

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202291941** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.10.31

(22) Дата подачи заявки
2021.01.08

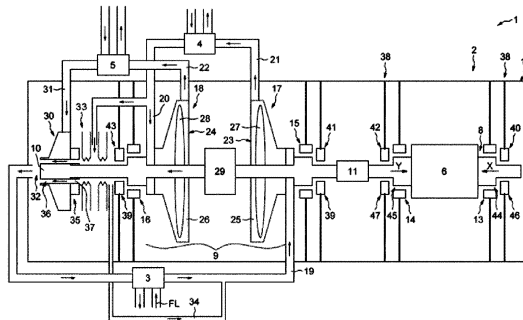
(51) Int. Cl. *F01D 15/00* (2006.01)
F01D 25/16 (2006.01)
F01D 25/18 (2006.01)
F02C 7/06 (2006.01)
F02C 1/02 (2006.01)
F04D 25/02 (2006.01)
F04D 25/06 (2006.01)
F04D 29/058 (2006.01)
F04D 29/58 (2006.01)
F25B 11/04 (2006.01)
F25B 31/02 (2006.01)
F02C 1/04 (2006.01)
F25B 1/053 (2006.01)
F25B 1/10 (2006.01)
F25B 31/00 (2006.01)
F25J 1/00 (2006.01)
F25J 1/02 (2006.01)

(54) ОБЪЕДИНЕННЫЙ ДЕТАНДЕРНЫЙ И МОТОР-КОМПРЕССОРНЫЙ АГРЕГАТ И СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ С ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ, СОДЕРЖАЩАЯ УКАЗАННЫЙ АГРЕГАТ

(31) **FR2000382**
(32) **2020.01.15**
(33) **FR**
(86) **PCT/EP2021/025004**
(87) **WO 2021/144144 2021.07.22**
(71) Заявитель:
ТЕРМОДИН SAS (FR)

(72) Изобретатель:
**Альбан Томас, Дефуа Бенжамин,
Годес Паскаль (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) Объединенный детандерный и мотор-компрессорный агрегат (2) содержит секцию (9) сжатия, установленную между двумя радиальными подшипниками (15, 16) на трансмиссионном валу (10), детандер (30), консольно закрепленный на свободном конце трансмиссионного вала, газовый диффузор (33) и воздуховод (34) между детандером и первым радиальным подшипником (16), причем первый радиальный подшипник представляет собой подшипник, расположенный наиболее близко к детандеру. Газовый диффузор распыляет газовый барьер, который отсасывается через воздуховод.



A1

202291941

202291941

A1

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ДЕТАНДЕРНЫЙ И МОТОР-КОМПРЕССОРНЫЙ АГРЕГАТ И СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ С ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ, СОДЕРЖАЩАЯ УКАЗАННЫЙ АГРЕГАТ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 Настоящее изобретение относится к объединенному детандерному и мотор-компрессорному агрегату и относится, в частности, к конкретной конструкции указанного агрегата.

ОПИСАНИЕ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО УРОВНЯ ТЕХНИКИ

10 В документе EP3426994 описан детандерный и мотор-компрессорный агрегат, содержащий электрический двигатель, установленный на приводном валу, детандер, расположенный в консольной конфигурации на первом валу и отделенный от электрического двигателя разделительной перегородкой, компрессор, установленный на приводном валу, и гибкое соединительное устройство, соединяющее оба вала.

Каждый вал поддерживается двумя радиальными подшипниками, например магнитными подшипниками.

15 Во время работы энергия, вырабатываемая в результате расширения газа в детандере, частично расходуется на выполнение работы сжатия в компрессоре. Электрический двигатель обеспечивает компрессор дополнительной механической энергией.

20 Кроме того, агрегат включает в себя соединение по текучей среде между одной из последних ступеней компрессора и уплотнительным устройством, расположенным вокруг первого вала, проходящего через разделительную перегородку, по которому буферный газ подается в уплотнительное устройство компрессором, исключая тем самым миграцию охлажденного расширенного газа к подшипникам и электрическому двигателю и их повреждение.

25 Однако в случае поломки гибкого соединительного устройства компрессор не обеспечивается механической энергией. В результате сжатый газ не подается в уплотнительное устройство, а охлажденный расширенный газ мигрирует к подшипникам и электрическому двигателю и повреждает их.

Кроме того, поскольку детандер расположен на одном валу с электрическим двигателем, энергия, вырабатываемая в результате расширения газа, не используется, что приводит к увеличению частоты вращения приводного вала и повреждению агрегата. Для управления частотой вращения рабочего вала детандера необходима система ограничения частоты вращения.

