

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

(19) Всемирная Организация  
Интеллектуальной Собственности  
Международное бюро

(43) Дата международной публикации  
09 марта 2023 (09.03.2023)



(10) Номер международной публикации  
**WO 2023/033682 A1**

- (51) Международная патентная классификация:  
*F25J 3/00* (2006.01) *F02M 26/00* (2016.01)  
*F02M 25/00* (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: PCT/RU2022/050273
- (22) Дата международной подачи:  
02 сентября 2022 (02.09.2022)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:  
2021126100 05 сентября 2021 (05.09.2021) RU
- (71) Заявитель: **ЗВЕЗДУНОВ, Дмитрий Алексеевич**  
(**ZVEZDUNOV, Dmitry Alekseevich**) [RU/RU]; ул. Ста-  
ниславского, д. 7, Батайск, 346892, Bataysk (RU).
- (72) Изобретатель; и  
(71) Заявитель: **МАЙБОРОДА, Александр Олегович**  
(**MAYBORODA, Alexander Olegovich**) [RU/RU]; пр.  
Соколова, д. 23, кв. 75, Ростов-на-Дону, 340006, Rostov-  
on-Don (RU).
- (74) Агент: **ЛОБОВА, Екатерина Викторовна** (**LOBOVA,**  
**Ekaterina Viktorovna**); ул. 2-й Пятилетки, д. 3/1, кв. 6,  
Ростов-на-Дону, 344064, Rostov-on-Don (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE,  
KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,

(54) Title: METHOD OF CONCENTRATING CARBON DIOXIDE GAS AND DEVICE FOR CARRYING OUT SAME

(54) Название изобретения: СПОСОБ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

DIОХ-22МА0

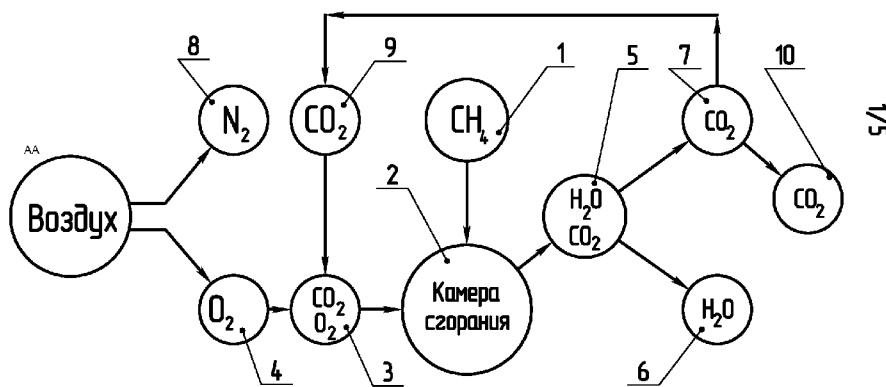


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to the field of environmental protection and can be used in vehicles, thermal power plants and industrial and other facilities for the purpose of capturing and sequestering carbon dioxide. In order to reduce costs, nitrogen is replaced in a fuel mixture by gaseous substances having a condensation temperature higher than or equal to the condensation temperature of carbon dioxide. In addition, exhaust gases are returned to the combustion chamber for reuse. Before the exhaust gases are returned, CO<sub>2</sub> build-up is removed and spent oxygen and fuel are added in the required amount to form a fuel mixture. Fuel is fed from a source (1) to a combustion chamber (2), and oxygen O<sub>2</sub> and carbon dioxide gas CO<sub>2</sub> are fed into a mixer (3) from a collector

[продолжение на следующей странице]



WO 2023/033682 A1

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:**

- касающаяся права заявителя подавать заявку на патент и получать его (правило 4.17 (ii))
- об авторстве изобретения (правило 4.17 (iv))

**Опубликована:**

- с отчётом о международном поиске (статья 21.3)
- с изменённой формулой изобретения и объяснением (статья 19(1))
- в черно-белом варианте; международная заявка в поданном виде содержит цвет или оттенки серого и доступна для загрузки из PATENTSCOPE.

---

(4). The mixture is combusted in the chamber (2) and the combustion products CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O pass into a combustion product separator (38) (see fig. 5). H<sub>2</sub>O is condensed and removed. Of the remaining CO<sub>2</sub>, the excess is removed to the collector, and the leftover gas is returned to the chamber (2).

(57) **Реферат:** Изобретение относится к области охраны окружающей среды и может быть использовано в транспортных средствах, в тепловых электростанциях, в промышленных и других объектах для улавливания диоксида углерода и его депонирования. В целях сокращения затрат в топливной смеси азот заменяют газообразными веществами, имеющими температуру конденсации выше или равную температуре конденсации углекислого газа. При этом используют отходящие газы, которые возвращают в камеру сгорания. Перед возвращением из них удаляют прирост CO<sub>2</sub> и добавляют израсходованный кислород и топливо в требуемом количестве, формируя топливную смесь. Из источника (1) топливо подаётся в камеру сгорания (2), а в смеситель (3) подаётся из накопителя (4) кислород O<sub>2</sub> и углекислый газ CO<sub>2</sub>. В камере (2) эта смесь сгорает и продукты сгорания CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O переходят в разделитель (38) продуктов сгорания (см. Fig.5). H<sub>2</sub>O конденсируется и удаляется. Из оставшегося CO<sub>2</sub> в накопитель удаляется избыток, а остаток газа возвращается в камеру (2).

5 СПОСОБ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА  
И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Изобретение относится к области охраны окружающей среды и может быть использовано в транспортных средствах, в промышленных, гражданских и других объектах для улавливания диоксида углерода, далее углекислый газ, или двуокись углерода, или  $\text{CO}_2$ , с последующей его декарбонизацией путём захоронения или  
10 переработки.

Изменение климата – одна из наиболее насущных проблем нашего времени. Для того чтобы сохранить экосистему нашей планеты, в ближайшие десять лет необходимо существенно сократить объемы выбросов двуокиси углерода, в соответствии с целями Парижского соглашения по климату, продолжая при этом  
15 удовлетворять потребности постоянно растущего населения.

Углекислый газ продолжает накапливаться в атмосфере со скоростью примерно 40 гигатонн в год. Для достижения целей, поставленных соглашением, потребуется сократить выбросы – это является необходимым компонентом стратегии «углеродной нейтральности» в любой стране.

20 Основными источниками выбросов двуокиси углерода в атмосферу являются тепловые электростанции, автотранспорт, самолеты и суда с тепловыми двигателями, металлургическая и цементная промышленность. По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) на электростанции, работающие на ископаемом топливе, и крупные промышленные  
25 объекты приходится до 60% мировых выбросов углекислого газа. На транспорт приходится больше 20% выбросов.

К парниковым газам, кроме углекислого, также относятся метан и закись азота, которая разрушает стратосферный озоновый слой, защищающий нас от пагубного воздействия ультрафиолетовых солнечных лучей. На нее приходится  
30 около 6% от объема радиационного воздействия долгоживущих парниковых газов. Закись азота по парниковому действию в 300 раз превосходит действие диоксида углерода.

В настоящее время удаление парниковых газов из выбросов тепловых двигателей обходится дорого. Многие развивающиеся страны по этой причине  
35 продолжают эксплуатацию старых тепловых электростанций и строят новые.

Для сокращения выбросов парниковых газов в этих странах должны быть применены способы недорогого извлечения диоксида углерода и закиси азота из дымовых газов тепловых машин на электростанциях и транспорте. Наряду с развивающимися промышленно развитые страны также нуждаются в удешевлении  
40 способов очистки выхлопных газов различных тепловых машин, потребляющих ископаемое углеводородное топливо.

Доля угля в мировом топливно-энергетическом балансе составляет 42,8%, тогда как у газа – 18,5%. Во многих странах значение угля для электроэнергетики гораздо выше: в Польше – 95%, ЮАР – 90%, Австралии – 86%, Китае – 81%,  
45 Англии – 60%, Германии – 54%, США – 52%, Японии – 30%. Использование угля для производства электроэнергии в мире к 2030 г. увеличится до 4,5 млрд. тонн условного топлива и уголь будет оставаться главным источником производства электроэнергии.

Энергоустановки являются первыми кандидатами для улавливания CO<sub>2</sub>.  
50 Имеются следующие варианты и применения технологии улавливания. Способ эффективного улавливания CO<sub>2</sub> заключается в создании концентрированного потока CO<sub>2</sub> высокого давления, который можно легко транспортировать к месту хранения. Хотя, весь газовый поток, содержащий низкие концентрации CO<sub>2</sub>, можно транспортировать и закачивать под землю, расходы на энергию и другие  
55 связанные с этим расходы, как правило, делают подобный подход непрактичным. Поэтому для целей транспортировки и хранения необходимо создавать почти чистый поток CO<sub>2</sub>.

Сегодня уже функционируют применения для сепарации CO<sub>2</sub> в крупных промышленных установках, включая установки для переработки природного газа  
60 и производства аммиака. В настоящее время CO<sub>2</sub>, как правило, абсорбируется для очистки других потоков промышленных газов. Абсорбция используется для целей хранения лишь в нескольких случаях; чаще всего CO<sub>2</sub> выбрасывается в атмосферу. Процессы улавливания всегда применялись для получения коммерчески выгодных количеств CO<sub>2</sub> из потоков дымовых газов, образующихся в результате сжигания

65 угля или природного газа. Сегодня, однако, на крупных энергоустановках (например, 500 МВт) отсутствуют какие-либо применения для улавливания CO<sub>2</sub>.

