корпус 1, активную зону 2 с выходным 3 и входным 4 коллекторами, размещёнными выше и ниже активной зоны 2, защитную пробку 5 и теплообменник 6 (парогенератор). Достижение заявленного технического результата обеспечивается тем, что в кольцевом пространстве 7, образованном между внутренней обечайкой 8, внутри которой размещается активная зона 2, выходной 3 и входной 4 коллекторы и защитная пробка 5 реактора, и разделительной обечайкой 9, разделяющей нисходящий поток холодного теплоносителя, идущий в кольцевом опускном канале 10 между корпусом реактора 1 и разделительной обечайкой 9, от горячего восходящего потока теплоносителя, размещён секционированный по второму контуру теплоносителя витой теплообменник (парогенератор) 6, ось которого совпадает с осью корпуса 1 реактора. Циркуляция теплоносителя осуществляется за счёт естественной конвекции. Горячий теплоноситель через окна 11, выполненные во внутренней обечайке 8, поступает с выхода активной

зоны 2 на вход теплообменника 6. При этом нижняя часть теплообменника 6 расположена выше окон 11. В кольцевом пространстве 7 также размещены блоки радиационной защиты 12, снижающие дозу нейтронного излучения на корпус 1 реактора до допустимых значений, и уменьшающие наведённую радиоактивность теплоносителя второго контура до допустимых значений. Опускной кольцевой канал 10 соединён сверху с кольцевой буферной емкостью 13 под уровнем теплоносителя 14. Движущий напор естественной циркуляции создаётся за счёт разности плотности теплоносителя в холодном опускном кольцевом канале 10, в котором температура теплоносителя постоянна по высоте, и средней по высоте плотности теплоносителя в восходящем потоке, в котором температура сначала повышается за счёт подогрева теплоносителя в активной зоне 2, далее следует участок между выходом теплоносителя из активной зоны 2 и входом в теплообменник 6 с постоянной температурой теплоносителя, равной его температуре на выходе из активной зоны 2, далее следует участок в теплообменнике, в котором температура снижается до температуры теплоносителя на входе в активную зону 2. Выход холодного теплоносителя из теплообменника 6 осуществляется непосредственно в кольцевую буферную ёмкость 13 с уровнем теплоносителя 14, над которым находится инертный газ под небольшим избыточным давлением. Из кольцевой буферной емкости 13 теплоноситель свободным переливом через верхний обрез разделительной обечайки 9 поступает в опускной кольцевой канал 10 и далее во входной коллектор 4 активной зоны 2, замыкая контур естественной циркуляции. Теплообменник 6 секционируется по второму контуру теплоносителя так, что трубы секций 15 теплообменника сгруппированы во входных 16 и выходных 17 камерах теплоносителя второго контура, размещённых на патрубках 18 на крышке 19 реактора, таким образом, что при отключении арматурой одной из секций 15 теплообменника 6, трубы которой потеряли герметичность, обеспечивается сохранение равномерного распределения температуры теплоносителя на выходе из теплообменника. Для этого в каждую из входных и выходных камер

теплоносителя второго контура размещаются трубки из разных рядов навивки по радиусу. Это исключает большие температурные пульсации теплоносителя, доходящие до активной зоны 2, при смешивании горячего и холодного теплоносителя, что повышает живучесть реактора. Для обеспечения расхолаживания активной зоны 2 при выгрузке топлива, если при этом требуется извлечение защитной пробки 5, и происходит снижение уровня теплоносителя ниже уровня перелива теплоносителя через разделительную обечайку 9, в разделительной обечайке 9 на соответствующей высоте ниже уровня теплоносителя после извлечения защитной пробки 5 предусмотрены окна 20, закрытые при нормальной эксплуатации перепускными клапанами 21, размещёнными в опускном кольцевом канале 10, имеющие приводы 22 на крышке 19 реактора, с помощью которых перепускные клапаны 21 открываются, обеспечивая замыкание контура естественной циркуляции и отвод остаточного тепловыделения через часть теплообменника 6, находящуюся ниже уровня теплоносителя в реакторе после извлечения защитной пробки 5 при выгрузке топлива.