30 Если детандерный и мотор-компрессорный агрегат не содержат гибкое соединительное устройство, то детандер, электрический двигатель и компрессор установлены на общем валу.

В результате динамические характеристики общего вала ухудшаются по сравнению с вариантом осуществления, в котором первый и второй валы соединены гибким соединительным устройством.

35 В документе US 2013/0091869 описан компрессор-детандер, содержащий детандер, расположенный в консольной конфигурации на центральном валу, и многоступенчатый компрессор, установленный на центральном валу, закрепленном между двумя подшипниками.

В процессе эксплуатации газ расширяется в детандере, а энергия, вырабатываемая в результате расширения газа, частично расходуется на выполнение работы сжатия в компрессоре.

Свободный конец центрального вала соединен с устройством, выполненным с возможностью подачи дополнительного крутящего момента на центральный вал.

Однако ступень низкого давления компрессора расположена на стороне детандера.

5 Соответственно, охлажденный расширенный газ может мигрировать к подшипникам и повредить их.

Кроме того, поскольку устройство механически соединено с компрессором-детандером, образованный таким образом вал, содержащий центральный вал и вал устройства, по длине превышает центральный вал. В результате динамические характеристики образованного таким образом вала ухудшаются по сравнению с конструкцией, в которой используются два вала, соединенные гибким соединительным устройством.

10 Описанный детандерный и мотор-компрессорный агрегат и описанный компрессор-детандер содержат осевые упорные подшипники, предназначенные для компенсации тяги, создаваемой перепадом давления, образованного на колесах компрессора.

В общем случае осевой упорный подшипник содержит диск, установленный на валу, и катушку, расположенную по обеим сторонам от диска, причем каждый вал содержит по меньшей мере один осевой упорный подшипник.

Такая конструкция является объемной и требует применения большего по размеру вала, поскольку часть вала используется для закрепления на нем диска и для крепления катушек.

Таким образом, динамические характеристики вала ухудшаются.

20 Существует потребность в устранении по меньшей мере некоторых из ранее упомянутых недостатков, особенно путем уменьшения длины валов и исключения риска повреждения компонентов внутри корпуса агрегата охлажденным расширенным газом в случае поломки.

ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

25 В соответствии с аспектом предложен новый объединенный детандерный и мотор-компрессорный агрегат.

Новый объединенный детандерный и мотор-компрессорный агрегат включает в себя:

- один корпус;
- по меньшей мере два трансмиссионных вала, каждый из которых поддерживается в корпусе по 30 меньшей мере двумя радиальными подшипниками;
- гибкое соединительное устройство, соединяющее трансмиссионные валы;
- электрический двигатель, установленный на первом трансмиссионном валу;
- детандер, консольно закрепленный на свободном конце второго трансмиссионного вала; и
- по меньшей мере одну секцию сжатия, установленную между двумя радиальными подшипниками 35 на втором трансмиссионном валу и имеющую часть высокого давления и часть низкого давления, соединенную по текучей среде с частью высокого давления так, что газ, поступающий из части низкого давления, сжимается в части высокого давления.

Агрегат включает в себя газовый диффузор, расположенный между детандером и первым радиальным подшипником второго трансмиссионного вала, причем первый подшипник представляет собой подшипник, расположенный наиболее близко к детандеру.

5 Агрегат также включает в себя первый воздуховод, присоединенный между газовым диффузором и первым радиальным подшипником и соединенный с впускным патрубком части низкого давления.

Газовый диффузор выполнен с возможностью распыления газа в направлении детандера и первого радиального подшипника.

10 Во время эксплуатации в газовый диффузор может подаваться часть газа, поступающего в часть высокого давления, при этом первый воздуховод выполнен с возможностью втягивания части распыленного газа.

Часть высокого давления может быть установлена между детандером и частью низкого давления на втором трансмиссионном валу.

15 В первом варианте осуществления по меньшей мере одна секция сжатия может включать в себя по меньшей мере одно компрессорное колесо и второй уравновешивающий поршень для компенсации перепада давлений, действующего на по меньшей мере одно компрессорное колесо.

20 Во втором варианте осуществления по меньшей мере одна секция сжатия может включать в себя две полусекции сжатия, каждая из которых содержит по меньшей мере одно компрессорное колесо и которые расположены так, чтобы во время вращения второго трансмиссионного вала тяга, создаваемая по меньшей мере одним компрессорным колесом первой полусекции, компенсировало тягу, создаваемую по меньшей мере одним компрессорным колесом второй полусекции сжатия.