Существуют три основные концептуальные технологии улавливания CO<sub>2</sub>, образующегося из первичного ископаемого топлива (уголь, природный газ или нефть), биомассы или смеси этих видов топлива (см. Межправительственная  
70 группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Улавливание и хранение двуокиси углерода. 2005 г., 66 с. ISBN 92-9169-419-3, с. 24):

1. Системы улавливания после сжигания (см. Патент RU 2676642 C1 B01D 53/02, опубл.09.01.2019 г., Бюл.1, или Патент RU 2689620 C1 B01D 53/14, опубл.28.05.2019 г., Бюл.16) отделяют CO<sub>2</sub> от дымовых газов, образующихся в  
75 воздухе в результате сжигания первичного топлива. В этих системах обычно используется жидкий растворитель для захвата небольшой доли CO<sub>2</sub> (обычно 3–15 % по объему), присутствующего в потоке дымового газа, в котором главной составляющей является азот (из воздуха).

В современной энергоустановке, работающей на угольной пыли или  
80 энергоустановке с комбинированным циклом природного газа, в существующих в настоящее время системах улавливания после сжигания обычно применяется органический растворитель, такой как моноэтаноламин.

Недостаток способа – концентрацию диоксида углерода в продуктах сгорания (дымовых газах) способ не увеличивает и это сохраняет сложности  
85 отделения CO<sub>2</sub> от азота, поступающего из воздуха при окислении горючего. Улавливание представляет собой самый затратный и самый энергоемкий этап всего процесса.

2. В системах улавливания до сжигания осуществляется обработка первичного топлива в реакторе с потоком, насыщенным воздухом или  
90 кислородом, для создания смеси, состоящей главным образом из окиси углерода и водорода («синтетический газ»). Дополнительный водород наряду с CO<sub>2</sub> образуется в результате реакции окиси углерода с потоком во вторичном реакторе. После этого получившаяся смесь водорода и CO<sub>2</sub> может быть разделена на газовый поток CO<sub>2</sub> и поток водорода.

95 Недостаток способа – первоначальные этапы преобразования топлива являются более сложными и дорогостоящими по сравнению с системами, действующими после сжигания. Массогабаритные характеристики установки,

реализующей способ, не позволяют широко применить их на транспорте. Концентрации  $\text{CO}_2$  недостаточно – на практике 15–60 % по объему после  
100 осушения газов.

3. Системы сжигания с пониженной долей инертных газов и увеличенной долей окислителя. Способны повысить концентрацию  $\text{CO}_2$  свыше 99%, после осушения газов.

В системах сжигания с обогащением топлива кислородом вместо воздуха  
105 для сжигания первичного топлива используется кислород для получения дымового газа, который состоит главным образом из водяного пара и углекислого газа. Затем водяной пар удаляется посредством охлаждения и компрессии газового потока. Остается высокообогащенная диоксидом углерода смесь газов.

Сжигание топлива с обогащением кислородом требует сепарации  
110 кислорода от воздуха в начале технологической цепочки, при этом в большинстве современных конструкций предполагается использование кислорода с чистотой в 95–99 %. Системы сжигания с обогащением топлива кислородом находятся на демонстрационном этапе. Проводятся исследования по применению систем с обогащенным кислородом топливом в газотурбинных системах, однако  
115 концептуальные разработки подобных применений находятся пока на стадии исследований, так как обогащение кислородом приводит к недопустимому повышению температуры рабочих процессов.

В виду температурных ограничений способа он может применяться пока только к тепловым машинам внешнего сгорания. По этой причине устройство  
120 тепловых двигателей данного типа содержит разделитель атмосферного воздуха, внешнюю камеру сгорания в которой используется кислород высокой степени очистки (95-99%), механизм преобразования тепла в механическую энергию, устройство сепарации обогащенных углекислом газом продуктов сгорания и его накопления.

Применительно к двигателям внутреннего сгорания, горение топлива в  
125 чистом кислороде приводит к слишком высокой температуре пламени, поэтому на практике продукты сгорания топлива в кислороде разбавляются путем смешивания с  $\text{CO}_2$  из отходящих дымовых газов. По причине того, что рециркулируемый  $\text{CO}_2$  добавляется не до, а после сгорания топлива, сохраняются  
130 высокотемпературные зоны горения, которые не позволяют использовать этот

способ в поршневых двигателях внутреннего сгорания из-за невозможности реализации отдельного сгорания в кислороде и охлаждения продуктов сгорания холодным  $\text{CO}_2$ . Поэтому смешение продуктов горения с рециркулируемым  $\text{CO}_2$  пока реализовано только на экспериментальных и демонстрационных газовых турбинах, в которых наличие жаровых труб в камере сгорания обеспечивает разделение процессов сгорания топлива в кислороде и охлаждение продуктов сгорания путем смешения с рециркулируемым  $\text{CO}_2$ .

Современные системы улавливания после или до сжигания, предназначенные для энергоустановок, могут улавливать 85–95 % образующегося  $\text{CO}_2$ . Возможна более высокая эффективность улавливания, хотя сепараторы становятся значительно большими по размеру, более энергоемкими и более дорогостоящими. Для улавливания и компрессии требуется больше энергии приблизительно на 10–40 % по сравнению с аналогичной установкой без улавливания, в зависимости от типа данной системы. Ввиду сопутствующих выбросов двуокиси углерода чистый объем захваченного  $\text{CO}_2$  составляет приблизительно 80–90 %.

В аналогах существует проблема разделения в продуктах сгорания  $\text{CO}_2$  и азота, потому что азот имеет большую долю в продуктах сгорания, что затрудняет их разделение. В существующих методах потребление энергии варьируется от 1 до 10 ГДж на тонну в зависимости от концентрации углекислого газа на входе.

В выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания поршневого типа содержится 12–17%  $\text{CO}_2$ , а в двигателях газотурбинного типа – 3–5% углекислого газа. Поэтому, отделение низкоконцентрированного  $\text{CO}_2$  из этой массы воздуха, к примеру, криогенной дистилляцией, приводит к избыточным расходам энергии на охлаждение азота и кислорода воздуха до температуры конденсации  $\text{CO}_2$  в жидкость. Другие методы также энергоемки из-за низкой концентрации углекислого газа.

Попыткой решения этой проблемы является способ повышения концентрации  $\text{CO}_2$  путем выделения кислорода из воздуха и его подачи в камеру сгорания с минимальным количеством остаточных газов, что приводит к многократному повышению доли  $\text{CO}_2$  в продуктах сгорания.

Известна система, в которой для понижения температуры вокруг зоны горения топлива в кислороде и предотвращения деструкции камеры сгорания,

зону горения окружают флюидом  $\text{CO}_2$  – диоксидом углерода, находящегося в  
165 особой форме агрегатного состояния вещества. Способ, который реализует эта  
система, выбран в качестве прототипа ( см. R. J. Allam, Rodney John (Chippenham,  
GB), Brown, Jr.; Glenn William (Durham, NC), Palmer; Miles R.(Chapel Hill, NC),  
“System and Method for High Efficiency Power Generation Using a Carbon Dioxide  
Circulating Working Fluid”. USA Patent 8,959,887 B2, 24 February 2015).

170 В прототипе реализован рекуперлируемый цикл Брайтона высокого давления  
с использованием рабочего тела в виде сверхкритического флюида  $\text{CO}_2$  с  
газокислородным режимом горения топлива.

В прототипе диоксид углерода находится в сверхкритическом состоянии. В  
применении к веществам, находящимся в таком состоянии используется  
175 специальный термин — сверхкритический флюид (от английского слова fluid, то  
есть «способный течь»). В современной литературе принято сокращенное  
обозначение сверхкритических флюидов — СКФ. Сверхкритические флюиды –  
форма агрегатного состояния вещества, отличная и от жидкого, и от газообразного.  
Сверхкритические флюиды представляют собой нечто среднее между жидкостью и  
180 газом. Они могут сжиматься как газы (обычные жидкости практически  
несжимаемы) и, в тоже время, способны растворять твердые вещества, что газам не  
свойственно.

Этот цикл начинается с сжигания в камере сгорания газообразного топлива  
с кислородом и горячим рабочим телом в виде рециркулируемого  
185 сверхкритического  $\text{CO}_2$ . При этом в зоне горения в присутствии СКФ- $\text{CO}_2$  должна  
быть максимальная концентрация кислорода. Горение в присутствии СКФ- $\text{CO}_2$   
служит двойной цели: понижения температуры пламени сгорания до приемлемого  
уровня и разбавления продуктов сгорания таким образом, что рабочее тело цикла  
представляет собой преимущественно  $\text{CO}_2$ . Давление в камере сгорания может  
190 достигать примерно 30 МПа, а сырье для сжигания состоит примерно на 95%  
рециркулированного  $\text{CO}_2$  по массе.

Камера сгорания обеспечивает выхлоп под высоким давлением, который  
может подаваться в турбодетандер, работающий при большом перепаде давлений.  
Из детандера выходит отработанная смесь в виде докритического  $\text{CO}_2$ ,  
195 преимущественно смешанная с водой, полученной при сжигании. Эта жидкость  
поступает в теплообменник экономайзера, который охлаждает выходную часть



детандера до температуры ниже  $65^{\circ}\text{C}$  против потока  $\text{CO}_2$ , который возвращается в камеру сгорания. После выхода из теплообменника экономайзера выхлоп расширителя дополнительно охлаждается до температуры, близкой к температуре окружающей среды, с помощью центральной системы охлаждения, что позволяет удалять жидкую воду из рабочего тела.