Техническим результатом, достигаемым при реализации изобретения, согласно второму заявленному варианту, помимо указанных выше, также является обеспечение возможности работы ядерного реактора на пониженном уровне мощности при отказе по меньшей мере одной из секций теплообменника; повышение надёжности насоса и оборудования, размещённого на крышке реактора, например, механизмов СУЗ, за счёт предусмотренной в реакторе схемы циркуляции теплоносителя, при которой в кольцевую буферную ёмкость со свободным уровнем теплоносителя подаётся холодный теплоноситель, а также наилучшие условия для гравитационной сепарации пузырей пара в случае течи трубки ПГ, поскольку векторы скорости потока теплоносителя и всплывающих пузырей пара направлены вверх.

Сущность заявленного изобретения, согласно второму варианту, заключается в следующем.

Ядерный реактор интегрального типа с жидким теплоносителем с высокой температурой кипения содержит активную зону с входным и выходным коллекторами, размещёнными выше и ниже активной зоны, защитную пробку, и теплообменник, размещённый под уровнем
235 теплоносителя в кольцевом пространстве, образованном между внутренней обечайкой, внутри которой размещены активная зона, входной и выходной коллекторы и защитная пробка, и разделительной обечайкой внутри корпуса реактора, формирующей опускной кольцевой канал и отделяющей нисходящий холодный поток от горячего восходящего потока теплоносителя,
240 а также средства циркуляции, например, как минимум один циркуляционный насос. При этом теплообменник выполнен витым и секционированным по теплоносителю второго контура так, что трубки секций теплообменника сгруппированы во входных и выходных камерах теплоносителя второго контура, размещённых на патрубках на крышке реактора. Причём нижняя
245 часть теплообменника размещена выше окон, выполненных во внутренней обечайке, через которые горячий теплоноситель поступает из выходного коллектора на вход теплообменника, а холодный теплоноситель из верхней части теплообменника поступает непосредственно в кольцевую буферную ёмкость с уровнем теплоносителя под крышкой реактора. Вертикальный
250 циркуляционный насос размещён внутри корпуса реактора таким образом, что на всас рабочего колеса насоса теплоноситель подаётся непосредственно из кольцевой буферной ёмкости из-под уровня теплоносителя через окна, выполненные в обечайке насоса и канале насоса, соединённом с крышкой реактора, а напорный патрубок насоса соединен с кольцевым опускным
255 каналом через разделительную обечайку, либо через перегородку, перекрывающую сверху кольцевой опускной канал, через окна, выполненные в разделительной обечайке или перегородке соответственно.

На Фиг. 2 представлена конструкция ядерного реактора интегрального типа, соответствующая второму варианту, в котором циркуляция
260 теплоносителя осуществляется посредством насоса или насосов.

На Фиг. 3 представлен фрагмент заявленного реактора, детализирующий отверстия в перегородке, перекрывающей сверху кольцевой опускной канал.

На Фиг. 4 представлен фрагмент заявленного реактора, отображающий
265 конструкцию опускного кольцевого канала с перегородками по числу насосов в реакторе.

Как представлено на Фиг. 2, ядерный реактор интегрального типа содержит корпус 1, активную зону 2 с выходным 3 и входным 4 коллекторами, размещенными выше и ниже активной зоны 2, защитную пробку 5,
270 теплообменник 6 (парогенератор) и циркуляционный насос (или насосы) 23. Достижение заявленного технического результата обеспечивается тем, что в кольцевом пространстве 7, образованном между внутренней обечайкой 8, внутри которой размещается активная зона 2, выходной 3 и входной 4 коллекторы и защитная пробка 5 реактора, и разделительной обечайкой 9,
275 формирующей опускной кольцевой канал 10 и разделяющей нисходящий поток холодного теплоносителя, идущий в кольцевом опускном канале 10 между корпусом реактора 1 и разделительной обечайкой 9, от горячего восходящего потока теплоносителя, размещен секционированный по второму контуру теплоносителя витой теплообменник 6, ось которого совпадает с осью
280 корпуса реактора 1. Горячий теплоноситель через окна 11, выполненные во внутренней обечайке 8, поступает с выхода активной зоны 2 на вход теплообменника 6. При этом нижняя часть теплообменника 6 расположена выше окон 11. В кольцевом пространстве 7 ниже теплообменника размещены блоки радиационной защиты 12, снижающие дозу нейтронного излучения на корпус реактора до допустимых значений, и уменьшающие наведенную
285 радиоактивность теплоносителя второго контура до допустимых значений. Выход холодного теплоносителя из теплообменника 6 осуществляется непосредственно в кольцевую буферную ёмкость 13 с уровнем теплоносителя 14, над которым находится инертный газ под необходимым избыточным

