

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043513**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.05.29**

(21) Номер заявки  
**202291059**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.09.23**

(51) Int. Cl. **F04D 17/10** (2006.01)  
**F04D 25/06** (2006.01)  
**F04D 29/58** (2006.01)  
**F04D 17/12** (2006.01)

---

(54) **ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АГРЕГАТ КОМПРЕССОРА С ДВИГАТЕЛЕМ, ИМЕЮЩИЙ КОНТУР ОХЛАЖДЕНИЯ И СИСТЕМУ СНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ, ВЫПОЛНЕННУЮ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ СНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ**

---

(43) **2022.06.30**

(86) **PCT/IB2019/058026**

(87) **WO 2021/058995 2021.04.01**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ТЕРМОДИН (FR)**

(56) **WO-A1-2017017202**  
**WO-A1-2014130530**  
**US-A1-2007271956**

(72) Изобретатель:  
**Дефуа Бенджамин, Гийемин Сильвен,  
Альбан Томас, Навроцки Жиль (FR)**

(74) Представитель:  
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,  
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов  
А.В., Кузнецова Е.В., Кузнецова Т.В.,  
Соколов Р.А. (RU)**

---

(57) Предложен интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем, содержащий двигатель (12) и компрессор (14), подсоединенный к упомянутому двигателю (12) посредством поворотного вала (16) и установленный в одном общем корпусе (18), выполненный с возможностью циркуляции охлаждающей текучей среды в контуре (27) охлаждения, отличающийся тем, что интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем содержит систему (30) снижения давления, выполненную с возможностью снижения давления двигателя (12).

**B1**

**043513**

**043513**  
**B1**

### **Предпосылки создания изобретения**

Область техники, к которой относится изобретение, относится к интегрированным агрегатам компрессора с двигателем для обработки рабочей текучей среды и в частности к интегрированному компрессору с двигателем, имеющем систему охлаждения.

Как правило, агрегат компрессора с двигателем содержит центробежный компрессор и двигатель, интегрированный в общий корпус.

Центробежный компрессор со множеством ступеней сжатия, как правило, содержит множество крыльчаток, поддерживаемых приводным валом, подсоединенным к ротору, приводимому в действие двигателем, или турбину для создания потока сжатого технологического газа.

Вал, используемый для непосредственного приведения в действие такого центробежного компрессора, должен вращаться при относительно высоких скоростях, при которых вырабатывается тепло. Кроме того, работа компрессора с двигателем при высоких скоростях увеличивает вентиляционные потери на трение, возникающие вследствие работы компонентов в газе под давлением.

Если это тепло не рассеивается надлежащим образом, оно может негативно влиять на производительность двигателя, а также повреждать электрическую изоляцию статора. Повышенные температуры также могут отрицательно влиять на системы "ротор-подшипник" как компрессора, так и двигателя, тем самым приводя к повреждению и/или сбою подшипника.

Для регулирования тепла и охлаждения такого интегрированного компрессора с двигателем в известном уровне техники используют контур охлаждения, который может представлять собой открытый контур охлаждения или квазизакрытый контур охлаждения, в котором газ отбирают из технологического потока на некотором этапе процесса сжатия. Затем технологический газ циркулирует через двигатель и подшипники для поглощения тепла.

Например, в контур охлаждения подают лишь небольшое количество технологического газа из технологического потока. Охлаждающий газ может приводиться в движение разницей давлений между источником охлаждающего газа и местом, в которое может протекать газ.

Альтернативно, в известном уровне техники используют воздуходувку, расположенную перед петлей охлаждения, для циркуляции охлаждающего газа в упомянутом контуре охлаждения и, таким образом, для улучшения эффективности сжатия вентилятора. Однако такое решение значительно увеличивает вентиляционные потери, особенно когда машина работает при высоком давлении.

Можно сделать ссылку на документ US 9, 200, 643 - B2, в котором описана система для охлаждения двигателя с компрессором с замкнутым контуром охлаждения. Однако двигатель изолирован от обработанного компрессором газа посредством сухого газового уплотнения или графитовых колец во избежание загрязнения, которое увеличивает потребность в техническом обслуживании уплотнений.