Второй уравновешивающий поршень может быть расположен между двумя полусекциями сжатия для компенсации перепада давлений, действующего на по меньшей мере одно компрессорное колесо первой и второй полусекций.

25 Преимуществом является то, что детандерный и мотор-компрессорный агрегат содержит по меньшей мере два упорных подшипника.

Первый упорный подшипник из по меньшей мере двух упорных подшипников установлен на первом трансмиссионном валу из по меньшей мере двух трансмиссионных валов, а второй упорный подшипник из по меньшей мере двух упорных подшипников установлен на втором трансмиссионном валу из по меньшей мере двух трансмиссионных валов.

30 Упорные подшипники могут включать в себя активные магнитные подшипники или газовые подшипники.

Преимуществом является то, что каждый упорный подшипник включает первый упорный полуподшипник и второй упорный полуподшипник.

35 Первый упорный полуподшипник и второй упорный полуподшипник первого упорного подшипника располагаются по обеим сторонам от электрического двигателя, образуя раму радиальных подшипников первого трансмиссионного вала, а первый упорный полуподшипник и второй упорный полуподшипник второго упорного подшипника располагаются между газовым диффузором и гибким соединением, образуя раму радиальных подшипников второго трансмиссионного вала.

Первые упорные полуподшипники выполнены с возможностью компенсации тяги, создаваемой по меньшей мере одним компрессорным колесом по меньшей мере одной секции сжатия на первом и втором трансмиссионных валах в первом осевом направлении; а вторые упорные полуподшипники выполнены с возможностью компенсации тяги, создаваемой по меньшей мере одним компрессорным колесом по меньшей мере одной секции сжатия на первом и втором трансмиссионных валах во втором осевом направлении, противоположном первому осевому направлению.

Для каждого магнитного упорного полуподшипника предусмотрен уступ в первом или втором трансмиссионном валу и катушка, расположенная перед уступом и вблизи от него.

Первый или второй трансмиссионный вал проходит через катушку.

Детандерный и мотор-компрессорный агрегат может включать в себя первый уравнивающий поршень, расположенный вдоль второго трансмиссионного вала из по меньшей мере двух трансмиссионных валов и выполненный с возможностью компенсации перепада давлений, действующего на детандер.

Детандер включает в себя по меньшей мере второй воздуховод.

Первый уравнивающий поршень включает в себя по меньшей мере третий воздуховод, так что оба воздуховода выполнены с возможностью взаимодействия друг с другом для отвода газа, распыленного газовым диффузором, к выпускному патрубку детандера.

В соответствии с другим аспектом предложена система охлаждения с замкнутым контуром.

Контур может включать в себя детандерный и мотор-компрессорный агрегат, как определено выше, и по меньшей мере три теплообменника.

Первый теплообменник из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа части низкого давления и впускным патрубком для газа части высокого давления.

Второй теплообменник из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа части высокого давления и впускным патрубком для газа детандера.

Третий теплообменник из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа детандера и впускным патрубком для газа части высокого давления.

Первый и второй теплообменники выполнены с возможностью охлаждения газа, протекающего через первый и второй теплообменники, а третий теплообменник выполнен с возможностью нагрева газа, протекающего через третий теплообменник.

30 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Другие преимущества и признаки изобретения станут понятными при изучении подробного описания вариантов осуществления, которые не являются ограничивающими, и прилагаемых чертежей, причем:

на [Фиг. 1] представлен один вариант осуществления системы охлаждения; и

на [Фиг. 2] представлен второй вариант осуществления объединенного детандерного и мотор-компрессорного агрегата.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

В вариантах осуществления настоящего документа описаны конструкции, состоящие из по меньшей мере одной секции сжатия детандерного и мотор-компрессорного агрегата, которые предотвращают

повреждение охлажденным расширенным газом компонентов, расположенных внутри корпуса, таких как подшипники и/или электрический двигатель.

Кроме того, электрический двигатель установлен на первом трансмиссионном валу, а по меньшей мере одна секция сжатия и детандер установлены на втором трансмиссионном валу.

5 Гибкое соединительное устройство соединяет оба трансмиссионных вала, препятствуя распространению изгибных колебаний трансмиссионных валов.

В случае разрыва гибкого соединения детандер продолжит управлять секцией сжатия до тех пор, пока второй трансмиссионный вал не перестанет вращаться, т. е. секция сжатия во всех случаях обеспечивает газовый барьер.