290 давлением, обеспечивающим требуемый противокавитационный подпор на
рабочем колесе насоса. Теплообменник 6 секционируется по второму контуру
так, что трубы секций 15 сгруппированы во входных камерах 16 и выходных
камерах 17 теплоносителя второго контура, размещённых на патрубках 18 на
крышке 19 реактора, таким образом, что при отключении арматурой одной из
295 секций 15 теплообменника 6, трубы которой потеряли герметичность,
обеспечивается сохранение равномерного распределения температуры
теплоносителя на выходе из теплообменника 6. Для этого в каждую из
входных и выходных камер теплоносителя второго контура размещаются
трубы из разных рядов навивки по радиусу. Это исключает большие
300 температурные пульсации теплоносителя, доходящие до активной зоны 2, при
смешивании горячего и холодного теплоносителя при отключении арматурой
одной из секций теплообменника, что повышает живучесть реактора. Насосы
23 установлены вертикально на патрубках 24, на крышке 19 реактора, над
теплообменником 6. Теплоноситель на всас насоса подаётся непосредственно
305 из кольцевой буферной ёмкости 13 из-под уровня теплоносителя 14 через
окна, выполненные в канале 25 и обечайке насоса 26, закреплённом на крышке
реактора 19. Напорные патрубки 27 насосов 23 сообщены с входным
коллектором 4 активной зоны 2 реактора через разделительную обечайку либо
через перегородку 28 (см. Фиг. 3), перекрывающую сверху кольцевой
310 опускной канал 10 между корпусом 1 реактора и разделительной обечайкой 9,
через окна, выполненные в разделительной обечайке или перегородке,
соответственно. Перегородка 28 размещена ниже уровня теплоносителя 14 в
кольцевой буферной ёмкости 13. При этом в перегородке 28 предусмотрены
отверстия 29 (см. Фиг. 3) для выхода газа при заполнении реактора
315 теплоносителем или пузырями пара в случае течи трубы теплообменника
(парогенератора) 6. Соединение напорных патрубков 27 насосов 23 с
кольцевым опускным каналом 10 производится через разделительную
обечайку 9 сбоку или через перегородку 28 сверху.

Кроме того, кольцевой опускной канал 10 может быть разделён
320 продольными перегородками 30 (см. Фиг. 4) между корпусом 1 реактора и
разделительной обечайкой 9 на равные части, соответственно количеству
насосов 23 в реакторе, которые объединяются во входном коллекторе 4
активной зоны 2 (Фиг. 2).

Также в кольцевом опускном канале 10 может быть размещено
325 необходимое количество обратных клапанов 31, соответствующая часть
которых закрывается обратным перепадом давления при остановке одного или
нескольких насосов (Фиг. 2).

В кольцевом опускном канале 10 вместо обратных клапанов могут быть
размещены клапаны 32 с приводами на крышке 19 реактора по числу
330 имеющихся насосов 23, перекрывающие обратный расход теплоносителя в
напорный патрубок 27 остановленного насоса от работающих насосов. При
этом к герметичности уплотнения при закрытом положении клапанов жёстких
требований не предъявляется, что облегчает решение задачи её надёжного
перемещения при закрытии (Фиг. 2).

