

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

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
02 июня 2022 (02.06.2022)



(10) Номер международной публикации
WO 2022/114996 A1

(51) Международная патентная классификация:

F01K 25/06 (2006.01) F01K 21/04 (2006.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2021/050181

(22) Дата международной подачи:

24 июня 2021 (24.06.2021)

(25) Язык подачи:

Русский

(26) Язык публикации:

Русский

(30) Данные о приоритете:

2020138358 24 ноября 2020 (24.11.2020) RU

(71) Заявитель: **ОБЩЕСТВО С ОГРАНИ-
ЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НОВЫЙ
ЦИКЛ" (OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOI
OTVETSTVENNOSTIU "NOVYI TSIKL")** [RU/RU];
ул. Хрустальная, д. 5, офис 5, Пермь, 614107, Perm (RU).

(72) Изобретатель: **СИЗОВ, Владимир Петрович**
(SIZOV, Vladimir Petrovich); ул. Папанинцев, д. 12, кв.
12, Пермь, 614046, Perm (RU).

(74) Агент: **ИЗОФАТОВА, Светлана Александровна**
(IZOFATOVA, Svetlana Aleksandrovna); ул. Менжин-
ского, д. 36, кв. 234, Пермь, 614026, Perm (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Декларации в соответствии с правилом 4.17:

— об авторстве изобретения (правило 4.17 (iv))

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

— в черно-белом варианте; международная заявка в
поданном виде содержит цвет или оттенки серого и
доступна для загрузки из PATENTSCOPE.

(54) Title: CLOSED POWER CYCLE

(54) Название изобретения: ЗАМКНУТЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ

(57) Abstract: The invention relates to the field of converting thermal energy into mechanical energy using as a working fluid a mixture of substances which are insoluble or only slightly soluble in one another and which are in a state of equilibrium in a liquid and a gas phase. The technical problem addressed is that of increasing the thermal efficiency of a power cycle. Claimed is a closed power cycle utilizing as a working fluid a mixture of an inert gas and a liquid that is in liquid phase at the start of the cycle. The working fluid is fed to a compression phase in a ratio in which the liquid evaporates as a result of the compressed inert gas being heated. Next, the working fluid, in gas phase, is heated and sent to an expander to perform work, after which the working fluid is brought back to its original temperature by heat exchange and is returned to the start of the cycle. The temperature of the working fluid is measured at the end of the compression phase and, on the basis of said temperature, the ratio of the inert gas and liquid is adjusted as they are fed to the compression phase. Argon is used as the inert gas, and butane is used as the liquid. Freon or a saturated hydrocarbon can be used as the liquid.

(57) Реферат: Изобретение относится к области преобразования тепловой энергии в механическую с использованием в качестве рабочего тела смеси нерастворимых или малорастворимых друг в друге веществ, находящихся в равновесии в жидкой и газовой фазах. Технической задачей является повышение термического КПД энергетического цикла. Замкнутый энергетический цикл, в котором в качестве рабочего тела используется смесь инертного газа и жидкости, находящейся в начале цикла в жидкой фазе. Рабочее тело подают на фазу сжатия в соотношении, при котором происходит испарение жидкости за счет разогрева сжимаемого инертного газа. Затем, рабочее тело, находящееся в газовой фазе, нагревают и направляют в расширитель для совершения работы, после чего, рабочее тело посредством теплообмена доводится до первоначальной температуры и возвращается в начало цикла. Производят измерение температуры рабочего тела в конце фазы сжатия и, в зависимости от температуры регулируют соотношение инертного газа и жидкости при их подаче на фазу сжатия. В качестве инертного газа используют аргон, в качестве жидкости используют бутан. В качестве жидкости могут использовать фреон или предельный углеводород.



WO 2022/114996 A1

Замкнутый энергетический цикл

Изобретение относится к области преобразования тепловой энергии в механическую с использованием в качестве рабочего тела смеси нерастворимых или малорастворимых друг в друге веществ, находящихся в равновесии в жидкой и газовой фазах.