10 Этот газовый барьер предотвращает повреждение охлажденным расширенным газом компонентов, расположенных внутри корпуса, таких как подшипники и/или электрический двигатель. Кроме того, каждый магнитный упорный подшипник включает в себя первый и второй упорные полуподшипники, для каждого из которых на трансмиссионном валу предусмотрены уступ и катушка, что позволяет изъять диск, установленный на валу, и уменьшить часть вала, необходимую для установки на вал упорного подшипника.

15 Обратимся к Фиг. 1, на которой представлен первый вариант осуществления объединенного детандерного и мотор-компрессорного агрегата 2 и трех теплообменников 3, 4 и 5, образующих систему 1 охлаждения с замкнутым контуром.

Система охлаждения выполнена с возможностью охлаждения текучей среды FL, которая циркулирует, например, в первом теплообменнике 3.

20 В другом варианте осуществления система 1 охлаждения может включать в себя более или менее трех теплообменников.

Объединенный детандерный и мотор-компрессорный агрегат 2 может включать в себя электрический двигатель 6, вращающий первый вал 8 (или приводной вал), по меньшей мере одну секцию 9 сжатия, установленную на втором валу 10 (или приводном валу), соединенном с первым валом с помощью гибкого соединительного устройства 11 и герметизированного корпуса 12. Каждый вал 8, 10 поддерживается в корпусе 12 двумя радиальными подшипниками 13, 14, 15, 16, такими как газовые радиальные подшипники или предпочтительно магнитные радиальные подшипники.

30 Гибкое соединительное устройство 11 разделяет два трансмиссионных вала 8 и 10, препятствуя распространению изгибных колебаний двух роторов, содержащих валы 8 и 10, и компонентов, установленных на каждом валу, и динамически уравнивает каждый ротор.

Секция 9 сжатия установлена между двумя подшипниками 15, 16 на втором трансмиссионном валу 10 и включает в себя часть 17 низкого давления и часть 18 высокого давления, каждая из которых включает в себя впускной патрубков 19, 20 для газа, выпускной патрубков 21, 22 для газа и секцию 23, 24 сжатия.

35 Секция 23 сжатия части 17 низкого давления включает в себя первую полусекцию 25 сжатия, а секция 24 сжатия высокого давления 18 включает в себя вторую полусекцию 26 сжатия.

Предпочтительно каждая полусекция сжатия содержит по меньшей мере одно компрессорное колесо 27, 28.

Первая и вторая полусекции 25, 26 сжатия расположены таким образом, что во время вращения второго трансмиссионного вала 10 тяга, создаваемая компрессорным колесом 27 первой полусекции 25

сжатия, компенсирует тягу, создаваемую компрессорным колесом 28 второй полусекции 26 сжатия (комплектация по O-образной схеме).

Первый уравнивающий поршень 29 может быть расположен между первой и второй полусекциями 25 и 26 сжатия для компенсации перепада давлений, действующего на перепада давлений, действующего на компрессорные колеса 27, 28 секции 9 сжатия.

Выпускной патрубок 21 для газа части 17 низкого давления соединен с выпускным патрубком 20 для газа части 18 высокого давления через второй теплообменник 4 для охлаждения газа, протекающего от части 17 низкого давления к части 18 высокого давления.

Во время эксплуатации часть 17 низкого давления предназначена для сжатия газа, протекающего к выпускному патрубку 19, а часть 18 высокого давления предназначена для сжатия газа, сжатого частью 17 низкого давления.

Детандер 30 консольно закреплен на свободном конце второго трансмиссионного вала 10 и содержит выпускной патрубок 31 для газа, соединенный с выпускным патрубком 22 для газа части 18 высокого давления через третий теплообменник 5, охлаждающий газ, протекающий от части 18 высокого давления к детандеру 30.

Детандер 30 предназначен для расширения сжатого газа, протекающего через выпускной патрубок 31 для газа, т. е. отработавший газ низкого давления на выпускном патрубке 32 для газа детандера имеет очень низкую температуру, например -165 °С.

Во время эксплуатации в случае повреждения гибкого соединительного устройства 11, приводящего к механическому разъединению двух трансмиссионных валов 8 и 10, сжатый газ расширяется в детандере 31, а энергия, образующаяся в результате расширения газа, расходуется на выполнение работы сжатия в секции 9 сжатия.

Второй трансмиссионный вал 10 останавливается. Для защиты агрегата 2 от повреждений, вызванных чрезмерной частотой вращения, система ограничения частоты вращения не требуется.

