

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **029423**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2018.03.30**

**(51)** Int. Cl. **F25B 11/00** (2006.01)

**(21)** Номер заявки  
**201500898**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2015.08.04**

---

**(54) УСТАНОВКА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ  
ГАЗООБРАЗНОГО РАБОЧЕГО ТЕЛА**

---

**(43)** 2017.02.28

**(96)** 2015/EA/0110 (BY) 2015.08.04

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**РЕСПУБЛИКАНСКОЕ  
ИННОВАЦИОННОЕ УНИТАРНОЕ  
ПРЕДПРИЯТИЕ "НАУЧНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК  
БНТУ "ПОЛИТЕХНИК";  
КОММУНАЛЬНОЕ УНИТАРНОЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ПРЕДПРИЯТИЕ ПО  
ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТУ  
КОММУНАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ  
СЕТЕЙ И КОТЕЛЬНЫХ**

**"МИНСККОММУНТЕПЛОСЕТЬ" (BY);  
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
"ТУРБОЭНЕРДЖИ" (RU)**

**(72)** Изобретатель:  
**Левков Кирилл Леонидович, Левков  
Леонид Федорович (BY)**

**(74)** Представитель:  
**Самцов В.П. (BY)**

**(56)** BY-C1-10032  
UA-U-6150  
RU-C2-2386818  
US-A-5425230

**(57)** Изобретение предназначено для использования энергии перепада давления газообразного рабочего тела (РТ) на газорегуляторных пунктах. Технический результат: повышение КПД и расширение видов низко потенциальных энергоресурсов для получения электрической энергии. Установка (1) включает расширительную турбомашину (2) с внутренним корпусом (3), патрубки подвода (5) и отвода (6) теплоносителя, наружный кожух (4) с рабочим колесом (РК) (8) с лопатками (9), патрубки с блоком сопел (12) для подачи газообразного рабочего тела к РК, патрубки (11) отвода РТ, теплообменник (14) между внутренним корпусом (3) и кожухом (4), устройство (10) отбора энергии. Наружный кожух (4) выполнен в виде разъемной сферы с одним осевым рабочим колесом (8) с симметричными рабочими лопатками (9) и включает от 3-х до 30-и ступеней снижения давления потока РТ. Внутренний корпус (3) выполнен в форме полой герметичной сферы. Спиральные газовые каналы (15) собраны в блок в виде рядов (16) с образованием двух сомкнутых полусфер (17) и размещены во внутреннем сферическом корпусе (3). Устройство (10) отбора энергии смонтировано во внутреннем корпусе (3) или вне наружного кожуха и связано с валом (7) рабочего колеса (8).

**B1**

**029423**

**029423**

**B1**

Изобретение относится к области энергетики и предназначено для использования энергии перепада давления газообразного рабочего тела на газорегуляторных пунктах, в частности природного газа, для выработки механической, электрической и тепловой энергии.

Известны различные типы утилизационных установок для газорегуляторных пунктов (ГРП), содержащие турбину и приводной электрогенератор [1, 2]. Турбины и генератор в этих установках выполнены в виде отдельных агрегатов, валы которых соединены муфтой. Такое конструктивное решение требует, чтобы каждый агрегат имел свой корпус, отдельные подшипниковые узлы и узлы уплотнений.

Недостатком этих установок является высокая трудоемкость изготовления и низкая эксплуатационная надежность.