Оставшееся рабочее тело почти чистого  $\text{CO}_2$  затем переходит на стадию сжатия и откачки. Система сжатия состоит из обычного центробежного компрессора с промежуточным охлаждением и давлением на входе ниже  $\text{CO}_2$  критического давления. Рабочее тело в виде  $\text{CO}_2$  сжимается и затем охлаждается до температуры, близкой к температуре окружающей среды, в доохладителе компрессора. На этом этапе комбинация сжатия и охлаждения рабочего тела позволяет достичь плотности, превышающей  $500\text{ кг/м}^3$ . В этом состоянии  $\text{CO}_2$  поток может быть перекачан до необходимого высокого давления сгорания с помощью многоступенчатого центробежного насоса. Наконец, рабочее тело под высоким давлением отправляется обратно через теплообменник экономайзера для повторного нагрева и возврата в камеру сгорания.

Чистый  $\text{CO}_2$  продукт, полученный при добавлении топлива и кислорода в камеру сгорания, удаляется из потока высокого давления; в этот момент  $\text{CO}_2$  – продукт высокого давления и высокой чистоты, готовый к секвестрации или утилизации без необходимости дальнейшего сжатия.

В прототипе система обеспечивает поток продуктов сгорания, содержащий  $\text{CO}_2$  при давлении, по меньшей мере, примерно 8 МПа и температуре, по меньшей мере, примерно  $800^{\circ}\text{C}$ , что при высоком КПД решает проблему устранения потерь в типовых системах удаления  $\text{CO}_2$  на его сжатие для закачки в трубопровод, хотя и создает сложности из-за чрезмерного давления рабочего тела, сопряженного с высокой температурой. По температурной и силовой напряженности камера сгорания прототипа подобна ракетным реактивным двигателям, что влияет на рабочий ресурс, надежность и стоимость ее изготовления.

Камера сгорания, как и турбина системы, по этой причине нетипична, не стандартна – для новой системы компанией Toshiba была спроектирована особая турбина и особая камера сгорания, соответствующие уникальным физическим условиям.

Таким образом, технологию невозможно применить на действующих,  
230 типовых электростанциях в результате их модернизации, так же как, например,  
посредством модернизации угольных ТЭС создаются более эффективные станции  
с парогазовыми установками, имеющими КПД до 65%. Парк старых действующих  
ТЭС не может быть переведен на новую технологию – требуется создание новых  
ТЭС и ликвидация старых, но работоспособных станций. Это существенный  
235 недостаток прототипа, препятствующий реализации этой технологии в небогатых  
развивающихся странах.

К недостаткам можно отнести и то, что сверхкритическая углекислота  
представляет собой очень сильный растворитель. Из-за экстремальных  
температуры и давления, при которых она используется, к конструкционным  
240 материалам предъявляются весьма жесткие требования. Сообщается, что, один из  
самых стойких сплавов титана, никеля, хрома и алюминия, контактирующий со  
сверхкритическим CO<sub>2</sub> при температуре 750°C, утоньшается на 1-2 мкм в год). Это  
означает, что такие ТЭС при эксплуатации могут столкнуться с еще неизвестными  
проблемами (см. Алексей Батырь. Сверхкритический подход. Энергознание.  
245 13.03.2018. URL: <https://www.energovector.com/energoznanie-sverhkriticheskiy-podhod.html>).

Как известно, увеличение степени сжатия является наиболее прямым  
способом увеличения общей выходной мощности системы, использующей цикл  
Брайтона, что и реализуется в системе, принятой за прототип. Однако, для  
250 получения, сжатого CO<sub>2</sub>, пригодного для закачивания в трубопровод, не  
обязательно использовать камеру сгорания с давлением около 300 бар, так как  
конденсация углекислого газа возможна и за счет его охлаждения, с последующей  
рекуперацией затраченного холода, причем за счет дарового тепла отходящих  
газов в холодильнике абсорбционного типа.

255 Целью данного изобретения является повышение концентрации  
углекислого газа и как следствие сокращение затрат на его отделение от других  
компонентов отработанных газов.

Поставленная цель достигается тем, что сжигают углеводородное топливо в  
камере сгорания, подавая кислород с примесью азота и рециркулируемое рабочее  
260 тело, а из продуктов сгорания выделяют и удаляют, образовавшиеся водяной пар и  
углекислый газ, согласно данному заявлению, обедняют азот и одновременно азот

замещают добавлением рециркулируемого рабочего тела, смешиваемое с кислородом до камеры сгорания и имеющее газообразное состояние, которое, или по отдельности, или в виде смеси газов, представляет собой – углекислый газ, водяной пар, углеводороды или производные углеводородов, или иные вещества, 265 которые имеют температуру конденсации выше температуры конденсации углекислого газа. При этом обогащение выполняют или пропорционально, или с избытком, или с недостатком.

При подаче углекислого газа удаляют воду и прирост углекислого газа от сгоревшего топлива, и остаток углекислого газа возвращают в подаваемую смесь 270 газов.

В качестве заменителя азота, кроме углекислого газа, может быть использован водяной пар, углеводороды или производные углеводородов, или другие вещества, которые имеют температуру конденсации равную или выше 275 температуры конденсации углекислого газа. Вышеуказанные компоненты могут быть применены или по отдельности, или в виде смеси.

При подаче заменителя азота в виде углекислого газа – продукты сгорания с заменителем азота охлаждают до температуры конденсации воды. Затем воду удаляют, получая концентрат углекислого газа, из которого извлекают прирост 280 углекислого газа от сгоревшего топлива, после чего остаток углекислого газа возвращают в камеру сгорания.

При подаче заменителя азота в виде водяного пара – продукты сгорания с заменителем азота охлаждают до температуры конденсации воды. Оставшийся углекислый газ с примесями и прирост воды отделяют и удаляют, после чего воду 285 в виде пара возвращают в камеру сгорания.

При подаче заменителя азота в виде углеводородов, например, алканов, алкенов, алкинов, алкадиенов, циклоалканов, – продукты сгорания топлива и его гидратации, гидрирования и пиролиза, такие, например, как этилен и пропилен, с 290 заменителями азота, охлаждают до температуры их конденсации, а оставшийся углекислый газ с примесями и водой удаляют, после чего углеводороды, отделенные от продуктов синтеза, например, этилена и пропилена, возвращают в камеру сгорания в виде газа или пара вместе с новой порцией углеводородов, компенсирующих убыль.

При подаче заменителя азота в виде производных углеводородов, например, спиртов, таких как этанол и метанол, – продукты сгорания топлива, его дегидратации, дегидрирования, пиролиза, такие, например, как этилен и 1,3-бутadiен охлаждают до температуры их конденсации, а оставшийся углекислый газ с примесями и водой удаляют. После этого производные углеводородов, за вычетом продуктов синтеза, например, таких как этилен и 1,3-бутadiен, возвращают в камеру сгорания в виде газа или пара вместе с новой порцией производных углеводородов, компенсирующих убыль.

При подаче заменителя азота в виде иных веществ, которые имеют температуру конденсации выше температуры конденсации углекислого газа, – продукты сгорания с заменителями азота, охлаждают до перехода заменителей в конденсированную фазу и оставшуюся газовую фазу в виде углекислого газа с примесями удаляют. При этом заменитель азота возвращают в камеру сгорания в виде газа или пара, а удаляемый углекислый газ конденсируют в теплообменнике разделителя воздуха, например, за счет испарения криогенных азота и кислорода.

Предложенный способ реализуется в устройстве для концентрирования углекислого газа, содержащее систему подачи топлива, камеру сгорания, разделитель воздуха на кислород и азот, систему подачи кислорода в камеру сгорания и систему изъятия азота в депо для складирования, разделитель продуктов сгорания и депо для их складирования с каналами транспортирования, накопитель газа (рабочего тела), заменяющий азот и систему его подачи в камеру сгорания, канал транспортирования в виде ответвление в камеру сгорания, согласно данного заявления, на входе камеры сгорания установлен смеситель кислорода с рециркулируемым рабочим телом. Оба этих устройства могут быть размещены или в поршневом двигателе, или в газотурбинном двигателе парогазовой установки, или в печных агрегатах, например, таких как металлургические домы или цементные печи.

Устройство для концентрирования углекислого газа может быть снабжено вентилем для регулирования величины подачи в канале транспортирования, или в канале ответвления, или в обоих каналах, или во всех каналах транспортирования и ответвления одновременно.

325 Устройство для концентрирования углекислого газа может быть снабжено теплообменником, в котором испарение азота и/или кислорода используется для конденсирования углекислого газа, выделяемого из продуктов сгорания.

В исполнении для автомобильного транспорта устройство для концентрирования углекислого газа может быть выполнено с криогенным разделителем воздуха на жидкий кислород и газообразный азот, использующим  
330 запас криогенного азота.

По каналам транспортирования после ответвления удаляются излишки компонентов, а через ответвление заменитель азота завершает кругооборот цикла, попадая в камеру сгорания.

335 Каналы транспортирования и ответвления, снабжённые вентилями для регулирования подачи продуктов, позволяют поддерживать работу камеры сгорания в оптимальном режиме и эффективно удалять накопленный углекислый газ.

Благодаря предварительному смешиванию кислорода и газа, заменяющего  
340 азот, исключается кислородное сжигание топлива, создающее высокотемпературные нагрузки на камеру сгорания.