Выпускной патрубок 32 для газа соединен с выпускным патрубком 19 для газа части 17 низкого давления через теплообменник 3, который охлаждает текучую среду FL путем переноса тепла от текучей среды FL к газу, причем процесс приводит к увеличению температуры газа.

Например, теплообменники 3, 4 и 5 содержат перекрестноточные теплообменники.

Кроме того, агрегат 2 включает в себя газовый диффузор 33, расположенный между детандером 30 и первым радиальным подшипником 16 второго трансмиссионного вала 10.

Первый радиальный подшипник 16 представляет собой радиальный подшипник, расположенный наиболее близко к детандеру 30.

Газовый диффузор 33 соединен с выпускным патрубком 20 для газа части 18 высокого давления и распыляет часть газа, протекающего через выпускной патрубок 20 для газа.

Газ, распыляемый (газовый барьер) через диффузор 33, направляется в детандер 30 и на первый радиальный подшипник 16 второго трансмиссионного вала 10.

В случае разрыва гибкого соединения 11 детандер 30 продолжит управлять секцией 9 сжатия до тех пор, пока второй трансмиссионный вал 10 не перестанет вращаться, т. е. секция 9 сжатия во всех случаях обеспечивает газовый барьер.

Этот газовый барьер предотвращает повреждение охлажденным расширенным газом компонентов, расположенных внутри корпуса 12, таких как подшипники 13, 14, 15, 16 и/или электрический двигатель 6.

5 Первый воздухопровод 34 присоединен с одной стороны между газовым диффузором 33 и первым радиальным подшипником 16, а с другой стороны к впускному патрубку 19 для газа части 17 низкого давления, а именно перед частью низкого давления, с таким расчетом, чтобы поток газа в мотор-компрессоре втягивал часть распыленного газа с помощью газового диффузора 33.

Соединение первого воздуховода 34 с впускным патрубком 19 для газа приводит к снижению давления, в результате чего газовый барьер отсасывается через первый воздухопровод 34, повышая тем самым эффективность теплового барьера, создаваемого газовым барьером.

10 Агрегат 2 может включать в себя второй уравнивающий поршень 35, расположенный вдоль второго трансмиссионного вала 10 для компенсации перепада давлений, действующего на детандер 30. В таком случае детандер 30 включает в себя второй воздухопровод 36 между вторым уравнивающим поршнем 35 и выпускным патрубком 32 детандера 30.

15 Второй уравнивающий поршень 35 может включать в себя третий воздухопровод 37, взаимодействующий со вторым воздухопроводом 36, для откачки газового барьера через выпускной патрубок 32 детандера 30.

Давление газового барьера выше давления отработавшего газа низкого давления, так что газовый барьер отсасывается через выпускной патрубок 32 детандера 30, исключая миграцию отработавшего газа низкого давления к первому радиальному подшипнику 16 и далее внутрь корпуса 12.

20 Часть 18 высокого давления может быть установлена между детандером 30 и частью 17 низкого давления.

Давление газа в части 18 высокого давления выше, чем давление расширенного газа низкого давления, что дополнительно исключает миграцию отработавшего газа низкого давления к первому радиальному подшипнику 16 и далее внутрь корпуса 12.

25 Агрегат дополнительно содержит первый упорный подшипник 38, установленный на первом трансмиссионном валу 8, и второй упорный подшипник 39, установленный на втором трансмиссионном валу 10, причем оба упорных подшипника содержат, например, активные магнитные подшипники или газовые подшипники.

30 Каждый упорный подшипник 38, 39 может включать в себя первый упорный полуподшипник 40, 41 и второй упорный полуподшипник 42, 43.

Первый упорный полуподшипник 40 и второй упорный полуподшипник 42 первого упорного подшипника 38 расположены по обеим сторонам от электрического двигателя 6, образуя раму радиальных подшипников 13, 14 первого трансмиссионного вала 8.

35 Первый упорный полуподшипник 41 и второй упорный полуподшипник 43 второго упорного подшипника 39 расположены между газовым диффузором 33 и гибким соединением 11, образуя раму радиальных подшипников 15, 16 второго трансмиссионного вала 10.

Первые упорные полуподшипники 40 и 41 компенсируют тягу, создаваемую компрессорным колесом 27, 28 секции 9 сжатия на первом и втором трансмиссионных валах 8, 10 в первом осевом направлении X, а вторые упорные полуподшипники 42, 43 компенсируют тягу, создаваемую компрессорным колесом 27,

28 секции 9 сжатия на первом и втором трансмиссионных валах 8, 10 во втором осевом направлении Y, противоположном первому осевому направлению X.

