

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

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
11 ноября 2021 (11.11.2021)



(10) Номер международной публикации
WO 2021/225477 A1

(51) Международная патентная классификация:

F01D 15/10 (2006.01) *H02K 5/12* (2006.01)
F01D 1/02 (2006.01) *B01D 45/12* (2006.01)
H02K 7/18 (2006.01) *B01D 45/16* (2006.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2021/050125

(22) Дата международной подачи:
05 мая 2021 (05.05.2021)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(30) Данные о приоритете:
2020115571 08 мая 2020 (08.05.2020) RU

(71) Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "АЭРОГАЗ" (AEROGAS

LTD) [RU/RU]; территория инновационного центра
«Сколково», Большой бульвар, д. 42, стр.1, часть пом.
338, Москва, 121205, Moscow (RU).

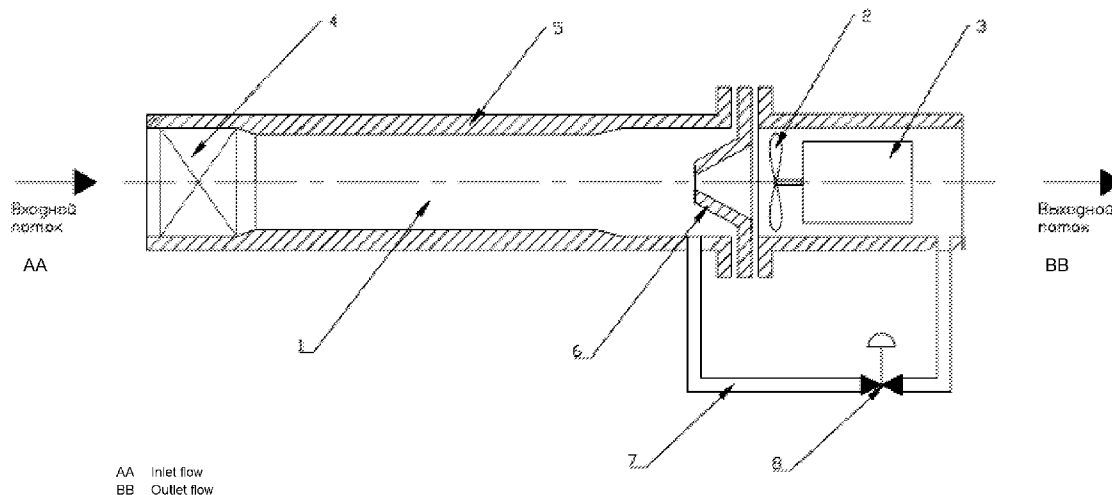
(72) Изобретатель: ИМАЕВ, Салават Зайнетдинович
(IMAEV, Salavat Zainetdinovich); ул. Мира, 6-213, Ра-
менское, Московская область, 140105, Ramenskoe (RU).

(74) Агент: КОТЛОВ, Дмитрий Владимирович
(KOTLOV, Dmitry Vladimirovich); ООО "Скол-
ково", Территория инновационного центра "Сколково",
дом 4, оф. 402.1 Москва, 143026, 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,

(54) Title: TURBOGENERATOR

(54) Название изобретения: ТУРБОГЕНЕРАТОР



Фиг. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to turbogenerators for generating energy at gas condensate wells, gas wells and oil-and-gas wells using reservoir energy and, in particular, by means of work done by the gas being produced in said wells. A turbogenerator is mounted in the vicinity of a well, in a pipeline leading from the well to a facility for treating gas prior to transportation. The turbogenerator comprises a turbine and a generator which are mounted inside a main conduit carrying high-pressure gas, and is characterized in that the following are consecutively axially mounted inside the main conduit, upstream of the turbine: a swirler, a liquid separation section and a gas-liquid flow recovery section, wherein the gas-liquid flow recovery section is connected by an additional conduit to the main flow downstream of the turbine, and a control valve is mounted in said additional conduit. The invention makes it possible to provide

[продолжение на следующей странице]

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).

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.

an independent power supply for oil and gas production facilities and to simultaneously reduce capital expenditure and operating costs entailed in hydrocarbon production by obviating the need to construct power lines to remote facilities (wells, groups of wells, etc.). The invention also makes it possible to provide operability of the turbogenerator in the event of liquid being present in the gas flow entering the turbogenerator, and in the event of a change in the operating conditions of the turbogenerator, such as the flow rate of the inlet flow and the electrical load connected to the turbogenerator.