В дальнейшем предлагаемое решение поясняется рисунками, на которых:  
Fig.1 – структурно показан способ, когда диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) заменяет азот;  
Fig.2 – структурно показан способ, когда вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) заменяет азот;  
345 Fig.3 – структурно показан способ, когда гидрокарбонаты ( $\text{HC}$ ) заменяют азот;  
Fig.4 – структурно показан способ, когда спирты заменяют азот;  
Fig.5 – представлена структурная схема устройства для концентрирования углекислого газа.

На фигурах обозначенные позиции имеют следующие значения: 1 –  
350 источник топлива  $\text{CH}_4$ ; 2 – камера сгорания; 3 – смеситель, например,  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ ; 4 – накопитель кислорода  $\text{O}_2$ ; 5 – разделитель отработанных газов; 6 – накопитель воды  $\text{H}_2\text{O}$ ; 7 – накопитель  $\text{CO}_2$ ; 8 – накопитель азота  $\text{N}_2$ ; 9 – источник углекислого газа  $\text{CO}_2$ ; 10 – депо для излишков диоксида углерода  $\text{CO}_2$ ; 11 – смеситель кислорода  $\text{O}_2$  и воды  $\text{H}_2\text{O}$ ; 12 – источник воды  $\text{H}_2\text{O}$ ; 13 – источник топлива  $\text{CH}_4$  и  
355  $\text{HC}$ ; 14 – смеситель  $\text{HC}$  и  $\text{O}_2$ ; 15 – источник гидрокарбонатов  $\text{HC}$ ; 16 – разделитель  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HC}$ ,  $\text{HC}^*$ ,  $\text{CO}_2$ ; 17 – разделитель гидрокарбонатов  $\text{HC}$  и  $\text{HC}^*$ ; 18 – депо гидрокарбонатов  $\text{HC}$ ; 19 – источник топлива  $\text{CH}_4$  и спирты; 20 – смеситель спиртов

и кислорода  $O_2$ ; 21 – источник спиртов; 22 – разделитель дымовых газов на воду  $H_2O$ , Спирты,  $HC^*$ ,  $CO_2$ ; 23 – разделитель Спиртов и гидрокарбонов  $HC^*$ ; 24 –  
360 баллоны для воды  $H_2O$ , или гидрокарбонов  $HC$ , или Спиртов, или диоксида углерода  $CO_2$ ; 25 – вентиль регулирования величины подачи  $CO_2$  для сброса в депо 27; 28 – вентиль регулирования величины подачи лишней воды  $H_2O$ ; 29 – вентиль регулирования величины подачи воды  $H_2O$ , возвращаемой по ответвлению в камеру сгорания 2; 30 – депо для сброса лишней воды; 31 – вентиль  
365 регулирования величины подачи гидрокарбона  $HC$  в депо; 32 – вентиль регулирования величины подачи гидрокарбона в ответвлении для возврата в камеру сгорания 2; 33 – депо для сброса лишнего гидрокарбона  $HC$ ; 34 – вентиль регулирования величины подачи спирта в депо; 35 – вентиль регулирования величины подачи спирта в ответвление для возврата в камеру сгорания 2; 36 –  
370 депо для сброса лишнего спирта; 37 – депо для накопления азота  $N_2$ , получаемого из воздуха; 38 – разделитель продуктов сгорания и синтеза.

Рабочее тело в виде  $CO_2$ , или  $H_2O$ , или  $HC$ , или Спирты в смесителе 3 перемешиваются с кислородом  $O_2$  (см. Fig.5).

Устройство концентрирования углекислого газа по предложенному способу  
375 работает следующим образом.

Из источника 1 топливо подаётся в камеру сгорания 2, а в смеситель 3 подаётся из накопителя 4 кислород  $O_2$  и углекислый газ  $CO_2$ . В камере 2 эта смесь сгорает и продукты сгорания переходят в разделитель отработанных газов 5 (см. Fig.1) или разделитель 38 продуктов сгорания и синтеза (Fig.5). В разделителе  
380 5 образуются две фракции  $H_2O$ , которые переходят в накопитель воды 6 и изымаются из цикла, и  $CO_2$ , которая переходит в накопитель диоксида углерода 7 (см. Fig.1). Основной поток диоксида углерода перемещается в источник углекислого газа 9, а его излишек изымается в депо 10 для излишков диоксида углерода  $CO_2$ .

385 По каналам транспортирования 9, 12, 15 и 21 из разделителя 38 выходят  $H_2O$ ,  $HC$ ,  $CO_2$  и Спирты.

Перекрывая вентили регулирования величины потока 25, 28, 31, 34 ограничивают сброс в депо 27, 30, 33, 36 Спиртов,  $H_2O$ ,  $HC$  и  $CO_2$ . А вентилями 26, 29, 32, 35 управляют величиной потока в ответвлениях для возврата в камеру  
390 сгорания 2.

На Fig. 2,3,4 показаны циклы работы с  $H_2O$ ,  $HC$  и Спиртами соответственно.

Во всех компонентах, отображенных на рисунках присутствует остаточный азот. Его долевое содержание определяется качеством разделителя воздуха и обычно  
395 это небольшой процент – до 3% от кислорода. Поэтому в силу небольшого содержания остаточного азота он на фигурах не обозначен, хотя присутствует. Появляющийся излишек сепарируется при конденсации углекислого газа и выводится из контура. Также на фигурах введены обозначения  $HC$  – гидрокарбонаты, углеводороды, а  $HC^*$  – изменённые  $HC$  в камере сгорания под  
400 действием температуры, давления, катализаторов.

Таким образом, для решения проблемы, как предлагается в данной заявке, азот подбирается замена, такая, что газ, заменяющий азот, должен иметь температуру конденсации близкую к температуре конденсации углекислого газа, желательнее более высокую.

405 Такими веществами могут быть вода, спирты и другие производные углеводородов, определенные группы углеводородов, и, наконец, сам углекислый газ. Список подходящих заменителей шире, но многие вещества в настоящее время не проходят по экологическим или экономическим причинам – к примеру, термически очень устойчивый бромистый водород, другие соединения брома или  
410 сам бром, а также некоторые фторуглероды, моноэтаноламин и его аналоги.

Таким образом, для достижения результата в виде повышения доли углекислого газа в сепарируемых продуктах сгорания, предлагается после  
разделения воздуха, заменять удаляемый азот углекислым газом, водой, спиртами и другими производными углеводородов, углеводородами – пропаном, бутаном и  
415 т.п., которые следует смешивать в камере сгорания с кислородом в стандартной концентрации 21% по объему, с отклонениями от этой концентрации в сторону повышения или понижения, задаваемыми технологическими потребностями эксплуатации газовых турбин и поршневых двигателей внутреннего сгорания. Для  
420 многократного использования заменителя азота необходима циркуляция рабочего тела.

В целях сокращения затрат на удаление  $CO_2$ , образующимся при сжигании топлива, в топливной смеси, полностью или частично, азот заменяют диоксидом углерода. При этом используют отходящие газы, которые возвращают в двигатель.

Перед возвращением из них удаляют прирост  $\text{CO}_2$  и добавляют израсходованный  
425 кислород в требуемом количестве. В двигателе к газам добавляют топливо, формируя топливную смесь.

Таким образом состав сжигаемой далее в двигателе топливной смеси, представляет смесь  $\text{CO}_2$ , кислорода, частиц топлива и негорючих газов ( $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , Ar). В топливной смеси доля  $\text{CO}_2$  превышает долю кислорода, а доля кислорода  
430 превышает долю прочих негорючих газов, что после сгорания смеси максимально повышает в отходящих газах концентрацию  $\text{CO}_2$ , и, таким образом, сокращает затраты на очистку отходящих газов от той доли  $\text{CO}_2$  и прочих газов, которая получена в результате окисления углеводородного топлива.

При этом способе нет возрастания температуры сгорающей смеси до  
435 экстремальных значений для деталей тепловых машин, как при использовании в топливной смеси повышенной концентрации кислорода.

Предлагаемый способ позволяет максимально возможно увеличить содержание  $\text{CO}_2$  в отходящих газах поршневых двигателей внутреннего сгорания и в газовых турбинах, поскольку не повышает температуру рабочего процесса до  
440 неприемлемых величин.

Способ может применяться на тепловых электростанциях, судах, железнодорожном, автомобильном и авиационном транспорте, что сократит выбросы не только  $\text{CO}_2$ , но и другого парникового газа –  $\text{N}_2\text{O}$ , который опаснее  $\text{CO}_2$  в 300 раз.

445 Не все транспортные средства, реализующие предлагаемый способ, имеют возможность размещать агрегаты по сепарации воздуха на кислород и азот, чтобы подавать  $\text{O}_2$  в замкнутый поток  $\text{CO}_2$  (из камеры сгорания снова в камеру сгоранию). Поэтому для таких транспортных средств вместо установки по выделению кислорода из воздуха используют запас готового жидкого  $\text{O}_2$ ,  
450 хранимый в сосудах Дьюара.

Себестоимость одной тонны  $\text{O}_2$  при массовом производстве составляет 40-60 долларов, что экономически приемлемо, так как добавляет около 1 цента к стоимости 1 л израсходованного топлива. Отходящий газ (продукты сгорания), после очистки от паров воды, представляет собой технически чистый  $\text{CO}_2$ .

455 При наличии дополнительного запаса жидкого азота, а также воды, потребляемой для предварительного охлаждения отходящих газов (до



температуры около 35°C), диоксид углерода замораживается до жидкого состояния и помещается в накопитель транспортного средства, а жидкий кислород, переходит в газовую фазу и поступает в двигатель в составе топливной  
460 смеси. Азот и вода испаряются и выбрасываются в атмосферу.