В патенте [3] описана утилизационная турбодетандерная установка для преобразования избыточной энергии газа за счет использования перепада давления. Установка включает генератор, в корпусе которого на подшипниковых опорах смонтирован статор и ротор, турбина с рабочим колесом и сопловым аппаратом, размещенным в диафрагме. Корпус генератора выполнен из газопроводной трубы, закрытой с торцов днищем и крышкой и разделенной перегородками на замкнутые полости. В генераторной полости размещены статор и ротор генератора, установленный в перегородках корпуса на подшипниковых опорах качения с консистентной смазкой. Полости подвода и отвода газа к турбине снабжены патрубками и соединены между собой пропущенными через генераторную полость трубами с образованием в генераторной полости трубчатого кольцевого теплообменника. В полости подвода газа размещена низконапорная турбина, рабочее колесо которой установлено консольно на роторе генератора. Патрубок для выхода газа из турбины соединен с трубами теплообменника дополнительной полостью, образованной перегородкой в корпусе с диафрагмой соплового аппарата турбины. Полость отвода газа соединена в верхней и нижней частях с генераторной полостью отверстиями в перегородке между генераторной полостью и полостью отвода газа.

Недостатком установки является низкая эффективность теплообмена газообразного рабочего тела в трубчатом кольцевом теплообменнике, что снижает КПД установки в целом.

Известен объединенный в одной машине высокоскоростной турбогенератор с расширительной турбиной функционально связанный с электрическим генератором [4]. Турбина содержит внешнее радиальное колесо, смонтированное на валу генератора, вращающееся при подаче газа под высоким давлением в турбодетандер с понижением давления и падения скорости потока до заданного минимального значения. Устройство выполнено компактным, что позволяет разместить его внутри трубопровода с пониженным давлением газа на газораспределительной станции.

Недостатком устройство является не эффективное использование энергии рабочего тела из-за однократного отбора мощности газового потока, проходящего через радиальное рабочее колесо турбины.

В качестве прототипа выбран агрегат для использования энергии перепада давления газообразного рабочего тела [5]. Агрегат содержит расширительную турбомашину, включающую кожух с расположенным в нем рабочим колесом с лопатками, установленным на валу, связанном с валом потребителя, например электрогенератором. Патрубки подвода газообразного рабочего тела, снабжены блоками сопел, подводящими газообразное рабочее тело к лопаткам рабочего колеса и патрубками отвода газообразного рабочего тела. Расширительная турбомашина заключена в корпус, который снабжен патрубками подвода и отвода теплоносителя. Между корпусом и кожухом расположены в виде, по меньшей мере, двух спиральных каналов, образующие теплообменник, каждая полвитка которых расположены по обеим сторонам рабочего колеса. Один конец указанных каналов снабжен блоком сопел, а сами каналы могут быть выполнены в виде рядов спиралей. Потребитель может быть расположен внутри корпуса агрегата. Агрегат может быть дополнительно снабжен средством регулирования расхода газообразного рабочего тела.

Недостатком прототипа является низкая эффективность агрегата при утилизации энергии потоков природного газа с малыми расходами от 500 м<sup>3</sup>/ч и перепадами давлений от 0,2 МПа, а также загрязнение среды отходами тепловой энергии с температурой от 15°С используемые для подогрева рабочего тела.

Задачей изобретения является устранение указанных недостатков, а также преобразование других видов вторичных энергоресурсов в электроэнергию, которая может быть использована на собственные нужды потребителя или передана в общую энергосистему.

Техническим результатом изобретения является повышение КПД установки с расширительной турбомашинной для утилизации потоков природного газа с малыми расходами и низким перепадом давления, а также расширение видов низко потенциальных побочных энергоресурсов для получения электрической энергии.

Технический результат достигается тем, что в установке для утилизации энергии избыточного давления газообразного рабочего тела, включающей расширительную турбомашину, содержащую внутренний корпус с патрубками подвода и отвода теплоносителя, который установлен в наружном кожухе с расположенным в нем рабочим колесом с лопатками, смонтированными на валу, связанном с устройством для отбора энергии, патрубки с блоком сопел для подачи газообразного рабочего тела к лопаткам рабочего колеса, патрубки отвода газообразного рабочего тела, теплообменник, расположенный между внутренним корпусом и кожухом, в виде спиральных газовых каналов с блоками сопел, согласно изобретению наружный кожух выполнен в виде разъемной сферы и содержит одно осевое рабочее колесо с