Поскольку оба упорных подшипника 38, 29, каждый из которых содержит первый упорный полуподшипник 40, 41 и второй упорный полуподшипник 42, 43, являются идентичными, ниже описана конструкция только первого упорного подшипника 38.

Предполагается, что первый упорный подшипник 38 представляет собой магнитный подшипник.

Каждый магнитный упорный полуподшипник 40, 41 предусматривает уступ 44, 45 на первом трансмиссионном валу 8 и катушку 46, 47.

Катушки 46, 47 могут представлять собой кольцеобразные катушки.

Первая катушка 46 расположена перед первым уступом 44 и вблизи него; а вторая катушка 47 расположена перед вторым уступом 45 и вблизи него.

Первый трансмиссионный вал 8 проходит через катушки 46 и 47.

Отдельный диск, установленный на трансмиссионном валу осевого магнитного упорного подшипника предшествующего уровня техники, изымается и заменяется уступами 44, 45.

Изъятие отдельного диска позволяет сэкономить место на трансмиссионных валах и, таким образом, проектировать более короткие и более жесткие трансмиссионные валы 8, 10. Поскольку трансмиссионные валы 8, 10 короче трансмиссионных валов предшествующего уровня техники, частоты изгибных колебаний первого и второго трансмиссионных валов 8, 10 выше, чем диапазон частот вращения рабочего вала электрического двигателя 6.

На Фиг. 2 представлен второй вариант осуществления объединенного детандерного и мотор-компрессорного агрегата 2.

Второй вариант осуществления агрегата 2 отличается от первого варианта осуществления агрегата, показанного на Фиг. 1, тем, что первая полусекция 25 сжатия и вторая полусекция 26 сжатия секции 9 сжатия расположены последовательно, и тем, что первый уравнивающий поршень 29 расположен между газовым диффузором 30 и частью 18 высокого давления.

В соответствии с другим вариантом осуществления секция 9 сжатия может содержать более двух полусекций сжатия, расположенных последовательно.

В одном варианте осуществления эксплуатации системы 1 охлаждения с замкнутым контуром электрический двигатель 6 приводит в движение второй трансмиссионный вал 10. Подлежащий сжатию технологический газ вводят через впускной патрубок 19 для газа части 17 низкого давления. Затем агрегат 2 сжимает технологический газ посредством компрессорных колес 27 и 28 с получением таким образом сжатого технологического газа, охлажденного вторым и третьим теплообменниками 4 и 5. Затем охлажденный сжатый технологический газ расширяется в детандере 30.

Охлажденный расширенный технологический газ протекает через первый теплообменник 3 и нагревается текучей средой FL.

Технологический газ из теплообменника протекает назад к впускному патрубку 19.

Система 1 охлаждения может быть использована в танкере для сжиженного природного газа (СПГ), в этом случае в первый теплообменник 3 поступает газообразный природный газ FL, а из первого теплообменника выходит поток сжиженного природного газа.

Различные обладающие признаками изобретения аспекты изобретения изложены в нижеследующих пунктах, которые можно комбинировать любым подходящим способом, если не указано иное.

А. Объединенный детандерный и мотор-компрессорный агрегат (2), содержащий:

- один корпус (12);
- 5 - по меньшей мере два трансмиссионных вала (8, 10), каждый из которых поддерживается в корпусе с помощью по меньшей мере двух радиальных подшипников (13, 14, 15, 16);
- гибкое соединительное устройство (11), соединяющее трансмиссионные валы;
- электрический двигатель (6), установленный на первом трансмиссионном валу;
- детандер (30), консольно закрепленный на свободном конце второго трансмиссионного вала; и
- 10 - по меньшей мере одну секцию (9) сжатия, установленную между двумя радиальными подшипниками (15, 16) на втором трансмиссионном валу и имеющую часть (18) высокого давления и часть (17) низкого давления, соединенную по текучей среде с частью высокого давления так, что газ, поступающий из части низкого давления, сжимается в части высокого давления,

объединенный детандерный и мотор-компрессорный агрегат содержит:

- 15 газовой диффузор (33), расположенный между детандером и первым радиальным подшипником (16) второго трансмиссионного вала, причем первый подшипник представляет собой подшипник, расположенный наиболее близко к детандеру, и

первый воздухопровод (34), присоединенный между газовым диффузором и первым радиальным подшипником и соединенный с впускным патрубком (19) части низкого давления,

- 20 при этом газовый диффузор выполнен с возможностью распыления газа в направлении детандера и первого радиального подшипника (16),

причем газовый диффузор выполнен с возможностью подачи в него части газа, поступающего в часть высокого давления,

при этом первый воздухопровод выполнен с возможностью втягивания части распыленного газа.