На заправочных станциях транспортные средства сгружают накопленный жидкий CO<sub>2</sub> и заправляются водой и жидкими кислородом и азотом.

Твердый диоксид углерода (сухой лёд) может транспортироваться к месту  
465 долговременного депонирования или секвестрации в термостатических емкостях при атмосферном давлении, что сокращает материалоёмкость и стоимость тары. Перемещение твердой углекислоты из зоны низкого давления в зону высокого давления многократно проще закачки газообразного диоксида углерода в емкости с давлением, требуемая величина которого доходит до 70 бар.

Наиболее экономным способом транспортировки углекислого газа  
470 считаются трубопроводный и морской транспорт. Чтобы ввести в трубопровод, утилизируемый CO<sub>2</sub>, необходимо повысить его давление до 60-70 бар. За счет испарения кислорода, поступающего в двигатель из криогенного разделителя воздуха, а также за счет испарения части азота, углекислый газ сжижается в теплообменниках практически без повышения давления. Тогда с  
475 несущественными затратами он, как жидкость, впрыскивается в трубопровод или сосуд со сжатым CO<sub>2</sub>, где испаряется и обращается в газ с требуемым давлением.

Способ реализуется при помощи устройства, которое может применяться в виде модуля или группы модулей, подключаемых к действующим тепловым электростанциям, контейнеровозам и другим видам водного транспорта, к  
480 тепловозам железных дорог, автомобильным контейнеровозам, самолетам и дирижаблям. Модули к грузовым автомобилям включают в себя сосуды Дьюара для хранения криогенных запасов O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>, а также емкости с водой для предварительного охлаждения испарением воды продуктов сгорания.

Модули к железнодорожным тепловозам содержат устройства криогенного  
485 разделения воздуха, что упрощает решение задачи замораживания CO<sub>2</sub>. При этом тепловозы с модулями становятся мобильными пунктами раздачи криогенных кислорода и азота для центров заправки грузовых и легковых автомобилей.

Модули к большегрузному водному транспорту, например, к контейнеровозам и сухогрузам, имеют массогабаритные характеристики,

490 позволяющие накапливать CO<sub>2</sub> на длительное время в больших объемах. В  
отдельных портах устанавливаются терминалы для приема, накопленного CO<sub>2</sub> и его  
закачки в трубопроводы, транспортирующие CO<sub>2</sub> к местам захоронения. Сброс  
накопленного CO<sub>2</sub> целесообразно производить не только в портах погрузки и  
разгрузки, но и на маршрутах движения судов, благодаря специализированным  
495 судам.

В устройство входит генератор кислорода из атмосферного воздуха,  
например, криогенный, в виде турбодетандера, испаритель жидких кислорода и  
азота с теплообменником для обращения углекислого газа в жидкость или лед,  
испаритель воды с теплообменником для охлаждения до комнатной температуры  
500 отходящих газов и сепарации паров воды, накопитель криогенного CO<sub>2</sub>,  
устройство хранения топлива, трубопроводная система рециркуляции CO<sub>2</sub>, для  
варианта с относительно легким транспортом – накопители O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и воды.

Формула реакции:



505 После очистки отходящих газов от воды и изъятия единицы CO<sub>2</sub> остаток –  
7CO<sub>2</sub>, как в начале цикла.

Тяжелые углеводороды в виде газа или пара используются в качестве  
заменителя азота в газо-топливной смеси. В поршневых ДВС смесь состоит из  
тяжелых углеводородов на 80% и больше, с соответствующей долей кислорода  
510 20% и меньше. В газовых турбинах в жаровых трубах используется соотношение  
углеводородов и кислорода как 80 к 20, а на выходе из жаровых труб на пути к  
лопаткам турбины отходящий газ разбавляется порцией углеводородов, которая в  
3-4 раза больше чем первоначальная порция газо-топливной смеси.

Отходящий после турбины газ охлаждается до температуры ниже 100°C и  
515 больше 0°C, очищается от воды, сжимается при постоянной температуре до  
температуры образования жидкой фракции большей части углеводородов и  
сепарируется на жидкую фракцию тяжелых углеводородов и на газообразный CO<sub>2</sub>  
в смеси с газообразной частью углеводородов.

Смесь газов из CO<sub>2</sub> и углеводородов, подвергается дальнейшему сжатию и  
520 охлаждению, до образования жидкой фазы CO<sub>2</sub> и газообразных остатков  
продуктов разложения тяжелых углеводородов на легкие углеводороды. Жидкий  
CO<sub>2</sub> отправляется в накопитель, а тяжелые углеводороды, после очистки от

твердых фракций, вместе с газообразными продуктами разложения тяжелых углеводов, используют для образования новой газо-топливной смеси. Цикл  
525 повторяется.

Цель предлагаемого способа – остановить карбонизацию атмосферы путем улавливания выбросов от сжигания ископаемого топлива. В этом случае способ не влияет на снижение уровня, ранее накопленного техногенного углекислого газа. Вместе с тем, предлагаемый способ является также способом удаления  
530 углекислого газа из атмосферы, когда вместо ископаемого топлива сжигается биотопливо, полученное из возобновляемых биоресурсов. В этом случае техногенный углерод выводится из атмосферы и достигается главная цель декарбонизации природы.

При использовании биотоплива в предлагаемом способе реализуется  
535 концепция вывода CO<sub>2</sub> из атмосферы, известная как BECCS.

Идея BECCS заключается в улавливании углерода растениями; сжигании растений для получения энергии; улавливании углерода в дымовой трубе; и захоронении углерода под землей. The idea behind BECCS is to capture carbon with trees; burn trees for energy; capture carbon at the smokestack; and bury carbon  
540 underground. URL: <http://carbon.ycombinator.com/>.

Лучший вариант реализации представляет собой устройство для концентрирования углекислого газа в дымовых газах от тепловых машин поршневого типа на тепловых электростанциях, морском и железнодорожном транспорте, которые, как общеизвестно, работают по термодинамическим циклам  
545 Отто, Дизеля, Тринклера, Аткинсона или Миллера.

Устройство содержит камеру сгорания, трубопроводную систему рециркуляции CO<sub>2</sub> (ответвление от канала транспортирования CO<sub>2</sub>), из камеры сгорания в камеру сгорания в качестве газа заменяющего азот, накопитель газа – циркулирующего (оборотного) CO<sub>2</sub>, систему подачи кислорода в камеру сгорания,  
550 систему подачи топлива в камеру сгорания, модули в виде криогенного генератора кислорода из атмосферного воздуха в виде турбодетандера, испаритель жидких кислорода и азота с теплообменником для обращения прироста углекислого газа в жидкость или лед, накопитель замороженного CO<sub>2</sub>, испаритель воды с теплообменником для охлаждения до комнатной температуры отходящих газов и

555 сепарации паров воды, устройство хранения топлива, вентили регулирования подачи  $\text{CO}_2$ , в канале транспортирования и в канале ответвления.

Устройство комплектуется посредством соединения действующего агрегата с камерой сгорания и выше указанных модулей – присоединением к впускной и выпускной системам. К примеру, действующая тепловая электростанция с поршневым двигателем внутреннего сгорания, потребляющей природный газ, 560 оснащается модулями подачи в камеру сгорания газо-топливной смеси, содержащей углекислый газ, замещающий азот, и модулями сепарации  $\text{CO}_2$  от дымовых газов турбины.

При электрической мощности 55 МВт, тепловая мощность такой электростанции составляет 100 МВт, при к.п.д около 55%, что, к примеру, 565 обеспечивается установками компании Wärtsilä. Средняя удельная теплота сгорания природного газа – 45,2 МДж/кг, что дает расход топлива округленно равный 2,2 кг/с. Соответственно, максимальный расход кислорода, с учетом избытка, не превышает 8,8 кг/с. При производстве кислорода объемом более 1000 570  $\text{м}^3/\text{ч}$  (1429 кг/ч) выгодно использовать криогенные разделители воздуха. В больших разделителях воздуха расход электроэнергии составляет 0,3 кВт·ч/ $\text{м}^3$  кислорода или 0,21 кВт·ч/кг. При расходе в 8,8 кг/с затраты энергии равны 1,847 кВт·ч или 6,65 Мдж/с, что дает 12% мощности электрогенератора станции. Вместе с тем, при реализации способа на станции, использующей схему тригенерации, 575 холод, производимый теплом отходящих газов, без значительного уменьшения КПД, может использоваться для конденсирования  $\text{CO}_2$ , в жидкость или лёд.