Известен замкнутый энергетический цикл (по патенту RU2304722), в котором в качестве рабочего тела используется смесь веществ, состоящая из нескольких компонентов, находящихся в равновесии в жидкой и газовой фазах. В первой рабочей фазе при первоначальной температуре и первоначальном давлении рабочее тело расширяется с совершением работы и последующим отводом тепла. Расширение рабочего тела и последующий отвод тепла проводят до температуры, при которой рабочее тело разделяется на газовую фазу и жидкую фазу. Жидкую фазу рабочего тела отделяют от газовой фазы и отдельно сжимают. После сжатия жидкую фазу нагревают путем подвода тепла и смешивают с газовой фазой с образованием рабочего тела при первоначальной температуре.

Известен замкнутый энергетический цикл (по патенту RU2114999) в котором, в рабочую жидкость, помещенную в резервуар, добавляют газ, молекулярная масса которого не превышает молекулярную массу рабочей жидкости, и сообщают этой жидкости тепловую энергию от устройства для нагрева рабочей жидкости до приведения ее в пар. Затем подают рабочую жидкость в парообразной фазе в устройство для преобразования энергии в механическую работу, с расширением рабочей жидкости и снижением температуры. Выделяют из расширенной и охлажденной рабочей жидкости газ. Циклически возвращают расширенную и охлажденную жидкость в жидкой фазе и выделенный газ в резервуар. В качестве рабочей жидкости используют воду, в которую в резервуаре нагревают до получения пара и добавляют в нее в количестве от 0,1 до 9 мас.% водород или гелий для образования смеси газа с паром, имеющей повышенные значения энтальпии и коэффициента сжимаемости.

Общим недостатком известных решения является низкий термический КПД, связанный с тем, что сжатие двух рабочих тел происходит отдельно и не используется теплота, выделяющаяся при сжатии газа.

Известен незамкнутый энергетический цикл (по заявке US2005172623), в котором используется нагретый газ-носитель, который адиабатически сжимают, выделяющееся от сжатия тепло поглощается впрыскиваемой из резервуара закипающей жидкостью, которая расходуется в процессе работы. Нагнетают

жидкость в постоянный объем газа-носителя, при этом, часть жидкости переходит в газовую фазу. Затем, выравнивают температуру смеси газов перед этапом быстрого расширения при постоянном объеме. Происходит передача тепловой энергии от газа-носителя к нагнетаемой жидкости. Если существует достаточная разница температур для передачи тепла, произойдет дальнейшее испарение жидкости. Затем, происходит адиабатическое расширение смеси в расширителе. Происходит истощение смеси, которая собирается в конденсатор для разделения смеси на компоненты. Затем, газ-носитель возвращается в начало цикла. Жидкость в процессе цикла расходуется и не может быть возвращена в его начало

Известен замкнутый энергетический цикл (по патенту RU2148722), выбранный в качестве прототипа, в котором, в качестве рабочего вещества используется газожидкостный раствор бутана и азота, обладающий обратной растворимостью по температуре. В первой рабочей фазе объем камеры расширяется, давление падает, при расширении выполняется механическая работа, при увеличении объема и падении давления происходит выделение газовой фазы, которое сопровождается выделением тепла. При сжатии происходит растворение газа в жидкости, которое сопровождается поглощением тепла, поэтому работа сжатия уменьшается. Из-за ограниченной растворимости азота в бутане, требуется нагревать раствор на этапе сжатия, кроме того, бутан не меняет фазовое состояние в цикле. Оба этих фактора также снижают термический КПД цикла.

Технической задачей изобретения является повышение термического КПД энергетического цикла.