- 25 В. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. А, в котором часть (18) высокого давления установлена между детандером (30) и частью (17) низкого давления на втором трансмиссионном валу (10).

С. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. А или В, в котором по меньшей мере одна секция (9) сжатия содержит по меньшей мере одно компрессорное колесо (27, 28) и второй уравновешивающий поршень (29) для компенсации перепада давлений, действующего на по меньшей мере одно компрессорное колесо.

- 30 D. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. А или В,

- в котором по меньшей мере одна секция (9) сжатия содержит две полусекции (25, 26) сжатия, каждая из которых содержит по меньшей мере одно компрессорное колесо и которые расположены так, чтобы во время вращения второго трансмиссионного вала (10) тяга, создаваемая по меньшей мере одним компрессорным колесом (27) первой полусекции (25) сжатия, компенсировала тягу, создаваемую по меньшей мере одним компрессорным колесом (28) второй полусекции (26) сжатия, и

- 35 - при этом второй уравновешивающий поршень (29) расположен между двумя полусекциями сжатия для компенсации перепада давлений, действующего на по меньшей мере одно компрессорное колесо первой и второй полусекций сжатия.

5 Е. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по любому одному из пп. А, В, С или D, содержащий по меньшей мере два упорных подшипника (38, 39), причем первый упорный подшипник (38) из по меньшей мере двух упорных подшипников установлен на первом трансмиссионном валу (8) из по меньшей мере двух трансмиссионных валов, а второй упорный подшипник (39) из по меньшей мере двух упорных подшипников установлен на втором трансмиссионном валу (10) из по меньшей мере двух трансмиссионных валов.

Ф. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. Е, в котором упорные подшипники (38, 39) представляют собой активные магнитные подшипники или газовые подшипники.

10 G. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. Е или F, в котором каждый упорный подшипник (38, 39) содержит:

первый упорный полуподшипник (40, 41) и второй упорный полуподшипник (42, 43),

причем каждый из первого упорного полуподшипника (40) и второго упорного полуподшипника (42) первого упорного подшипника (38) расположен по обеим сторонам от электрического двигателя (6), образуя раму радиальных подшипников (13, 14) первого трансмиссионного вала (8); и

15 при этом первый упорный полуподшипник (41) и второй упорный полуподшипник (43) второго упорного подшипника (39) расположены между газовым диффузором (33) и гибким соединением (11), образуя раму радиальных подшипников (15, 16) второго трансмиссионного вала (10),

20 причем первые упорные полуподшипники выполнены с возможностью компенсации тяги, создаваемой по меньшей мере одним компрессорным колесом по меньшей мере одной секции сжатия на первом и втором трансмиссионных валах в первом осевом направлении (X); и

при этом вторые упорные полуподшипники выполнены с возможностью компенсации тяги, создаваемой по меньшей мере одним компрессорным колесом по меньшей мере одной секции сжатия на первом и втором трансмиссионных валах во втором осевом направлении (Y), противоположном первому осевому направлению.

25 H. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. G, в котором каждый магнитный упорный полуподшипник (40, 41, 42, 43) предусматривает:

- уступ (44, 45) на первом (8) или втором трансмиссионном валу; и
- катушку (46, 47), расположенную перед уступом и вблизи него;

причем первый или второй трансмиссионный вал проходит через катушку.

30 I. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по пп. А, В, С, D, Е, F, G или H, содержащий: первый уравновешивающий поршень (35), расположенный вдоль второго трансмиссионного вала (10) из по меньшей мере двух трансмиссионных валов и выполненный с возможностью компенсации перепада давлений, действующего на детандер (30),

причем детандер содержит по меньшей мере второй воздуховод (36), и

35 при этом первый уравновешивающий поршень содержит по меньшей мере третий воздуховод (37), так, что оба воздуховода выполнены с возможностью взаимодействия друг с другом для отвода распыленного газа, распыленного газовым диффузором, к выпускному патрубку детандера.