335 Также, как и в первом заявленном варианте изобретения, для
обеспечения расхолаживания активной зоны 2 при выгрузке топлива, если при
этом требуется извлечение защитной пробки 5, и происходит снижение уровня
теплоносителя ниже окон, выполненных в канале 25 и обечайке насосов 26
(см. Фиг. 2), через которые теплоноситель из кольцевой буферной ёмкости 13
340 подается на всас рабочих колёс насосов, в разделительной обечайке 10 на
соответствующей высоте ниже уровня теплоносителя после извлечения
защитной пробки могут быть предусмотрены окна 20 (см. Фиг. 1), закрытые
при нормальной эксплуатации перепускными клапанами 21, размещёнными в
опускном кольцевом канале, имеющие приводы 22 на крышке 19 реактора, с
345 помощью которых перепускные клапаны открываются, обеспечивая
замыкание контура естественной циркуляции и отвод остаточного
тепловыделения через часть теплообменника, находящуюся ниже уровня

теплоносителя в реакторе после извлечения защитной пробки при выгрузке топлива.

350 Описанная выше конструкция ядерного реактора увеличивает гидравлическое сопротивление обратному потоку теплоносителя или полностью исключает его при отключении одного или нескольких насосов и обеспечивает возможность работы реактора на пониженном уровне мощности.

355

360

365

370

Формула изобретения

Ядерный реактор интегрального типа (Варианты)

1. Ядерный реактор интегрального типа с циркулирующим жидким
375 теплоносителем с высокой температурой кипения, содержащий активную зону
с входным и выходным коллекторами, размещёнными выше и ниже активной
зоны, и размещённые под уровнем теплоносителя защитную пробку и
теплообменник, отличающийся тем, что теплообменник размещен
коаксиально с активной зоной в кольцевом пространстве, образованном между
380 внутренней обечайкой, внутри которой размещены активная зона, входной и
выходной коллекторы и защитная пробка, и разделительной обечайкой внутри
корпуса реактора, формирующей опускной кольцевой канал и отделяющей
нисходящий холодный поток от горячего восходящего потока теплоносителя,
причём теплообменник выполнен витым и секционированным по
385 теплоносителю второго контура так, что трубки секций теплообменника
сгруппированы во входных и выходных камерах теплоносителя второго
контура, размещённых на патрубках на крышке реактора, нижняя часть
теплообменника размещена выше окон, выполненных во внутренней
обечайке, через которые горячий теплоноситель поступает из выходного
390 коллектора активной зоны на вход теплообменника, а холодный
теплоноситель из верхней части теплообменника поступает непосредственно
в кольцевую буферную ёмкость с уровнем теплоносителя под крышкой
реактора, из которого свободным переливом поступает в опускной кольцевой
канал и далее во входной коллектор активной зоны.

395 2. Ядерный реактор интегрального типа с жидким теплоносителем с
высокой температурой кипения, содержащий активную зону с входным и
выходным коллекторами, размещёнными выше и ниже активной зоны, и
размещённые под уровнем теплоносителя защитную пробку, средства
циркуляции, например, как минимум один циркуляционный насос, и
400 теплообменник, отличающийся тем, что теплообменник размещен

коаксиально с активной зоной в кольцевом пространстве, образованном между внутренней обечайкой, внутри которой размещены активная зона, входной и выходной коллекторы и защитная пробка, и разделительной обечайкой внутри корпуса реактора, формирующей опускной кольцевой канал и отделяющей нисходящий холодный поток от горячего восходящего потока теплоносителя, причём теплообменник выполнен витым и секционированным по теплоносителю второго контура так, что трубы секций теплообменника сгруппированы во входных и выходных камерах теплоносителя второго контура, размещённых на патрубках на крышке реактора, нижняя часть теплообменника размещена выше окон, выполненных во внутренней обечайке, через которые горячий теплоноситель поступает из выходного коллектора активной зоны на вход теплообменника, а холодный теплоноситель из верхней части теплообменника поступает непосредственно в кольцевую буферную ёмкость с уровнем теплоносителя под крышкой реактора, при этом циркуляционный насос размещён внутри корпуса реактора таким образом, что теплоноситель на всас насоса подаётся непосредственно из кольцевой буферной ёмкости из-под уровня теплоносителя через окна, выполненные в обечайке и канале насоса, соединённом с крышкой реактора, а напорный патрубок насоса соединен с кольцевым опускным каналом через разделительную обечайку, либо через перегородку, перекрывающую сверху кольцевой опускной канал, посредством окон, выполненных в разделительной обечайке или перегородке соответственно.