(57) **Реферат:** Изобретение относится к турбогенераторам, предназначенным для генерации энергии на газоконденсатных, газовых и газонефтяных скважинах за счет энергии пласта, и, в частности, за счет совершения работы газом, добываемым в скважинах. Турбогенератор устанавливается возле скважины в шлейфе от скважины до установки подготовки газа к транспорту (УКПГ). Турбогенератор содержит смонтированные внутри основного трубопровода с газом высокого давления турбину и генератор, отличающийся тем, что перед турбиной внутри основного трубопровода установлены последовательно и аксиально завихритель, секция сепарации жидкости и секция отбора газожидкостного потока, причем секция отбора газожидкостного потока соединена дополнительным трубопроводом с основным потоком после турбины, а в дополнительном трубопроводе установлен регулирующий клапан. Изобретение позволяет обеспечить автономное электроснабжение объектов нефтегазодобычи, с одновременным снижением капитальных и эксплуатационных затрат при добыче углеводородов за счет отказа от строительства линий электропередач (ЛЭП) к удаленным объектам (скважинам, кустам скважин, и т.д.). Изобретение также позволяет обеспечивать работоспособность турбогенератора при наличии жидкости в газовом потоке, поступающем на вход турбогенератора, и при изменении условий работы турбогенератора, таких как расход входного потока и электрическая нагрузка, подключенная к турбогенератору.

ТУРБОГЕНЕРАТОР

Область техники

Изобретение относится к турбогенераторам, предназначенным для генерации энергии на газоконденсатных, газовых и газонефтяных скважинах за счет энергии пласта, и, в частности, за счет совершения работы газом, добываемым в скважинах. Турбогенератор устанавливается возле скважины в шлейфе от скважины до установки подготовки газа к транспорту (УКПГ).

Уровень техники

Добываемый из скважин флюид представляет собой смесь газа, нефти/конденсата и воды. В зависимости от типа месторождения (газовое, газоконденсатное, нефтяное) меняется только соотношение между долей газа и жидкости во флюиде. На нефтяных месторождениях основную массу флюида составляет нефть, на газовых и газоконденсатных месторождениях - газ.

Однако на всех месторождениях для выработки энергии на скважинах предпочтительно использовать газ, так как на одном и том же перепаде давления газ из-за своей сжимаемости совершает намного большую работу, чем жидкость. Поэтому на скважинах для получения электроэнергии целесообразно разделять газ и жидкость в сепараторе, и далее газ использовать в турбине турбогенератора. Однако использование обычных сепараторов для разделения газожидкостного потока нецелесообразно по нескольким причинам. Так, для большинства месторождений нефти и газа, как показывает опыт, объем стандартного сепаратора для качественного разделения пластового флюида должен составлять не менее 6 м³. Такой большой размер сепаратора в купе с необходимой контрольно-измерительной аппаратурой и трубопроводной арматурой (уровнемеры, сигнализаторы уровня, регулирующий клапан слива жидкости, предохранительный клапан и т.д.) приводит к резкому удорожанию такого турбогенератора. Кроме того, из-за большого размера сепаратора трубопровод, соединяющий сепаратор и турбогенератор, составляет обычно несколько метров. Наличие такого трубопровода приводит к тому, что из-за потерь давления в этом трубопроводе образуется капельная жидкость, даже если на выходе из сепаратора газ не содержал жидкости. Механизм образования капельной жидкости связан с охлаждением потока из-за эффекта Джоуля-Томсона и конденсацией тяжелых фракций углеводородов, обусловленных падением давления газа в трубопроводе вследствие гидравлических потерь. Наличие капельной жидкости в потоке на входе в турбину турбогенератора приводит к эрозии лопаток турбины и снижению ресурса работы всего турбогенератора.

Из уровня техники известен прямоточно-центробежный сепаратор (см. [1] патент РФ №2125905, МПК В01D45/12, опубл. 10.02.1999), представляющий собой наружную

цилиндрическую трубу с соосно встроенной сепарационной камерой в виде цилиндрической трубы, в которой перед перегородкой, разделяющей кольцевую полость на входную часть и коллектор сбора уловленной фазы, размещен тангенциальный завихритель, а на выходе из сепарационной камеры - патрубок отвода очищенного газа, имеющий меньший диаметр, чем труба сепарационной камеры, и образующий с ее внутренней стенкой приемную кольцевую щель для вывода уловленной фазы. Указанный сепаратор предназначен для разделения газожидкостной фазы и не имеет возможности генерации энергии.