### **Краткое описание изобретения**

Одно преимущество, обеспечиваемое вариантами осуществления интегрированного компрессора с двигателем, описанного в настоящем документе, заключается в снижении вентиляционных потерь.

В действительности, когда высокоскоростной двигатель, муфта и подшипники погружены в технологический газ, вентиляционные потери могут быть высокими, особенно в случае с компрессорами с высоким давлением всасывания.

Следовательно, предлагается система снижения давления для интегрированного агрегата компрессора с двигателем, имеющего двигатель и компрессор, подсоединенный к упомянутому двигателю. Система снижения давления выполнена с возможностью снижения давления двигателя.

Далее предлагается интегрированный агрегат компрессора с двигателем, выполненный с возможностью обработки рабочей текучей среды, такой как, например, газ, и содержащий двигатель и компрессор, подсоединенный к упомянутому двигателю посредством поворотного вала, и установленный в одном общем корпусе, при этом охлаждающая текучая среда циркулирует по всему упомянутому корпусу в контуре охлаждения.

### **Сущность изобретения**

Интегрированный агрегат компрессора с двигателем содержит систему снижения давления, выполненную с возможностью снижения давления двигателя.

Таким образом, система снижения давления выполнена с возможностью снижения давления охлаждающей текучей среды, циркулирующей в контуре охлаждения.

Такая система снижения давления создает значительный перепад давления, составляющий по меньшей мере 10 бар. Таким образом, КПД двигателя значительно возрастает.

В соответствии с вариантом осуществления система снижения давления содержит расширительное устройство, например перед контуром охлаждения, и вспомогательный компрессор, например за контуром охлаждения, выполненный с возможностью восстановления давления всасывания.

Расширительное устройство может представлять собой, например, расширительный клапан охлаждения, выполненный с возможностью приема рабочей текучей среды через всасывающий канал главного компрессора и передачи расширенной охлажденной текучей среды в контур охлаждения, а вспомогательный компрессор может быть выполнен с возможностью приема охлаждающей текучей среды после охлаждения, в частности двигателя и/или подшипников, и сжатия охлаждающей текучей среды.

В соответствии с другим вариантом осуществления расширительное устройство представляет собой расширительное колесо.

Расширительное колесо может быть установлено в различных подходящих местах, далее описанных и заявленных в настоящем документе.

В варианте осуществления работы интегрированного агрегата компрессора с двигателем двигатель вращает вал и таким образом приводит в действие компрессор. Сжимаемый технологический газ вводят через всасывающий канал главного компрессора, выполненный в корпусе. Затем компрессор сжимает технологический газ посредством последовательных ступеней крыльчаток, чтобы таким образом получить сжатый технологический газ. Затем сжатый технологический газ выходит из компрессора через технологический выпускной канал, выполненный в корпусе.

#### **Краткое описание графических материалов**

Другие цели, признаки и преимущества вариантов осуществления изобретения станут очевидными при прочтении следующего описания, приведенного исключительно в качестве неограничивающего примера, и со ссылкой на прилагаемые графические материалы, на которых:

на фиг. 1 очень схематически представлен интегрированный агрегат компрессора с двигателем в соответствии с первым вариантом осуществления изобретения;

на фиг. 2 очень схематически представлен интегрированный агрегат компрессора с двигателем в соответствии со вторым вариантом осуществления изобретения;

на фиг. 3 очень схематически представлен интегрированный агрегат компрессора с двигателем в соответствии с третьим вариантом осуществления изобретения; и

на фиг. 4 очень схематически представлен интегрированный агрегат компрессора с двигателем в соответствии с четвертым вариантом осуществления изобретения.