симметричными рабочими лопатками активного типа и включает от 3-х до 30-и ступеней снижения давления потока газообразного рабочего тела посредством блока сопел и конфузорных решеток, которые смонтированы с обеих сторон рабочего колеса, а внутренний корпус выполнен в форме полой герметичной сферы, при этом спиральные газовые каналы собраны в блок в виде рядов с образованием двух сомкнутых полусфер, в полости которых размещен указанный внутренний сферический корпус, а устройство для отбора энергии смонтировано на валу рабочего колеса во внутреннем герметичном корпусе, либо установлено вне наружного кожуха и кинематически связано с валом рабочего колеса.

Блок сопел газовых каналов и конфузорных решеток функционально и кинематически связан с соответствующими ступенями лопаток рабочего колеса для снижения давления потока газообразного рабочего тела с обеспечением его посекторной двусторонней подачи.

Блок спиральных газовых каналов выполнен в форме сферической спирали, а каналы размещены рядами из изогнутых труб с образованием между ними межтрубного пространства теплообменника.

Устройство для отбора энергии содержит по меньшей мере один электрогенератор и снабжено средством герметизации для вывода электрических кабелей из внутреннего сферического герметичного корпуса.

Устройство для отбора энергии выполнено в виде свободного выходного конца вала рабочего колеса турбомашин с возможностью передачи вращающего момента на внешний рабочий агрегат и снабжено средством герметизации.

Сущность изобретения поясняется чертежами на фиг. 1-4.

На фиг. 1 представлена принципиальная схема установки.

На фиг. 2 - схематичный вид установки в разрезе.

На фиг. 3 - общий вид установки.

На фиг. 4 - развертка блока спиральных газовых каналов со схемой движения рабочего тела.

Установка 1 содержит расширительную турбомашину 2, включающую внутренний корпус 3 в форме полой герметичной сферы, смонтированный в наружном кожухе 4 в виде разъемной сферы, патрубки подвода 5 и отвода 6 теплоносителя, вал 7 с рабочим колесом 8 и симметричными рабочими лопатками 9 активного типа и содержащем от 3-х до 30-и ступеней снижения давления потока газообразного рабочего тела, устройство 10 для отбора энергии, патрубки 11 с блоком сопел 12 и конфузорными решетками 13 для подачи газообразного рабочего тела к лопаткам 9 рабочего колеса 8, теплообменник 14 в виде блока спиральных газовых 15 каналов в виде рядов 16 с образованием двух сомкнутых полусфер 17, расположенный между внутренним корпусом 3 и кожухом 4.

Изобретение реализуют следующим образом.

Производят сборку установки 1 и монтаж ее на газораспределительном пункте (ГРП) (на чертеже не показано), при этом патрубки подвода 5 и отвода 6 теплоносителя подсоединяют к соответствующим коммуникациям, а патрубки 11 с блоком сопел 12 и конфузорными решетками 13 к системному газопроводу ГРП. Конструктивное размещение рабочего колеса 8 с рабочими лопатками 9 в разъемном наружном кожухе 4 обеспечивает подвод газообразного рабочего тела (газа) попеременно с двух сторон колеса 2 через конфузорные сопловые решетки 13, при этом газовый поток 18 поступает в установку 1 через патрубки 11 и проходит через блок сопел 12 первой ступени и лопатки 9 колеса 8 и далее поступает в соответствующие газовые каналы (на чертеже не показано) к соплам второй ступени с противоположной стороны колеса 9 и затем цикл движения газообразного рабочего тела в пространстве между внутренним корпусом 3 и кожухом 4 повторяется, обеспечивая постоянное воздействие на симметричные рабочие лопатки 9 активного типа рабочего колеса 8. Поток газа движется по сферической спирали по ряду газовых 15 каналов в форме блока в виде рядов 16 с образованием двух сомкнутых полусфер 17, при этом происходит многоступенчатое снижение давления потока на рабочих лопатках 9 рабочего колеса 8 за счет посекторного двустороннего подвода потока газа. На одной половине рабочего колеса 8 происходит движение газа из сопел 12 через лопатки 9 в одном направлении, а на второй половине колеса 8 - в противоположном направлении. Число ступеней расширения в установке 1 составляет от 3-х до 30-и и определяется требуемым конечным давлением, с которым газ из установки 1 направляют с ГРП в газопровод (на чертеже не показано) для дальнейшего использования. Изменяя число ступеней расширения газа в турбомашине 2, и таким образом регулируя изменение расхода газа, поддерживают заданное выходное давление газа и стабилизируют частоту вращения устройства 10 для отбора энергии - электрогенератор, который расположен во внутреннем корпусе 3. Свободный выходной конец вала 7 рабочего колеса 8 турбомашин 2 соединен с ротором электрогенератора 10 при помощи фланцевого соединения (на чертеже не показано). Корпус установки 1 выполнен герметичным для повышения безопасности при работе с взрывопожароопасными газами и снабжен герметичным выводом электропроводки (на чертеже не показано) от генератора 10.