Заявленное изобретение по конструкции напоминает сверхзвуковой сепаратор, взятый за прототип (см. [2] патент РФ на полезную модель №150781, МПК F25J3/00, опубл. 27.02.2015, установка для подготовки газовой смеси, содержащая сверхзвуковой сепаратор). Сверхзвуковой сепаратор содержит сопло с форкамерой, в которой размещено средство для закрутки газового потока, в качестве которого могут быть использованы закручивающие лопасти, тангенциальный подвод газа, шнековый механизм и т.п. Форкамера соединена со сверхзвуковым соплом, внутри которого на определенном расстоянии от выходного сечения сопла установлена комбинация диффузоров – сверхзвукового и дозвукового. Указанная комбинация диффузоров соединена со стенками сопла известным образом (например, с помощью пилонов), так что между стенками сопла и сверхзвукового диффузора образуется кольцевая щель для отбора конденсированной фазы. Недостатком прототипа, по сравнению с заявленным изобретением, является отсутствие генерации энергии.

Сущность изобретения

Технической задачей, стоящей перед изобретением, является создание устройства, обеспечивающего выработку энергии за счет совершения работы средой, содержащей двухфазный поток.

Техническим результатом заявленного изобретения является обеспечение автономного электроснабжения объектов нефтегазодобычи, и снижение капитальных и эксплуатационных затрат при добыче углеводородов за счет отказа от строительства линий электропередач (ЛЭП) к удаленным объектам (скважинам, кустам скважин, и т.д.).

Согласно изобретению, техническая задача решается, а технический результат достигается за счет того, что турбогенератор содержит смонтированные внутри основного трубопровода с газом высокого давления турбину и генератор, а перед турбиной внутри основного трубопровода установлены последовательно и аксиально завихритель, секция сепарации жидкости и секция отбора газожидкостного потока, причем секция отбора газожидкостного потока соединена дополнительным трубопроводом с основным потоком после турбины, а в дополнительном трубопроводе установлен регулирующий клапан.

Краткое описание чертежей

На Фиг. 1 – Общая схема турбогенератора

На фигуре обозначены следующие позиции:

1 — основной трубопровод;

2 – турбина;

3 – генератор;

4 - завихритель;

5 – секция сепарации жидкости;

6 – секция отбора газожидкостного потока;

7 – дополнительный трубопровод;

8 – регулирующий клапан.

Осуществление изобретения

Цель изобретения - обеспечение работоспособности турбогенератора в условиях, когда входной поток представляет собой газожидкостную смесь. Турбина турбогенератора может работать только на чистом газе, присутствие жидкости во входном потоке приводит к эрозии лопаток турбины.

Турбогенератор выполнен в виде основного трубопровода 1 с газом высокого давления, внутри которого смонтированы турбина 2, на валу которой расположен генератор 3. Перед турбиной 2 внутри основного трубопровода 1 установлены последовательно, по ходу потока, и аксиально: завихритель 4, секция сепарации жидкости 5 и секция отбора газожидкостного потока 6, соединенная дополнительным трубопроводом 7 с основным потоком после турбины. В дополнительном трубопроводе 7 установлен регулирующий клапан 8.

Устройство работает следующим образом.

В предлагаемом изобретении перед турбиной 2 устанавливается секция сепарации жидкости 5, которая может быть выполнена в виде внутритрубного сепаратора, в котором за счет центробежных сил осуществляется сепарация и отбор жидкости от газа. Центробежные силы возникают за счет закрутки потока в завихрителе 4, представляющем собой неподвижный элемент с лопатками, установленными под углом атаки к входному потоку. После прохождения лопаток поток приобретает тангенциальную скорость, т.е. закручивается. Закрученный поток газа далее поступает в секцию сепарации жидкости 5, представляющую собой канал (цилиндрический или профилированный), в котором за счет центробежных сил капли отбрасываются к стенкам канала. На выходе из секции сепарации жидкости 5 вся жидкость концентрируется в двухфазном пограничном слое на стенках канала. Далее в секции отбора газожидкостного потока 6 происходит отбор пристеночного двухфазного пограничного слоя. Жидкость отбирается из секции сепарации жидкости 5 (внутритрубного сепаратора) вместе с небольшим количеством газа (это позволяет

достичь высокой степени эффективности сепарации жидкости от газа). Газожидкостный поток далее отводится через дополнительный трубопровод 7 в основной канал за турбину.