Технический результат достигается в замкнутом энергетическом цикле, в котором в качестве рабочего тела используется смесь инертного газа и жидкости, находящейся в начале цикла в жидкой фазе. Под замкнутым энергетическим циклом мы понимаем термодинамический цикл, в котором термодинамические состояния рабочего тела, в нашем случае газо-жидкостной смеси, в начале и в конце совпадают. В том числе, в это понятие включаются те процессы, в которых допускается добавление или извлечение компонент рабочего тела, вследствие, например, потерь, утечек, или, при необходимости изменить состояние или режим работы тепловой машины, использующей этот цикл. Рабочее тело подают на фазу сжатия в соотношении, при котором происходит испарение жидкости за счет разогрева сжимаемого инертного газа, затем рабочее тело, находящееся в газовой фазе, нагревают и направляют в расширитель для совершения работы, после чего, рабочее

тело посредством теплообмена доводится до первоначальной температуры и возвращается в начало цикла. Производят измерение температуры рабочего тела в конце фазы сжатия и, в зависимости от температуры регулируют соотношение инертного газа и жидкости при их подаче на фазу сжатия. В качестве инертного газа используют аргон, в качестве жидкости используют бутан. В качестве жидкости могут использовать фреон или предельный углеводород.

Изобретение поясняется рисунками:

фиг. 1 – схема энергетического цикла;

фиг. 2 – фазовая диаграмма Т – Р для пары аргон – бутан.

В замкнутом энергетическом цикле в качестве рабочего тела используется смесь инертного газа и жидкости, находящейся в начале цикла в жидкой фазе. Началом цикла мы называем состояние смеси перед подачей на фазу сжатия А-В – в компрессор 1. То есть, мы выбираем такую пару инертного газа и жидкости, и такие параметры энергетического цикла, при которых, инертный газ и жидкость находятся в конденсаторе 4, на фазе охлаждения смеси D-A, или, что то же самое, перед подачей в компрессор 1, в газообразной и жидкой фазах соответственно.

Использование химически инертного газа и скорость протекания процессов определяют то, что инертный газ и жидкость значимо для хода процесса не растворяются друг в друг и установившееся термодинамическое равновесие на фазах цикла не смещается из-за растворения – в разных фазах цикла инертный газ и жидкость находятся либо в виде смеси газов, либо в виде смеси (а не раствора) газа и жидкости.

Рабочее тело подают на фазу сжатия А-В, в компрессор 1, в соотношении, при котором происходит разогрев сжимаемого инертного газа. За счет выделяющегося при этом тепла, происходит закипание и полное испарение жидкости. Процесс характеризуется малыми механическими затратами на сжатие, так как температура и энтальпия меняются незначительно, совершается малая работа. Могут использоваться циклические компрессоры объёмного сжатия (например, поршневые, винтовые), имеющие замкнутый объём для сжатия. В этот объём для сжатия одновременно подаются инертный газ и жидкость. В каждый цикл работы компрессора подается определённое количество инертного газа и жидкости с тем, чтобы тепло от сжатия инертного газа было равно теплу, необходимому жидкости для полного испарения.

Для повышения теплового КПД и для повышения стабильности тепловых характеристик энергетического цикла, производят измерение температуры рабочего

тела в конце фазы сжатия А-В, на выходе из компрессора 1. В зависимости от измеренной температуры, регулируют соотношение инертного газа и жидкости при их подаче на фазу сжатия таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность фазы сжатия при установившемся рабочем режиме тепловой машины: избыток жидкости может привести к неполному испарению, избыток инертного газа приведет к потерям механической энергии на сжатие рабочего тела. В автоматическом режиме такой контроль и регулировка могут производиться с использованием контроллера, соединенного с термометром и с устройствами дозированного впрыска.

10 Затем, рабочее тело, находящееся на выходе из компрессора 1 в газовой фазе, при постоянном давлении нагревают в нагревателе 2 (фаза энергетического цикла В-С) до расчетной температуры, в качестве которого может использоваться подогреваемая емкость.

Расчетная температура выбирается таким образом, чтобы обеспечить 15 максимальный тепловой КПД цикла: необходимо нагревать до такой температуры, чтобы при последующем расширении в расширителе 3, смесь газов остыла практически до точки росы для жидкости. Если капли жидкости появятся в полости расширителя 3, они перестают совершать полезную работу (недогрев). Если перегреть, то потребуются отнимать лишнее тепло в конденсаторе 4.