3. Реактор по п. 2, отличающийся тем, что кольцевой опускной канал разделён продольными перегородками между корпусом реактора и разделительной обечайкой на равные части, соответственно количеству циркуляционных насосов в реакторе, причём все части опускного кольцевого канала соединяются во входном коллекторе активной зоны.

4. Реактор по п. 2, отличающийся тем, что в кольцевом опускном канале размещены обратные клапаны.

430 5. Реактор по п. 2, отличающийся тем, что в кольцевом опускающем канале размещены клапаны с приводами на крышке реактора соответственно числу циркуляционных насосов.

6. Реактор по пп.1 и 2, отличающийся тем, что что в разделительной обечайке выполнены окна с перепускными клапанами, размещёнными в
435 кольцевом опускающем канале, и имеющие приводы на крышке реактора.

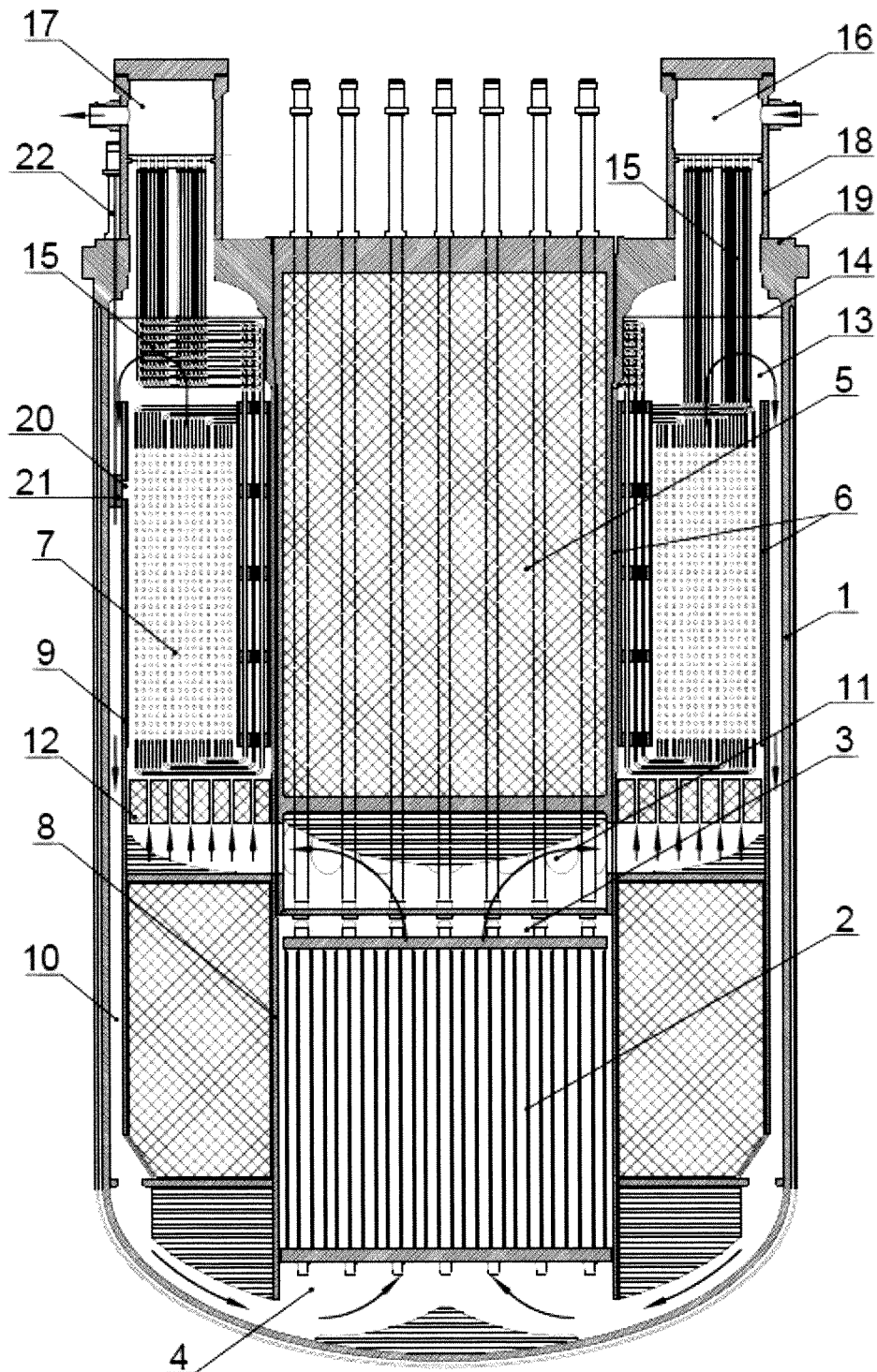
7. Реактор по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что в кольцевом пространстве, дополнительно размещены блоки радиационной защиты.