Для повышения КПД установки 1 посредством теплообменника 14 обеспечивают предварительный подогрев рабочего тела между ступенями расширения, при этом газ движется внутри газовых каналов 15, а теплоноситель через патрубок подвода 5 направляют в межтрубное пространство с блоком в виде рядов 16, образованными этими газовыми каналами 15, омывая их снаружи и подогревая при этом газ. Охлажденный теплоноситель отводят через патрубок отвода 6 и удаляют из установки 1.

Разработанное техническое решение установки для утилизации энергии избыточного давления газообразного рабочего тела позволяет преобразовывать низко потенциальные энергоресурсы, такие как энергию избыточного давления природного газа, подаваемого по магистральным трубопроводам на ГРП, а также тепловые отходы в электроэнергию, при этом потребляется внешнее топливо, а используется лишь часть уже затраченной энергии для своего функционирования. Расчетные характеристики макетного и опытно-промышленного образцов установки приведены в таблице.

Параметр	Ед. изм.	Макетный образец			Опытно-промышленный образец	
Электрическая мощность	кВт	3,7	9,8	18,0	30,5	44,2
Частота вращения колеса	об/мин	3000			3000	
Число ступеней расширения	-	10			5-15	
Диаметр рабочего колеса	мм	300			300	
Напряжение	В	Внешний электрический тормоз			380	
Частота тока	Гц				50	
Габариты без обвязки (ДхШхВ)	мм	820х600х860			820х600х860	
Вес с опорой	кг	250			350	
Рабочее тело:		воздух			Природный газ	
- Расход	кг/с	0,09	0,24	0,44	0,74	1,08
- Входное давление	МПа	0,16	0,6	1,2	2,1	3,1
- Входная температура	°С	20	20	20	20	20
- Выходное давление	МПа	0,005	0,18	0,43	0,8	1,2
- Выходная температура	°С	7	0	0	0,2	1
- Выходная температура (без подогрева)	°С	-16	-16,5	-16	-16	-16
- Потери давления в теплообменнике	%	18	17	17	16	16
Греющий теплоноситель:	-	вода				
- Расход	кг/с	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6
- Входная температура	°С	20	30	40	45	60
- Выходная температура	°С	15	17	16	18	18

Установка 1 для утилизации энергии избыточного давления газообразного рабочего тела может также применяться для привода различного рода нагнетательных устройств, что обусловлено тихоходностью турбомашин 2. В этом случае из нее исключают электрогенератор 10, а вал 7 рабочего колеса 8 выводят наружу из кожуха 4 с использованием средств герметизации.

Возможны также альтернативные применения изобретения для выработки электроэнергии, в частности использование таких видов низко потенциальных энергоресурсов, как тепловые отходы (горячая вода или пар с производств, дымовые газы, попутные газы, выхлопные газы транспортных средств, теплота, выделяемая трансформаторами, и т.д.). Установка также легко интегрируется с системами производства электрической энергии, такими как геотермальная и солнечная.