Устройство работает без использования сверхвысоких температур и давлений. В качестве рециркулируемого рабочего тела вместо сверхкритического флюида  $\text{CO}_2$  (четвёртое агрегатное состояние вещества) применяется рабочее тело 580 в газообразном состоянии.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ концентрирования углекислого газа, заключающийся в том, что сжигают углеводородное топливо в камере сгорания, подавая кислород с примесью азота и рециркулируемое рабочее тело, а из продуктов сгорания выделяют и удаляют, образовавшиеся водяной пар и углекислый газ, отличающийся тем, что обедняют азот и одновременно азот замещают добавлением рециркулируемого рабочего тела, смешиваемое с кислородом до камеры сгорания и имеющее газообразное состояние, которое, или по отдельности, или в виде смеси газов, представляет собой – углекислый газ, водяной пар, углеводороды или производные углеводородов или иные вещества, имеющие температуру конденсации равную или выше температуры конденсации углекислого газа: при подаче углекислого газа удаляют воду и прирост углекислого газа от сгоревшего топлива, и остаток углекислого газа возвращают в подаваемую смесь газов; при подаче водяного пара из продуктов сгорания и паровой конверсии топлива, например, водорода, удаляют воду и прирост углекислого газа, и затем воду в виде пара возвращают в подаваемую смесь газов, с компенсацией убытия воды в результате конверсии топлива, таким образом, что количество циркулирующей воды поддерживают постоянным; при подаче углеводородов, например, алканов, алкенов, алкинов, алкадиенов, циклоалканов, из продуктов сгорания топлива и гидратации, гидрирования и пиролиза, таких, например, как этилен и пропилен, удаляют воду и прирост углекислого газа, и остаток углеводородов возвращают в подаваемую смесь газов, вместе с новой порцией топлива, таким образом, что количество циркулирующих углеводородов и/или их производных поддерживают необходимым для работы камеры сгорания; при подаче производных углеводородов, например, спиртов, таких как этанол и метанол, из продуктов сгорания топлива и дегидратации, дегидрирования, пиролиза, таких, например, как этилен и 1,3-бутадиен, удаляют воду и прирост углекислого газа, и остаток производных углеводородов возвращают в подаваемую смесь газов вместе с новой порцией топлива, таким образом, что количество циркулирующих углеводородов и/или их производных поддерживают необходимым для работы камеры сгорания.

2. Устройство для концентрирования углекислого газа, содержащее систему подачи топлива, камеру сгорания, систему подачи кислорода в камеру сгорания и систему изъятия азота в депо для складирования, разделитель продуктов сгорания и депо для их складирования с каналами транспортирования, накопитель газа, заменяющий азот и систему его подачи в камеру сгорания, канал транспортирования в виде ответвление в камеру сгорания, отличающееся тем, что на входе камеры сгорания установлен смеситель кислорода с рециркулируемым рабочим телом и оба устройства размещены в поршневом двигателе, или газотурбинном двигателе парогазовой установки, или в печных агрегатах.

3. Устройство для концентрирования углекислого газа по п.2, отличающееся тем, что оно снабжено вентилем регулирования подачи в канале транспортирования.

4. Устройство для концентрирования углекислого газа по п.3, отличающееся тем, что оно снабжено вентилем регулирования подачи в канале ответвления.

**ИЗМЕНЁННАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**  
**получена Международным бюро 07 февраля 2023 (07.02.2023)**

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Способ концентрирования углекислого газа, заключающийся в том, что в камеру сгорания подают газо-топливную смесь, из которой перед подачей удаляют большую часть азота и заменяют его другим газом, сжигают смесь в камере сгорания, получая в результате газовую смесь с высокой концентрацией углекислого газа с примесями, из которых отделяют водяной пар и углекислый газ, отличающийся тем, что в подаваемой смеси газ, заменяющий азот, представляет собой – водяной пар, углеводороды или производные углеводородов или иные вещества, имеющие температуру конденсации выше температуры конденсации углекислого газа, или по отдельности, или в виде смеси, или в смеси с углекислым газом: при подаче водяного пара из продуктов сгорания и паровой конверсии топлива, например, водорода, удаляют воду и прирост углекислого газа, и затем воду в виде пара возвращают в подаваемую смесь газов, с компенсацией убытия воды в результате конверсии топлива, таким образом, что количество циркулирующей воды поддерживают постоянным; при подаче углеводородов, например, алканов, алкенов, алкинов, алкадиенов, циклоалканов, из продуктов сгорания топлива и гидратации, гидрирования и пиролиза, таких, например, как этилен и пропилен, удаляют воду и прирост углекислого газа, и остаток углеводородов возвращают в подаваемую смесь газов, вместе с новой порцией топлива, таким образом, что количество циркулирующих углеводородов и/или их производных поддерживают необходимым для работы камеры сгорания; при подаче производных углеводородов, например, спиртов, таких как этанол и метанол, из продуктов сгорания топлива и дегидратации, дегидрирования, пиролиза, таких, например, как этилен и 1,3-бутадиен, удаляют воду и прирост углекислого газа, и остаток производных углеводородов возвращают в подаваемую смесь газов вместе с новой порцией топлива, таким образом, что количество циркулирующих углеводородов и/или их производных поддерживают необходимым для работы камеры сгорания; при подаче смеси с углекислым газом удаляют воду и прирост углекислого газа от сгоревшего топлива, и остаток смеси с углекислым газом возвращают в подаваемую смесь газов с компенсацией убытия смеси с углекислым газом в результате конверсии топлива, таким образом, что количество циркулирующей смеси поддерживают постоянным.

2. Устройство для концентрирования углекислого газа, содержащее систему подачи топлива, камеру сгорания, разделитель воздуха на кислород и азот, систему

580 подачи кислорода в камеру сгорания и систему изъятия азота в депо для  
складирования, разделитель продуктов сгорания и депо для их складирования с  
каналами транспортирования, отличающееся тем, что оно снабжено накопителем  
газа, заменяющего азот и системой его подачи в камеру сгорания, а от канала  
транспортирования выполнено ответвление в камеру сгорания.

585 3. Устройство для концентрирования углекислого газа по п.2, отличающееся  
тем, что оно снабжено регулятором величины подачи в канале транспортирования.

4. Устройство для концентрирования углекислого газа по п.3, отличающееся  
тем, что оно снабжено регулятором величины подачи в канале ответвления.



**ОБЪЯСНЕНИЕ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАТЬЕЙ 19 (1)**

Корректировка материалов заявки связана с тем, что нами был выявлен новый аналог с наиболее близким к заявляемому перечнем признаков.

У этого аналога совпало большее количество признаков, чем у других, и он был принят нами за прототип.

Изменение прототипа потребовало корректировки формулы изобретения, описания, реферата и Fig.1.

Содержательная часть заявки не изменена, новые признаки не добавлены.

В качестве газа, замещающего азот, в новом прототипе вместо сверхкритического флюида диоксида углерода использован газообразный диоксид углерода, которым замещают изъятый из воздуха азот, но отсутствуют остальные признаки, в том числе смеси диоксида с водой, спиртами и углеводородами и их смесей с углекислым газом.

В качестве старого прототипа использовались способ и устройство известные как цикл Аллама (см. R. J. Allam, Rodney John (Chippenham, GB), Brown, Jr.; Glenn William (Durham, NC), Palmer; Miles R. (Chapel Hill, NC), "System and Method for High Efficiency Power Generation Using a Carbon Dioxide Circulating Working Fluid". USA Patent 8,959,887 B2, 24 February 2015).

В качестве нового прототипа приняты способ кислородного сжигания топлива и устройство для его реализации, которые описаны в диссертационной работе (см. Халид Хамед Эльшейх Эльхаг. Снижение вредных выбросов, включая парниковые газы, при кислородном сжигании твердого топлива в циркулирующем кипящем слое. 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва. 2020).

В заявляемых нами способе и устройстве в камеру сгорания подают газотопливную смесь, из которой перед подачей удаляют большую часть азота и заменяют его другим газом: водяным паром, углеводородами или производными углеводородов или иными веществами, имеющими температуру конденсации выше температуры конденсации углекислого газа, или по отдельности, или в виде смеси, или в смеси с углекислым газом, сжигают смесь в камере сгорания, получая в результате газовую смесь с высокой концентрацией углекислого газа с примесями, из которых отделяют водяной пар и углекислый газ.

В формулу устройства для концентрирования углекислого газа введён признак прототипа: «...разделитель воздуха на кислород и азот...».

Удалены отличительные признаки, несущественные по мнению заявителей, утверждающие наличие на входе камеры сгорания смесителя кислорода с рециркулируемым рабочим телом и их размещение в поршневом двигателе, или газотурбинном двигателе парогазовой установки, или в печных агрегатах.

Введены, взятые из описания, другие, более существенные по мнению заявителей, признаки в виде системы подачи в камеру сгорания газа, замещающего азот и накопителя этого газа, а также наличие ответвления от канала транспортирования в камеру сгорания. Уточнены термины для деталей, которые обеспечивают регулирование величины подачи в каналах транспортирования и ответвления.