Важной частью предлагаемого турбогенератора является регулирующий клапан 8, устанавливаемый в дополнительном трубопроводе 7. Регулирующий клапан 8 позволяет регулировать расход газа, отбираемого через дополнительный трубопровод 8, и обеспечивать требуемый расход газа через турбину 2. Такое регулирование позволяет поддерживать оптимальный расход газа через турбину 2 в условиях изменения электрической нагрузки на генератор 3 (потребной мощности генератора), т.к. изменение электрической нагрузки, подключенной к генератору 3, автоматически должно приводить к изменению расхода газа через турбину турбогенератора. Регулирование клапана 8 можно проводить по измеренным показателям работы генератора 3, и, в частности, по частоте вырабатываемой электроэнергии. При изменении электрической нагрузки на генератор 3 происходит изменение скорости вращения турбины 2, и для сохранения частоты вращения турбины 2 необходимо производить регулирование расхода газа, проходящего через турбину 2. Регулирующий клапан 7 идеально подходит для решения этой задачи.

Регулирующий клапан 8 также обеспечивает сброс дополнительных объемов газа, возникающих при изменении режимов работы скважины.

Показатели работы турбогенератора можно продемонстрировать на примере испытаний такого турбогенератора, проведенного на одном из нефтяных месторождений. Нефть, добываемая на этом месторождении, характеризуется большим газовым фактором на уровне 1000 нм³ на тонну нефти. При этом дебит одной скважины составляет примерно 1000 000 нм³/сутки газа и 900 т/сутки нефти. Для обеспечения электроэнергией кустовой аппаратуры КИП и приводной арматуры необходимо до 5 квт электроэнергии. На одном кусте находится порядка 5 скважин. Турбогенератор устанавливается на общем коллекторе, подающем продукцию скважин с куста на установку подготовки нефти. Расход газа достаточного для выработки 5 квт составляет 1000 000 нм³/сутки при давлении газа 50 атм. Перепад на турбине турбогенератора составляет 1 атм. Так как на вход турбогенератора подается пластовый флюид с куста, а для выработки электроэнергии достаточно газа с одной скважины, поэтому в секции отбора газожидкостного потока 6 происходит разделение потока в следующей пропорции: 20% газа идет на вход турбины 2, а оставшаяся часть газа (80%) и вся жидкость (нефть и вода) сбрасываются через регулирующий клапан 8 за турбину. Лопаточный завихритель 4 обеспечивает закрутку потока на уровне 30 м/с, секция сепарации жидкости имеет внутренний цилиндрический канал диаметром 200 мм и длиной 1500 мм. Внешний диаметр турбины также имеет диаметр 200 мм, частота вращения ротора генератора 3000 оборотов в минуту. Секция отбора газожидкостного потока 6, выполненная в виде диффузорного конического патрубка с диаметром входа 80 мм и диаметром выхода 200 мм, и полным углом расширения 6

градусов, обеспечивает отбор чисто газового потока на вход турбины. Испытанный при данных параметрах турбогенератор продемонстрировал высокую степень надежности.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Турбогенератор, содержащий смонтированные внутри основного трубопровода с газом высокого давления турбину и генератор, **отличающийся тем, что** перед турбиной внутри основного трубопровода установлены последовательно и аксиально завихритель, секция сепарации жидкости и секция отбора газожидкостного потока, причем секция отбора газожидкостного потока соединена дополнительным трубопроводом с основным потоком после турбины, а в дополнительном трубопроводе установлен регулирующий клапан.