20 После фазы нагрева, рабочее тело направляют в расширитель 3 для совершения механической работы (фаза расширения С-D), тепловая машина преобразует тепловую энергию в механическую (и далее, например, в электрическую). При этом, может использоваться любой из известных механизмов, например, турбина.

25 После расширителя, рабочее тело подается на фазу охлаждения D-A, в конденсатор 4 (теплообменник), где, посредством теплообмена доводится до первоначальной температуры и возвращается в начало цикла.

В качестве примера, рассмотрим работу энергетического цикла на паре аргон – бутан.

30 В цикле участвует 1 кг аргона и 0,1356 кг жидкого бутана. Начальное давление для такой смеси составляет 3 бар при температуре 30 °С. В компрессоре 1 происходит сжатие смеси (рабочего тела) до 8 бар с полным испарением бутана. На выходе из компрессора температура газообразного рабочего тела составит 69 °С. Далее, при постоянном давлении нагревают смесь до 100 °С и она совершает работу в

расширителе 3, при этом давление понижается до 3 бар, температура до 31 °С. В конденсаторе 4, при незначительном понижении температуры до 30 °С, бутан переходит в жидкую фазу а аргон с жидким бутаном возвращаются в начало цикла. Расчетное тепловое КПД такого процесса составляет около 90%.

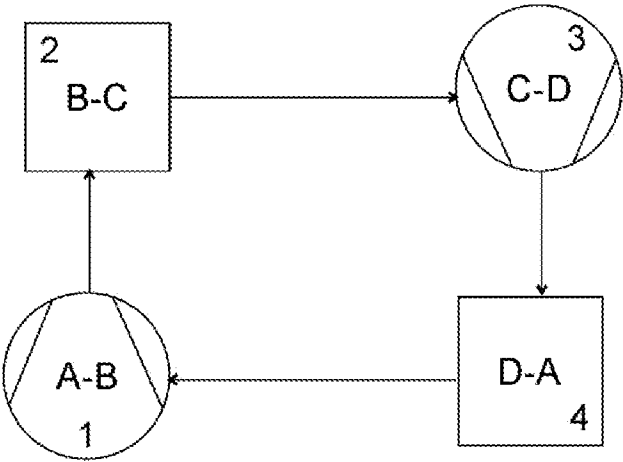
5 В качестве инертного газа очевидно могут использоваться и другие газы: криптон, ксенон, гелий, неон, имеющие сходные физические и физические свойства. Так, ниже приводится таблица параметров энергетического цикла с использованием таких газов.

В качестве жидкости может использоваться любая жидкость, которая может находится с инертным газом в виде смеси (является нелетучей, находящейся в жидкой фазе) в условиях конденсатора и испаряющейся в компрессоре. Наиболее подходящими жидкостями являются легкокипящие вещества (вещества с малой удельной теплотой парообразования), к ним, например, можно отнести, но не ограничивая только ими, все фреоны и предельные углеводороды. Очевидно, что таких веществ очень много и невозможно описать особенности энергетического цикла для всех пар инертный газ – жидкость. В качестве примеров, в таблице приведены параметры энергетического цикла для разных пар:

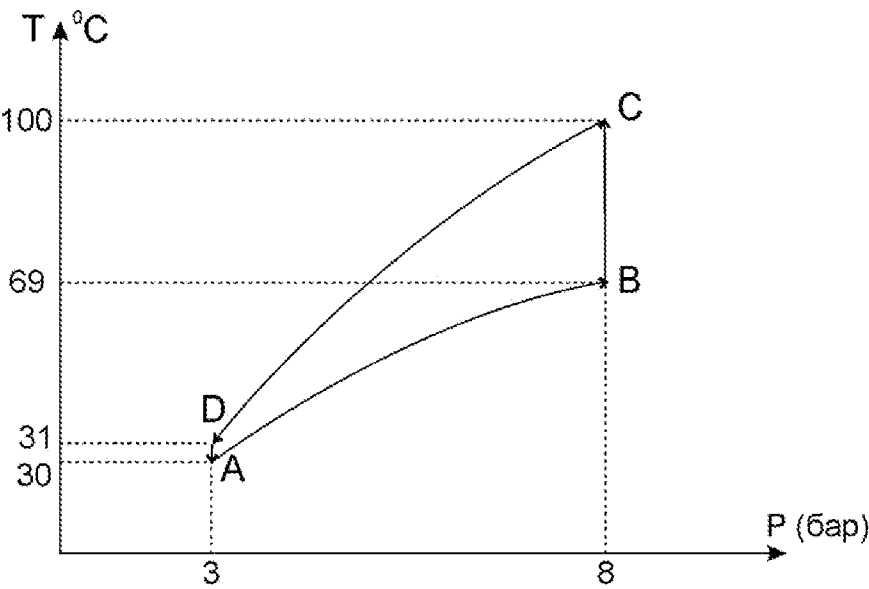
20	Рабочее тело, состоящее из смеси	Соотношение компонент смеси при сжатии, кг/кг	Параметры газа на выходе из компрессора Т - °С и Р -бар	Температура нагревателя, °С	Температура и давление в холодильнике Т - °С и Р - бар	Кпд, %
	гелий и фреон R11	1/6,25	87,68 и 6,262	100	30 и 1,262	56
25	неон и фреон R113	1/2,7	110 и 5.54	150	30 и 0.54	54,66
	Криптон и фреон R22	1/0,046	44 и 17	100	30 и 1,2	49
	ксенон и фреон R12	1/0,06	51 и 12,44	100	30 и 7,44	48
30	аргон и пропан	1/0,055	46,3 и 15.8	100	30 и 10,8	39

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Замкнутый энергетический цикл, в котором в качестве рабочего тела используется смесь инертного газа и жидкости, находящейся в начале цикла в жидкой фазе, рабочее тело подают на фазу сжатия в соотношении, при котором
- 5 происходит испарение жидкости за счет разогрева сжимаемого инертного газа, затем рабочее тело, находящееся в газовой фазе, нагревают и направляют в расширитель для совершения работы, после чего рабочее тело посредством теплообмена доводится до первоначальной температуры и возвращается в начало цикла.
- 10 2. Энергетический цикл по п.1, характеризующийся тем, что производят измерение температуры рабочего тела в конце фазы сжатия и в зависимости от температуры регулируют соотношение инертного газа и жидкости при их подаче на фазу сжатия.
3. Энергетический цикл по п.1, характеризующийся тем, что в качестве
- 15 инертного газа используют аргон, в качестве жидкости используют бутан.
4. Энергетический цикл по п.1, характеризующийся тем, что в качестве жидкости используют фреон или предельный углеводород.



Фиг. 1



Фиг. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2021/050181

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01K 25/06 (2006.01) F01K 21/04 (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)

F01K 21/04, 25/04, 25/06.

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, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A, D	RU 2148722 C1 (NAUCHNO-ISSLEDOVATEL'SKAYA FIRMA «EN-AL») 10.05.2000	1-4
A	US 2011/061388A1 (GEN ELECTRIC) 17.03.2011	1-4
A	EA 000058 B1 (EXERGY INC) 30.04.1998	1-4

☐ 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

29 September 2021 (29.09.2021)

Date of mailing of the international search report

14 October 2021 (14.10.2021)

Name and mailing address of the ISA/RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2021/050181

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>F01K 25/06</i> (2006.01) <i>F01K 21/04</i> (2006.01)		
Согласно Международной патентной классификации МПК		
B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) F01K 21/04, 25/04, 25/06.		
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, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE		
C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A, D	RU 2148722 C1 (НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ФИРМА «ЭН-АЛ») 10.05.2000	1-4
A	US 2011/061388A1 (GEN ELECTRIC) 17.03.2011	1-4
A	EA 000058 B1 (EXERGY INC) 30.04.1998	1-4
☐ последующие документы указаны в продолжении графы C. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: “A” 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 29 сентября 2021 (29.09.2021)	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 14 октября 2021 (14.10.2021)	
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: Паненков П.П. Телефон № 8 499 240 25 91	