DIOX-22MAO

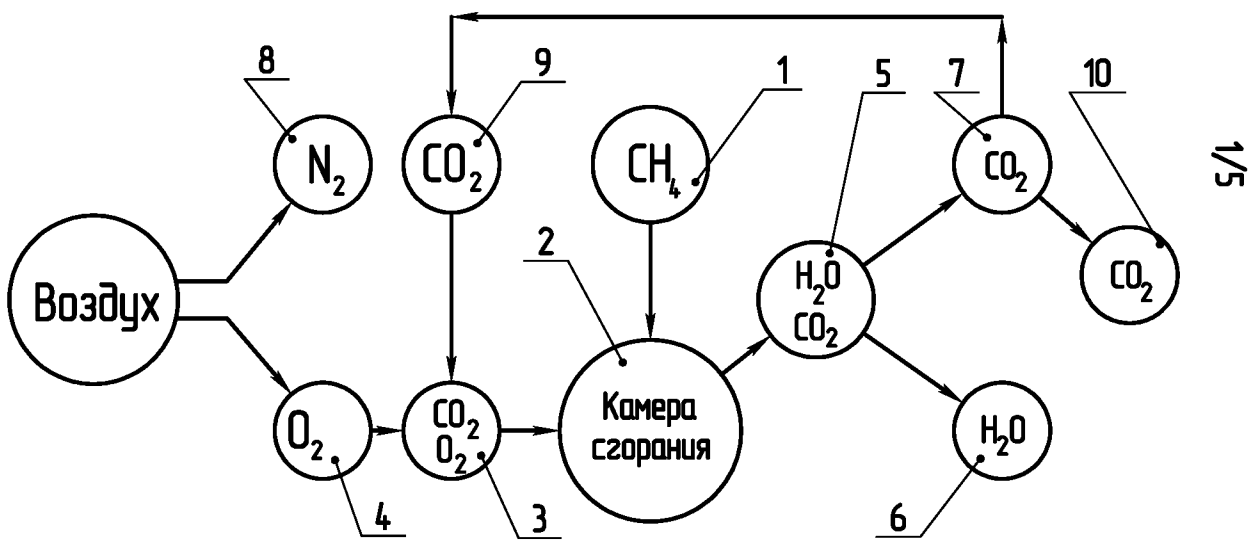
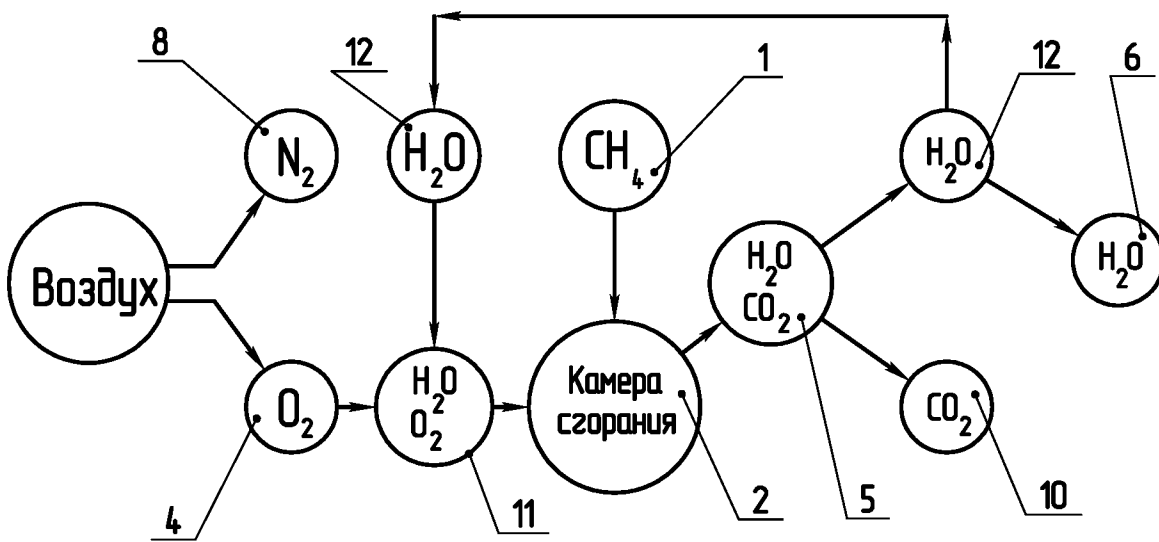


Fig.1

1/5

DIOX-22MA0



2/5

Fig.2

DIOX-22MAO

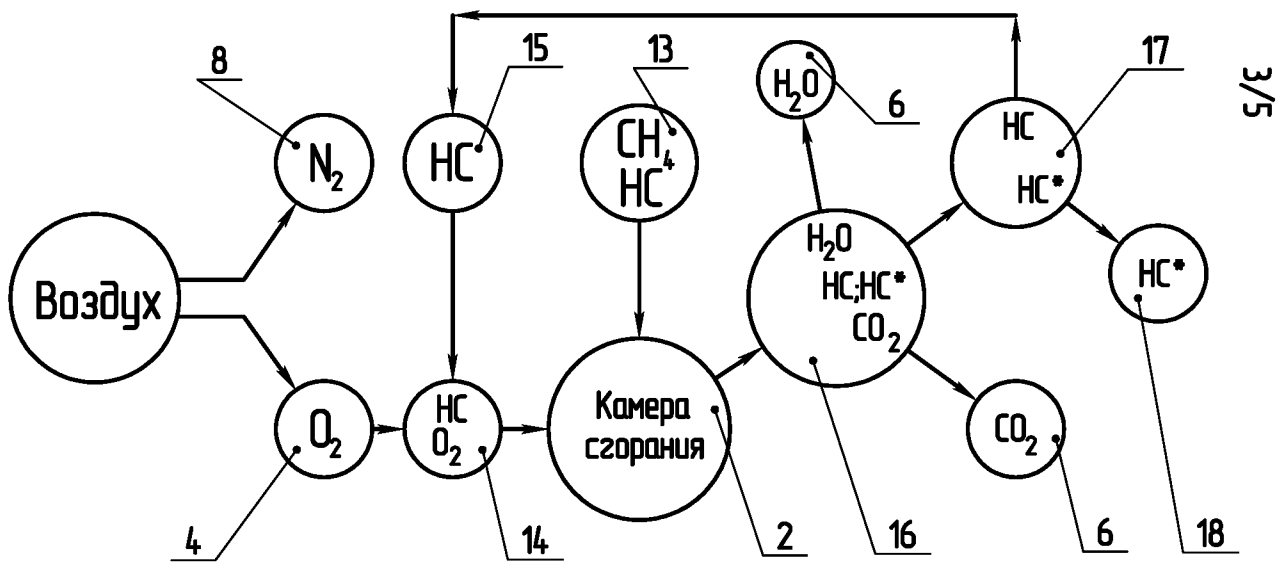
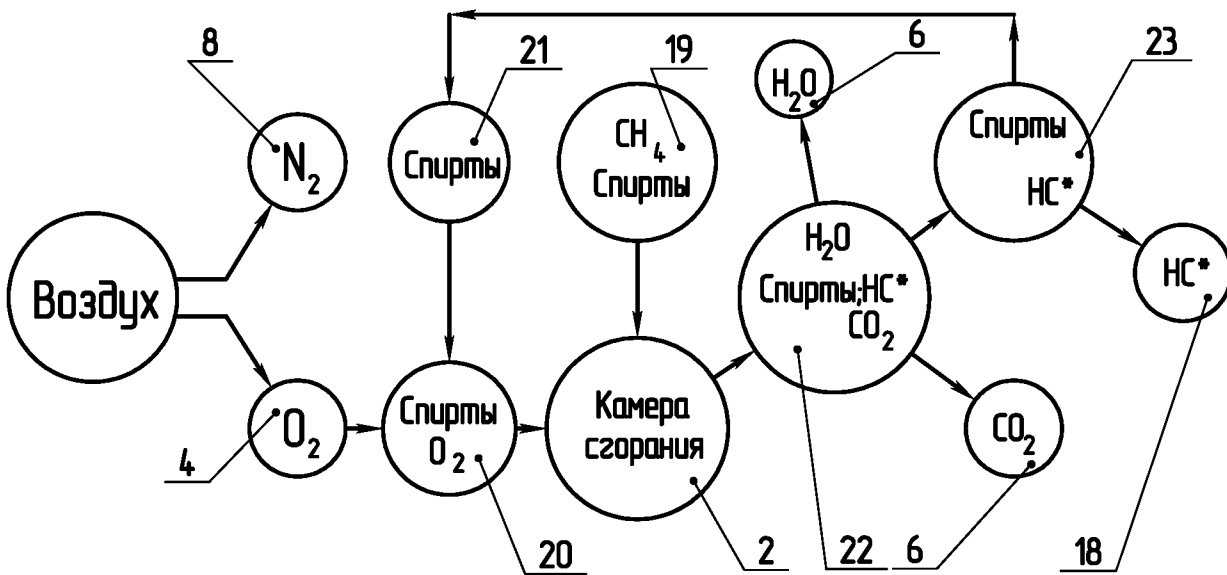