Как следует из уровня техники и описания техническое решение установки для утилизации энергии избыточного давления газообразного рабочего тела удовлетворяет условиям патентоспособности "новизна", "изобретательский уровень" и "промышленная применимость".

Источники информации:

1. SU № 1139940 А1, 15.02.1985.
2. Реферативный журнал "Турбиностроение", 49 отдельный выпуск. М., ВНИИТИ, 1985, № 11.
3. RU № 2047059 С1, 27.10.1995.
4. US № 4555637 (А), 26.11.1985.
5. BY № 10032 С1, 30.12.2007 (прототип).

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Установка (1) для утилизации энергии избыточного давления газообразного рабочего тела, вклю-

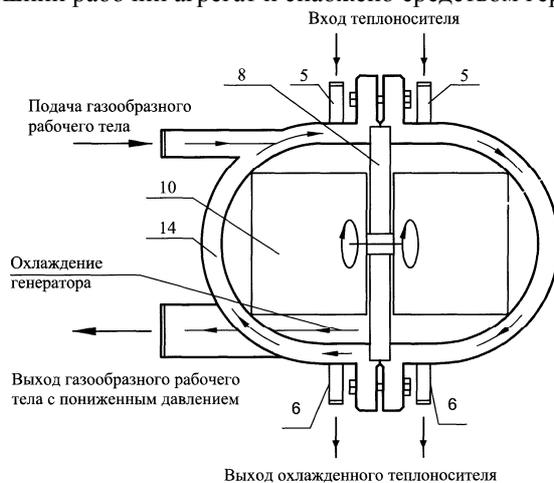
чающая расширительную турбомашину (2), содержащую внутренний корпус (3) с патрубками подвода (5) и отвода (6) теплоносителя, который установлен в наружном кожухе (4) с расположенным в нем рабочим колесом (8) с лопатками (9), смонтированными на валу (7), связанном с устройством (10) для отбора энергии, патрубки (11) с блоком сопел (12) для подачи газообразного рабочего тела к лопаткам (9) рабочего колеса (8), патрубки отвода (6) газообразного рабочего тела, теплообменник (14), расположенный между внутренним корпусом (3) и кожухом (4), в виде спиральных газовых (15) каналов с блоками сопел (12), отличающаяся тем, что наружный кожух (4) выполнен в виде разъемной сферы и содержит одно осевое рабочее колесо (8) с симметричными рабочими лопатками (9) активного типа и включает от 3 до 30 ступеней снижения давления потока газообразного рабочего тела посредством блока сопел (12) и конфузурных решеток (13), которые смонтированы с обеих сторон рабочего колеса (8), а внутренний корпус (3) выполнен в форме полой герметичной сферы, при этом спиральные газовые каналы (15) собраны в блок в виде рядов (16) с образованием двух сомкнутых полусфер (17), в полости которых размещен указанный внутренний сферический корпус (3), а устройство (10) для отбора энергии смонтировано на валу (7) рабочего колеса (8) во внутреннем герметичном корпусе (3), либо установлено вне наружного кожуха (4) и кинематически связано с валом (7) рабочего колеса (8).

2. Установка по п.1, отличающаяся тем, что блок сопел (12) газовых каналов и конфузурных решеток (13) функционально и кинематически связан с соответствующими ступенями лопаток (9) рабочего колеса (8) для снижения давления потока газообразного рабочего тела с обеспечением его посекторной двусторонней подачи.