440

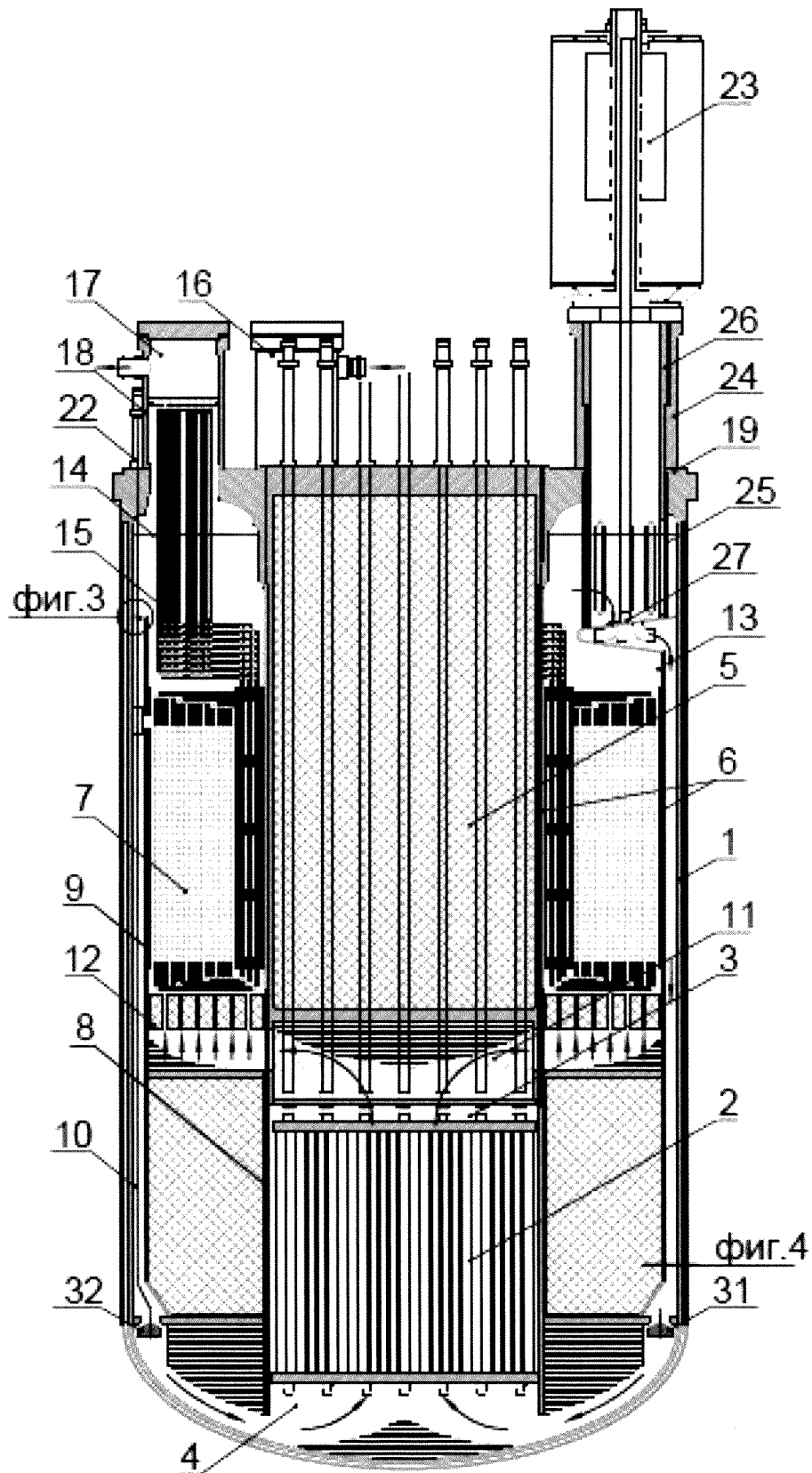
445

450

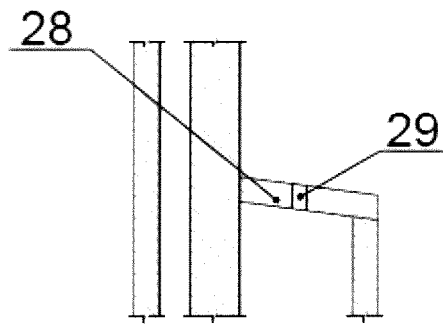
455



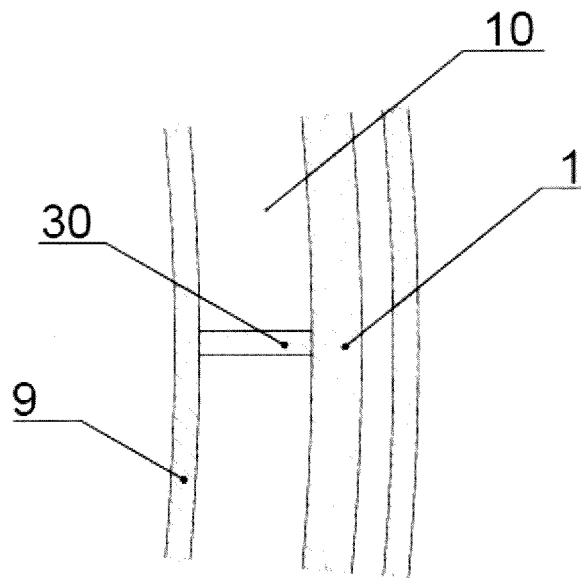
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2020/000729

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G21C 15/02 (2006.01); G21C 9/00 (2006.01)

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 9/00, 15/00

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, Esp@cenet, 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.
D, A	WO 2018/007961 A1 (CINOTTI, LUCIANO) 11.01.2018	1-7
A	RU 2690308 C1 (AKTSIONERNOE OBSHESTVO "OPYTNOE KONSTRUKTORSKOE BJURO MASHINOSTROENIYA IMENI I.I. AFRIKANTOVA") 31.05.2019	1-7
D, A	RU 2313143 C1 (GOSUDARSTVENNOE OBRAZOVATELNOE UCHREZHDIENIE VYSSHEGO PROFESSIONALNOGO OBRAZOVANIYA NIZHEGORODSKY GOSUDARSTVENNY TEKHNIЧЕСKY UNIVERSITET) 20.12.2007	1-7
A	WO 2009/040644 A2 (DEL NOVA VIS S.R.L.) 02.04.2009	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 May 2021 (14.05.2021)

Date of mailing of the international search report

27 May 2021 (27.05.2021)

Name and mailing address of the ISA/
RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2020/000729

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>G21C 15/02 (2006.01)</i> <i>G21C 9/00 (2006.01)</i> Согласно Международной патентной классификации МПК		
B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) G21C 9/00, 15/00 Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, Information Retrieval System of FIPS		
C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
D, A	WO 2018/007961 A1 (CINOTTI, LUCIANO) 11.01.2018	1-7
A	RU 2690308 C1 (АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МАШИНОСТРОЕНИЯ ИМЕНИ И.И. АФРИКАНТОВА") 31.05.2019	1-7
D, A	RU 2313143 C1 (ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) 20.12.2007	1-7
A	WO 2009/040644 A2 (DEL NOVA VIS S.R.L.) 02.04.2009	1-7
☐ последующие документы указаны в продолжении графы C. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: "А" документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным "D" документ, цитируемый заявителем в международной заявке "E" более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее "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) "O" документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д. "P" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета "T" более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение "X" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности "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 "&" документ, являющийся патентом-аналогом		
Дата действительного завершения международного поиска 14 мая 2021 (14.05.2021)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 27 мая 2021 (27.05.2021)
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		Уполномоченное лицо: Иваненко Т.В. Телефон № (495) 531-64-81