#### **Подробное описание**

Фигуры очень схематически иллюстрируют интегрированный агрегат 10 компрессора с двигателем, выполненный с возможностью обработки рабочей текучей среды, такой как газ. Интегрированный агрегат 10 компрессора с двигателем содержит двигатель 12 и компрессор 14, подсоединенный к упомянутому двигателю 12 посредством поворотного вала 16 и установленный в одном общем корпусе 18, выполненный с возможностью циркуляции охлаждающей текучей среды в контуре 27 охлаждения.

Интегрированный агрегат 10 компрессора с двигателем далее содержит систему 30 снижения давления, выполненную с возможностью снижения давления двигателя 12 и, таким образом, с возможностью снижения давления охлаждающей текучей среды, циркулирующей в контуре охлаждения.

Такая система 30 снижения давления создает значительный перепад давления, составляющий по меньшей мере 10 бар. Таким образом, КПД двигателя 12 значительно возрастает благодаря такому перепаду давления.

Вал проходит по существу по всей длине корпуса 18 и содержит секцию 17 двигателя, подсоединенную к двигателю 12, и приводную секцию 19, подсоединенную к компрессору 14. Секция 17 двигателя и приводная секция 19 поворотного вала 16 соединены посредством муфты 20, такой как, например, гибкая или жесткая муфта.

Как проиллюстрировано, секция 17 двигателя и приводная секция 19 поддерживаются на каждом конце соответственно одним или более радиальными подшипниками 22. В качестве неограничивающего примера показаны четыре комплекта радиальных подшипников 22. Подшипники 22 могут быть непосредственно или опосредованно поддерживаться корпусом 18.

Двигатель 12 может представлять собой электрический двигатель, такой как двигатель с постоянными магнитами, имеющий постоянные магниты, установленные на роторе (не изображен на фигурах) и статоре (не изображен на фигурах). В качестве альтернативы, могут использоваться электрические двигатели других типов, такие как, например, синхронные, индукционные, щеточные двигатели постоянного тока и т.д.

Компрессор 14 может представлять собой многоступенчатый центробежный компрессор с одной или более крыльчатками ступеней компрессора (не показаны).

Для охлаждения или регулирования температуры двигателя 12 и подшипников 22 иным образом, охлаждающий газ циркулирует по всему корпусу 18 в контуре 27 охлаждения, имеющему проходы 28 охлаждения и горячие проходы 29.

Система 30 снижения давления содержит расширительное устройство 32 перед контуром 27 охлаждения и вспомогательный компрессор 34 за контуром 27 охлаждения, выполненный с возможностью восстановления давления всасывания.

Первый вариант осуществления системы 30 снижения давления показан на фиг. 1. В этом варианте осуществления расширительное устройство 32 представляет собой расширительный клапан охлаждения, принимающий технологический газ через всасывающий канал 24 главного компрессора и передающий расширенный охлажденный технологический газ в систему 27 охлаждения. Вспомогательный компрессор 34 принимает охлаждающую текучую среду после охлаждения подшипников 22 и двигателя 12 и сжимает ее перед передачей во всасывающий канал 24 главного компрессора.

Вариант осуществления на фиг. 2, в котором одинаковые элементы имеют одинаковые ссылочные

позиции, отличается от варианта осуществления на фиг. 1 структурой расширительного устройства 32. В этом варианте осуществления расширительное устройство 32 представляет собой расширительное колесо, установленное на конце вала двигателя. Альтернативно, расширительное колесо может быть установлено на конце вала компрессора между подшипниками или на специальном турбодетандере. В этом варианте осуществления вспомогательный компрессор 34 установлен на конце вала компрессора. Альтернативно, вспомогательный компрессор 34 может быть установлен на конце вала двигателя между подшипниками, на специальном турбодетандере или на специальном компрессоре.

Вариант осуществления на фиг. 3, в котором одинаковые элементы имеют одинаковые ссылочные позиции, отличается от варианта осуществления на фиг. 1 структурой расширительного устройства 32. В этом варианте осуществления расширение создается посредством самопроизвольных утечек из компрессора 14, которые сжимаются посредством вспомогательного компрессора 34. Другими словами, для создания потока охлаждения используют откалиброванные утечки газа на конце 14 компрессора. В этом варианте осуществления и в качестве неограничивающего примера вспомогательный компрессор 34 установлен на конце вала двигателя.