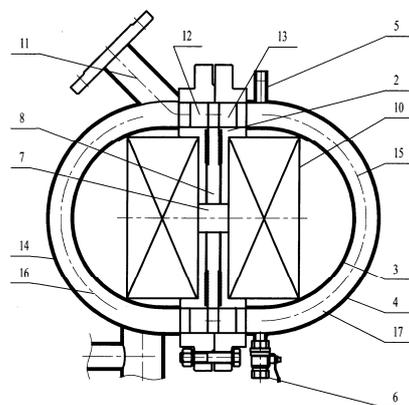
3. Установка по любому из пп.1, 2, отличающаяся тем, что блок спиральных газовых каналов (15) выполнен в форме сферической спирали, а каналы размещены рядами (16) из изогнутых труб с образованием между ними межтрубного пространства теплообменника (14).

4. Установка по п.1, отличающаяся тем, что устройство (10) для отбора энергии содержит по меньшей мере один электрогенератор и снабжено средством герметизации для вывода электрических кабелей из внутреннего сферического герметичного корпуса (3).

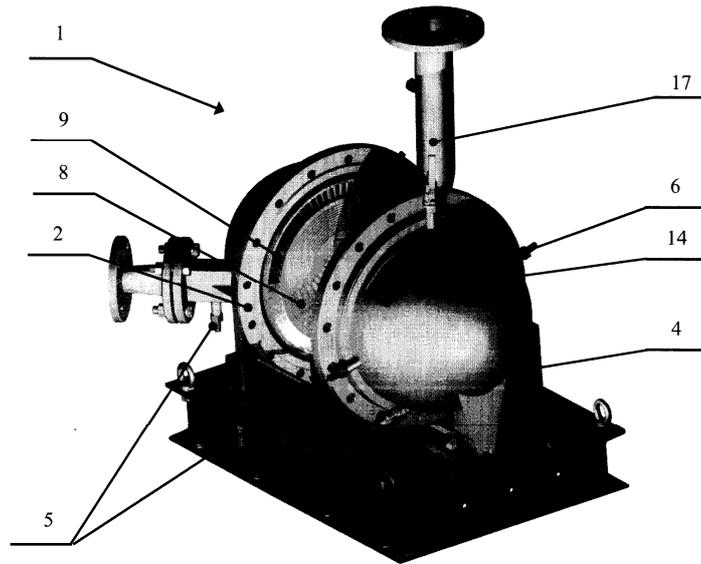
5. Установка по п.1, отличающаяся тем, что устройство (10) для отбора энергии выполнено в виде свободного выходного конца вала (7) рабочего колеса (8) турбомшины (2) с возможностью передачи вращающего момента на внешний рабочий агрегат и снабжено средством герметизации.



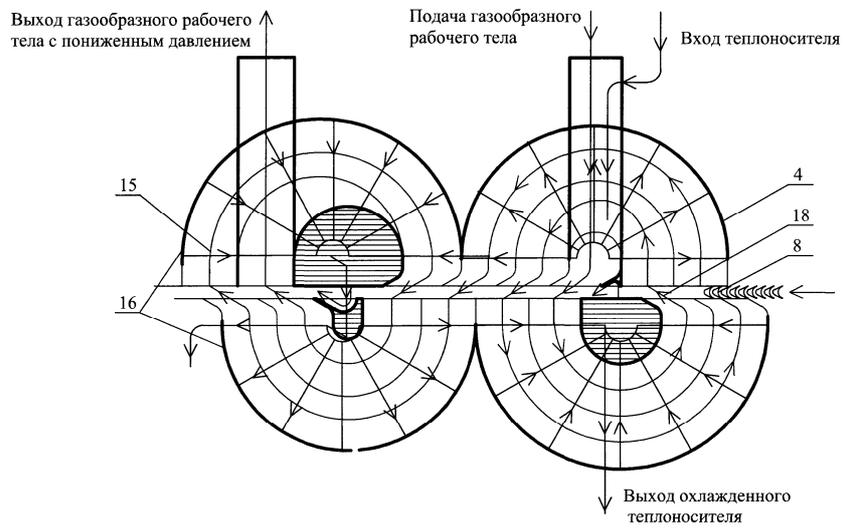
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