Fig.3

3/5

DIOX-22MA0



4/5

Fig.4

DIOX-22MAO

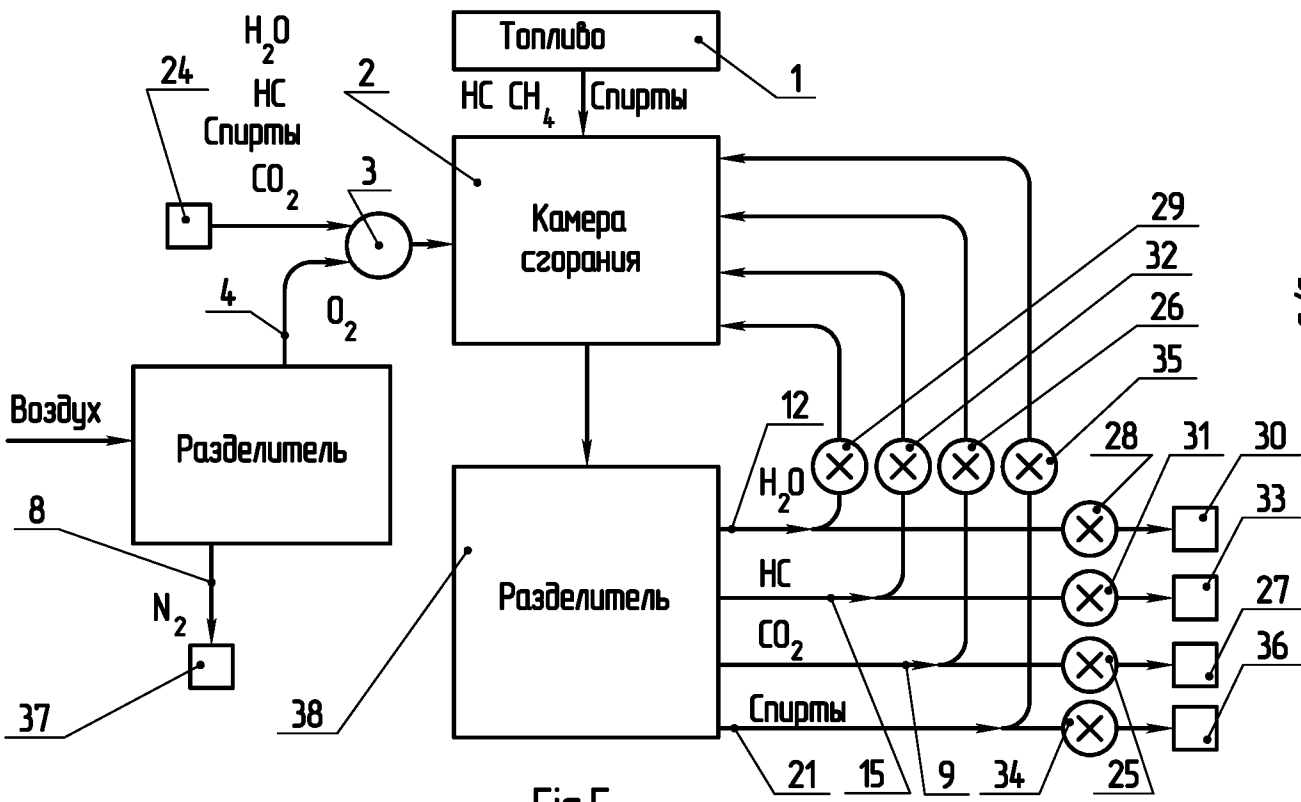


Fig.5

5/5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2022/050273

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
F25J 3/00 (2006.01); F02 M 25/00 (2006.01); F02M 26/00 (2016.01)

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)

B01D 53/00, 53/04, 53/50, 53/56, 53/60, 53/64, 53/34, 53/78, H01M 8/04, 8/06, F25J 3/00, F02M 25/00, 26/00, F23J 15/00, C01B 32/50, 32/55

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	SU 1733376 A1 (BASHKIRSKOE SPETSIALNOE KONSTRUKTORSKO- TEKHNOLOGICHESKOE BJURO NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOGO OBEDINENIYA GROZNEFTEKHIM ") 15.05.1992, col. 3, lines 38-52, 55-col. 6, line 37, the claims	1-4
D, A	RU 2689620 C1 (MITSUBISI KHEVI INDASTRIZ ENDZHINIRING, LTD.) 28.05.2019, page 5, lines 27-53, page 6, lines 5-21, the claims	1-4
A	RU 2280925 C2 (KVESTAIR TEKNOLODZHIZ INK.) 27.07.2006, page 5, lines 19-44, page 17, lines 5-29, page 19, line 21-page 22, line 30, the claims, figures 9, 13, 15-20	1-4
A	RU 2561077 C2 (OBSCHESTVO S OGRANICHENNOI OTVETSTVENNOSTJU "VTR") 20.08.2015	1-4
A	EA 005827 B1 (INVAIORSKRAB TEKNOLODZHIS KORPOREISHN) 30.06.2005	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

"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

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

"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

"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)

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
29 November 2022 (29.11.2022)

Date of mailing of the international search report  
08 December 2022 (08.12.2022)

Name and mailing address of the ISA/  
RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2022/050273

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
D, A	RU 2676642 C1 (OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOI OTVETSTVENNOSTJU GAZPROM TRANSGAZ KRASNODAR") 09.01.2019	1-4
A	US 5527517 A (PHILIP MORRIS INCORPORATED et al.) 18.06.1996	1-4
D, A	Ulavlivanie i khranenie dvoukisi ugleroda. Rezjume dlya lits, opredelyajushchikh politiku i Tekhnicheskoe rezjume. Mezhpriavitelstvennaya gruppa ekspertov po izmeneniju klimata (MGEIK), redaktory METS Bert et al. , 2005, 66 p. ISBN 92-9169-419-3 [on-line]. Found in < <a href="https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_spm_ts_ru-l.pdf">https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_spm_ts_ru-l.pdf</a> >	1-4



**ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ**

Номер международной заявки

PCT/RU 2022/050273

<p><b>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ</b></p> <p><i>F25J 3/00</i> (2006.01)  <i>F02M 25/00</i> (2006.01)  <i>F02M 26/00</i> (2016.01)</p> <p>Согласно Международной патентной классификации МПК</p>																			
<p><b>B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА</b></p> <p>Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)</p> <p>B01D 53/00, 53/04, 53/50, 53/56, 53/60, 53/64, 53/34, 53/78, H01M 8/04, 8/06, F25J 3/00, F02M 25/00, 26/00, F23J 15/00, C01B 32/50, 32/55</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>PatSearch (RUPTO Internal), USPTO, PAJ, Espacenet, Information Retrieval System of FIPS</p>																			
<p><b>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</b></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>SU 1733376 A1 (БАШКИРСКОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ "ГРОЗНЕФТЕХИМ") 15.05.1992, колонка 3, строки 38-52, 55-колонка 6, строка 37, формула</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>D, A</td> <td>RU 2689620 C1 (МИЦУБИСИ ХЕВИ ИНДАСТРИЗ ЭНДЖИНИРИНГ, ЛТД.) 28.05.2019, страница 5, строки 27-53, страница 6, строки 5-21, формула</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 2280925 C2 (КВЕСТЭЙР ТЕКНОЛОДЖИС ИНК.) 27.07.2006, страница 5, строки 19-44, страница 17, строки 5-29, страница 19, строка 21—страница 22, строка 30, формула, фигуры 9, 13, 15-20</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 2561077 C2 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ВТР") 20.08.2015</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EA 005827 B1 (ИНВАЙОРСКРАБ ТЕКНОЛОДЖИС КОРПОРЭЙШН) 30.06.2005</td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </table>		Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	A	SU 1733376 A1 (БАШКИРСКОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ "ГРОЗНЕФТЕХИМ") 15.05.1992, колонка 3, строки 38-52, 55-колонка 6, строка 37, формула	1-4	D, A	RU 2689620 C1 (МИЦУБИСИ ХЕВИ ИНДАСТРИЗ ЭНДЖИНИРИНГ, ЛТД.) 28.05.2019, страница 5, строки 27-53, страница 6, строки 5-21, формула	1-4	A	RU 2280925 C2 (КВЕСТЭЙР ТЕКНОЛОДЖИС ИНК.) 27.07.2006, страница 5, строки 19-44, страница 17, строки 5-29, страница 19, строка 21—страница 22, строка 30, формула, фигуры 9, 13, 15-20	1-4	A	RU 2561077 C2 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ВТР") 20.08.2015	1-4	A	EA 005827 B1 (ИНВАЙОРСКРАБ ТЕКНОЛОДЖИС КОРПОРЭЙШН) 30.06.2005	1-4
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №																	
A	SU 1733376 A1 (БАШКИРСКОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ "ГРОЗНЕФТЕХИМ") 15.05.1992, колонка 3, строки 38-52, 55-колонка 6, строка 37, формула	1-4																	
D, A	RU 2689620 C1 (МИЦУБИСИ ХЕВИ ИНДАСТРИЗ ЭНДЖИНИРИНГ, ЛТД.) 28.05.2019, страница 5, строки 27-53, страница 6, строки 5-21, формула	1-4																	
A	RU 2280925 C2 (КВЕСТЭЙР ТЕКНОЛОДЖИС ИНК.) 27.07.2006, страница 5, строки 19-44, страница 17, строки 5-29, страница 19, строка 21—страница 22, строка 30, формула, фигуры 9, 13, 15-20	1-4																	
A	RU 2561077 C2 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ВТР") 20.08.2015	1-4																	
A	EA 005827 B1 (ИНВАЙОРСКРАБ ТЕКНОЛОДЖИС КОРПОРЭЙШН) 30.06.2005	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>																			
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>* Особые категории ссылочных документов:</p> <p>“A” 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> </td> <td style="vertical-align: top;"> <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, взятый 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>“&amp;” документ, являющийся патентом-аналогом</p> </td> </tr> </table>		<p>* Особые категории ссылочных документов:</p> <p>“A” 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, взятый 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>“&amp;” документ, являющийся патентом-аналогом</p>																
<p>* Особые категории ссылочных документов:</p> <p>“A” 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, взятый 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>“&amp;” документ, являющийся патентом-аналогом</p>																		
<p>Дата действительного завершения международного поиска</p> <p>29 ноября 2022 (29.11.2022)</p>	<p>Дата отправки настоящего отчета о международном поиске</p> <p>08 декабря 2022 (08.12.2022)</p>																		
<p>Наименование и адрес ISA/RU:                  Федеральный институт промышленной собственности,                  Бережковская наб., д. 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993,                  Российская Федерация                  тел. +7(499)240-60-15, факс +7(495)531-63-18</p>	<p>Уполномоченное лицо:                  Бамбура М.                  Телефон № 8(495)531-65-15</p>																		

## ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2022/050273

## С. (Продолжение). ДОКУМЕНТЫ СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕВАЛЕНТНЫМИ

Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
D, A	RU 2676642 C1 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ КРАСНОДАР") 09.01.2019	1-4
A	US 5527517 A (PHILIP MORRIS INCORPORATED et al.) 18.06.1996	1-4
D, A	Улавливание и хранение двуокиси углерода. Резюме для лиц, определяющих политику и Техническое резюме. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), редакторы МЕТЦ Берт и др. , 2005, 66 стр. ISBN 92-9169-419-3 [он-лайн]. Найдено в < <a href="https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_spm_ts_ru-1.pdf">https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_spm_ts_ru-1.pdf</a> >	1-4