Вариант осуществления на фиг. 4, в котором одинаковые элементы имеют одинаковые ссылочные позиции, отличается от варианта осуществления на фиг. 1 структурой системы 30 снижения давления. В этом варианте осуществления система 30 снижения давления содержит устройство-воздуходувку 36, установленное выше по потоку от компрессора 14 и выполненное с возможностью циркуляции охлаждающей текучей среды в замкнутом контуре 27 охлаждения. Система 30 снижения давления далее содержит вспомогательный компрессор 34 снижения давления, выполненный с возможностью компенсации утечек газа главного компрессора. Система 30 снижения давления также содержит охладитель 38, установленный на контуре 27 охлаждения за устройством-воздуходувкой 36.

Вспомогательный компрессор 34 снижения давления может представлять собой компрессор низкого давления или специальное оборудование.

В варианте осуществления работы интегрированного агрегата 10 компрессора с двигателем двигатель 12 вращает вал 16 и таким образом приводит в действие компрессор 14. Сжимаемый технологический газ вводят через всасывающий канал 24 главного компрессора, выполненный в корпусе 18. Затем компрессор 14 сжимает технологический газ посредством последовательных ступеней крыльчаток, чтобы таким образом получить сжатый технологический газ. Затем сжатый технологический газ выходит из компрессора 14 через технологический выпускной канал 26, выполненный в корпусе 18.

Благодаря системе снижения давления, предлагаемой изобретением, в интегрированном агрегате компрессора с двигателем, особенно в компрессорах, имеющих высокое давление всасывания, снижаются вентиляционные потери.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (30) снижения давления для интегрированного агрегата (10) компрессора с двигателем, имеющего двигатель (12) и компрессор (14), подсоединенный к упомянутому двигателю (12), отличающаяся тем, что система (30) снижения давления выполнена с возможностью снижения давления двигателя (12), при этом упомянутая система содержит расширительное устройство (32) и вспомогательный компрессор (34), выполненный с возможностью восстановления давления всасывания, и отличается тем, что расширительное устройство (32) представляет собой расширительный клапан охлаждения, выполненный с возможностью приема рабочей текучей среды через всасывающий канал (24) главного компрессора (14) и передачи расширенной охлажденной текучей среды в контур (27) охлаждения интегрированного агрегата (10) компрессора с двигателем, и тем, что вспомогательный компрессор (34) выполнен с возможностью приема охлаждающей текучей среды после охлаждения двигателя (12) и сжатия охлаждающей текучей среды.

2. Система (30) снижения давления по п.1, отличающаяся тем, что система (30) снижения давления далее содержит охладитель.

3. Система (30) снижения давления по п.1, отличающаяся тем, что система (30) снижения давления далее содержит устройство-воздуходувку (36).

4. Система (30) снижения давления по п.3, отличающаяся тем, что система (30) снижения давления далее содержит вспомогательный компрессор (34) снижения давления, выполненный с возможностью компенсации утечек газа компрессора.

5. Интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем, имеющий двигатель (12) и компрессор (14), подсоединенный к упомянутому двигателю (12) посредством вращающегося вала (16) и установленный в одном общем корпусе (18), выполненный с возможностью осуществления циркуляции в контуре (27) охлаждения, отличающийся тем, что интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем содержит систему (30) снижения давления, выполненную с возможностью снижения давления двигателя (12), при этом упомянутая система содержит расширительное устройство (32) и вспомогательный компрессор (34), выполненный с возможностью восстановления давления всасывания, и отличается тем, что расширительное устройство (32) представляет собой расширительный клапан охлаждения, выполненный

с возможностью приема рабочей текучей среды через всасывающий канал (24) главного компрессора (14) и передачи расширенной охлажденной текучей среды в контур (27) охлаждения интегрированного агрегата (10) компрессора с двигателем, и тем, что вспомогательный компрессор (34) выполнен с возможностью приема охлаждающей текучей среды после охлаждения двигателя (12) и сжатия охлаждающей текучей среды.

6. Интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем по п.5, отличающийся тем, что расширение рабочей текучей среды создается посредством самопроизвольных утечек из компрессора (14), которые сжимаются посредством вспомогательного компрессора (34).

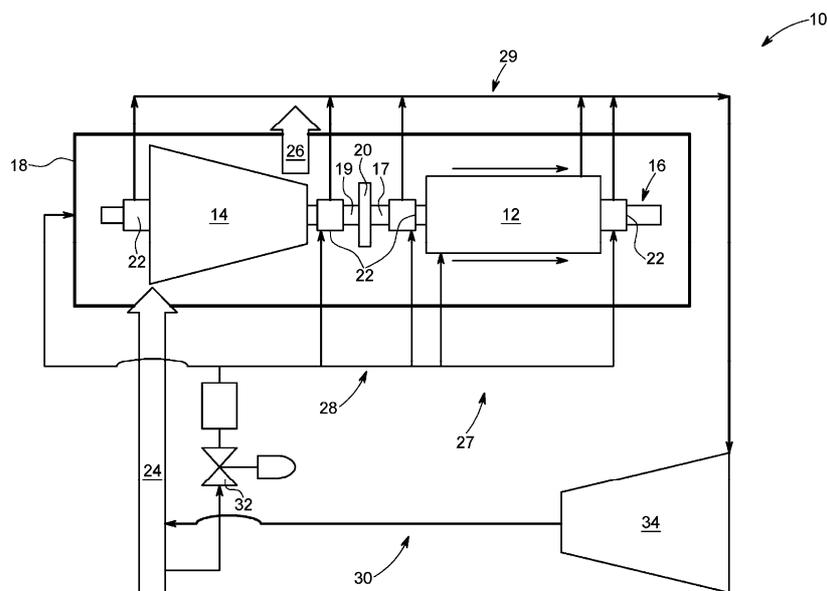
7. Интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем по п.6, отличающийся тем, что система (30) снижения давления также содержит охладитель, установленный на контуре (27) охлаждения.

8. Интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем по п.5, отличающийся тем, что система (30) снижения давления содержит устройство-воздуходувку (36), установленное выше по потоку от компрессора (14) и выполненное с возможностью циркуляции охлаждающей текучей среды в замкнутом контуре (27) охлаждения.

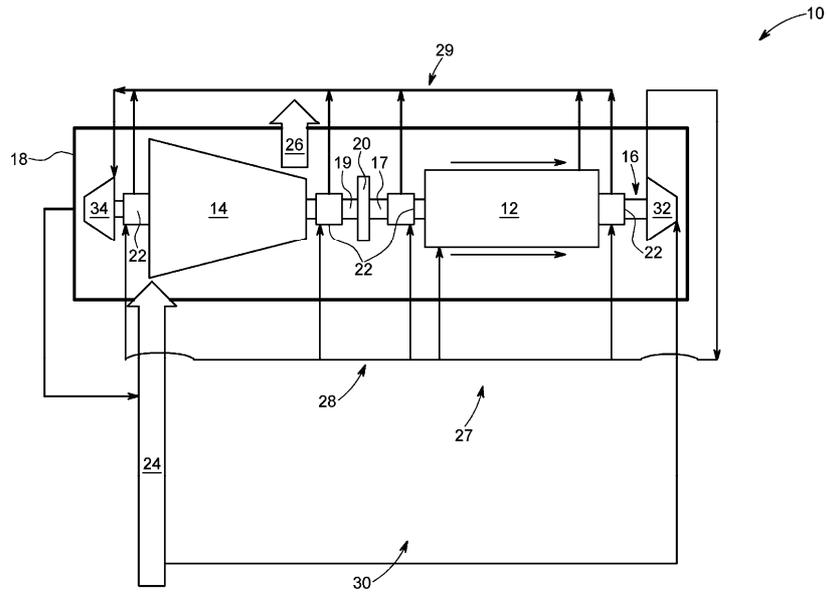
9. Интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем по п.8, отличающийся тем, что система (30) снижения давления далее содержит вспомогательный компрессор (34) снижения давления, выполненный с возможностью компенсации утечек газа компрессора.

10. Интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем по п.8 или 9, отличающийся тем, что система (30) снижения давления также содержит охладитель (38), установленный на контуре (27) охлаждения за устройством-воздуходувкой (36) или перед ним.

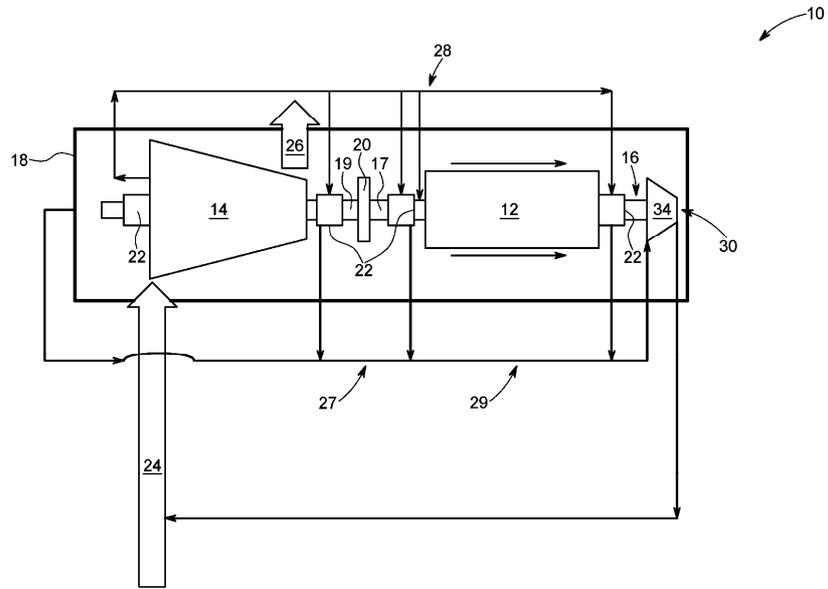
11. Интегрированный агрегат (10) компрессора с двигателем по любому из пп.5-10, отличающийся тем, что поворотный вал (16) поддерживается на каждом конце по меньшей мере одним подшипником (22).



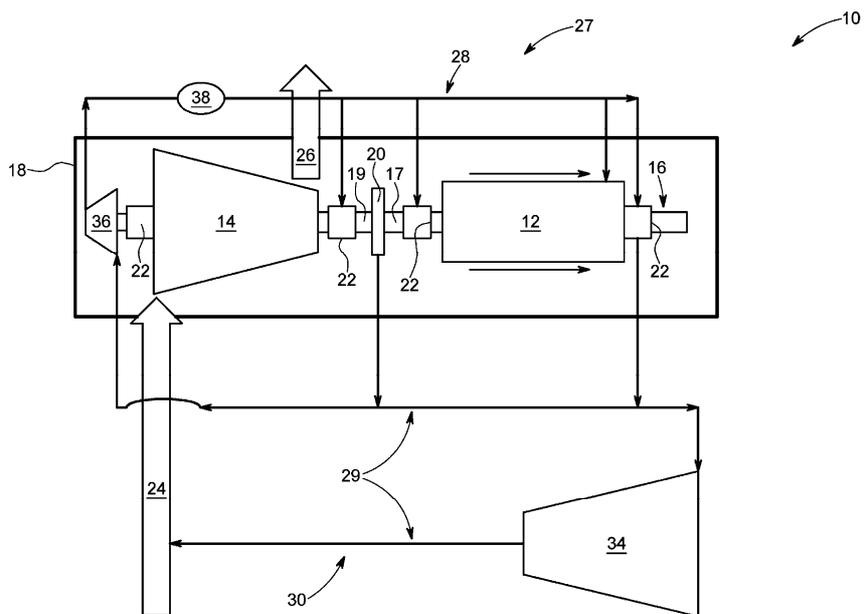
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2