10

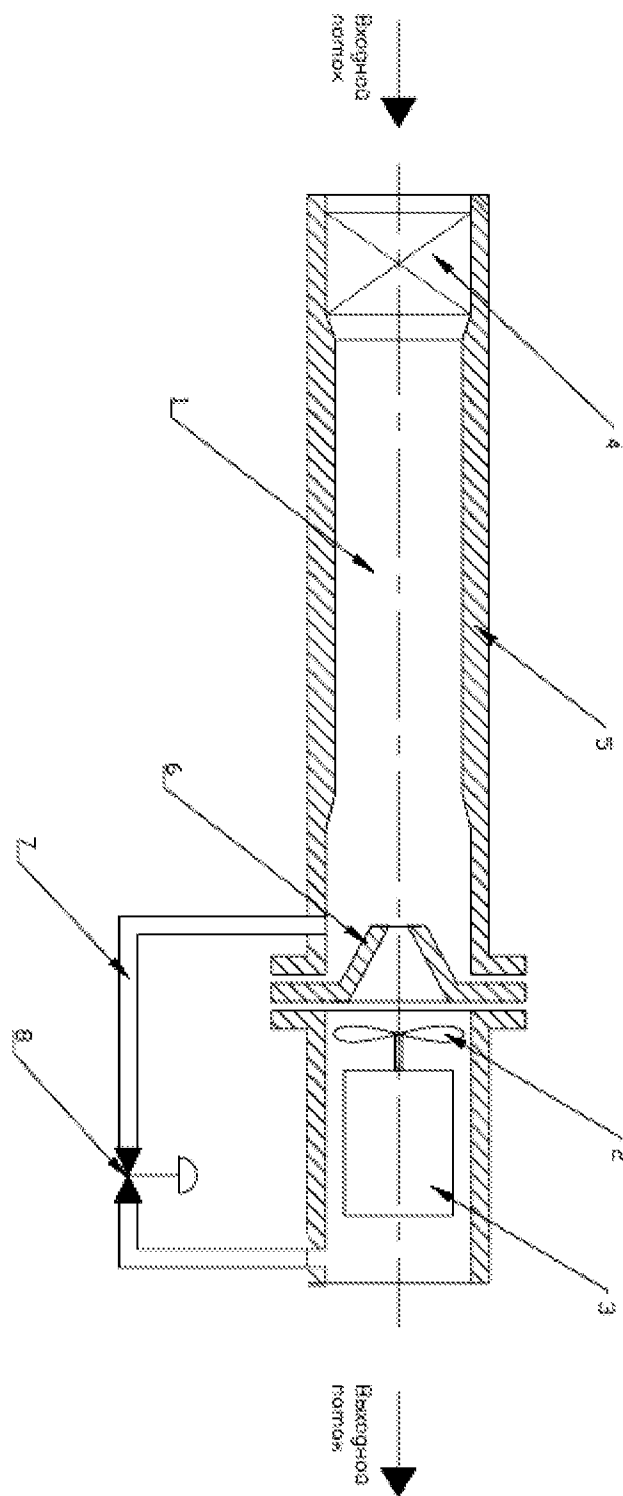
15

20

25

30

35



Фиг. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2021/050125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

(see additional sheet)

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)

F01D 1/02, 15/00, 15/10, H02K 7/00, 7/18, 5/00, 5/12, B01D 45/00, 45/12, 45/16

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	CN 110206594 A (WANG ZHUANG) 06.09.2019	1
A	US 2016/0290310 A1 (KIRLOSKAR ENERGEN PRIVATE LIMITED) 06.10.2016	1
A	US 2018/0038229 A1 (SPINERGY PTY LTD) 08.02.2018	1
A	JPS62 - 129503 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 11.06.1987	1

☐ 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

10 August 2021 (10.08.2021)

Date of mailing of the international search report

19 August 2021 (19.08.2021)

Name and mailing address of the ISA/ RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

F01D 15/10 (2006.01)

F01D 1/02 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

H02K 5/12 (2006.01)

B01D 45/12 (2006.01)

B01D 45/16 (2006.01)

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2021/050125

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ (см. дополнительный лист)		
Согласно Международной патентной классификации МПК		
B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) F01D 1/02, 15/00, 15/10, H02K 7/00, 7/18, 5/00, 5/12, B01D 45/00, 45/12, 45/16 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	CN 110206594 A (WANG ZHUANG) 06.09.2019	1
A	US 2016/0290310 A1 (KIRLOSKAR ENERGEN PRIVATE LIMITED) 06.10.2016	1
A	US 2018/0038229 A1 (SPINERGY PTY LTD) 08.02.2018	1
A	JPS62-129503 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 11.06.1987	1
☐ 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 “Е” 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	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение “Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности “У” 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 10 августа 2021 (10.08.2021)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 19 августа 2021 (19.08.2021)
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: Бушин С.Н. Телефон № 8 499 240 25 91

F01D 15/10 (2006.01)
F01D 1/02 (2006.01)
H02K 7/18 (2006.01)
H02K 5/12 (2006.01)
B01D 45/12 (2006.01)
B01D 45/16 (2006.01)