J. Система (1) охлаждения с замкнутым контуром, содержащая детандерный и мотор-компрессорный агрегат (2) по пп. А, В, С, D, Е, F, G, H или I и по меньшей мере три теплообменника (3, 4, 5),

- причем первый теплообменник (4) из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа части (17) низкого давления и впускным патрубком для газа части (18) высокого давления,

5 - при этом второй теплообменник (5) из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа части (18) высокого давления и впускным патрубком для газа детандера, и

- при этом третий теплообменник (3) из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа детандера и впускным патрубком для газа части высокого давления, и

10 - при этом первый и второй теплообменники выполнены с возможностью охлаждения газа, протекающего через первый и второй теплообменники, а третий теплообменник выполнен с возможностью нагрева газа, протекающего через третий теплообменник.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Объединенный детандерный и мотор-компрессорный агрегат (2), содержащий:

- один корпус (12);
- по меньшей мере два трансмиссионных вала (8, 10), каждый из которых поддерживается в корпусе с помощью по меньшей мере двух радиальных подшипников (13, 14, 15, 16);
- гибкое соединительное устройство (11), соединяющее трансмиссионные валы;
- электрический двигатель (6), установленный на первом трансмиссионном валу;
- детандер (30), консольно закрепленный на свободном конце второго трансмиссионного вала; и
- по меньшей мере одну секцию (9) сжатия, установленную между двумя радиальными подшипниками (15, 16) на втором трансмиссионном валу и имеющую часть (17) высокого давления и часть (16) низкого давления, соединенную по текучей среде с частью высокого давления так, что газ, поступающий из части низкого давления, сжимается в части высокого давления,

отличающийся тем, что объединенный детандерный и мотор-компрессорный агрегат содержит:

газовый диффузор (33), расположенный между детандером и первым радиальным подшипником (16) второго трансмиссионного вала, причем первый подшипник представляет собой подшипник, расположенный наиболее близко к детандеру, и

первый воздухопровод (34), присоединенный между газовым диффузором и первым радиальным подшипником и соединенный с выпускным патрубком (19) части низкого давления,

при этом газовый диффузор выполнен с возможностью распыления газа в направлении детандера и первого радиального подшипника (16),

причем газовый диффузор выполнен с возможностью подачи в него части газа, поступающего в часть высокого давления,

при этом первый воздухопровод выполнен с возможностью втягивания части распыленного газа.

2. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. 1, в котором часть (18) высокого давления установлена между детандером (30) и частью (17) низкого давления на втором трансмиссионном валу (10).

3. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по любому из пп. 1–2, в котором по меньшей мере одна секция (9) сжатия содержит по меньшей мере одно компрессорное колесо (27, 28) и второй уравновешивающий поршень (29) для компенсации перепада давлений, действующего на по меньшей мере одно компрессорное колесо.

4. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по любому из пп. 1–2,

- в котором по меньшей мере одна секция (9) сжатия содержит две полусекции (25, 26) сжатия, каждая из которых содержит по меньшей мере одно компрессорное колесо и которые расположены так, чтобы во время вращения второго трансмиссионного вала (10) тяга, создаваемая по меньшей мере одним компрессорным колесом первой полусекции сжатия, компенсировала тягу, создаваемую по меньшей мере одним компрессорным колесом второй полусекции сжатия, и

- при этом второй уравнивающий поршень (29) расположен между двумя полусекциями сжатия для компенсации перепада давлений, действующего на по меньшей мере одно компрессорное колесо первой и второй полусекций сжатия.

5. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по любому из пп. 1–4, содержащий по меньшей мере два упорных подшипника (38, 39), причем первый упорный подшипник (38) из по меньшей мере двух упорных подшипников установлен на первом трансмиссионном валу (8) из по меньшей мере двух трансмиссионных валов, а второй упорный подшипник (39) из по меньшей мере двух упорных подшипников установлен на втором трансмиссионном валу (10) из по меньшей мере двух трансмиссионных валов.

6. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. 5, в котором упорные подшипники (38, 39) представляют собой активные магнитные подшипники или газовые подшипники.

7. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. 5 или 6, в котором каждый упорный подшипник (38, 39) содержит:

первый упорный полуподшипник (40, 41) и второй упорный полуподшипник (42, 43),

причем каждый из первого упорного полуподшипника (40) и второго упорного полуподшипника (42) первого упорного подшипника (38) расположен по обеим сторонам от электрического двигателя (6), образуя раму радиальных подшипников (13, 14) первого трансмиссионного вала (8); и

при этом первый упорный полуподшипник (41) и второй упорный полуподшипник (43) второго упорного подшипника (39) расположены между газовым диффузором (33) и гибким соединением (11), образуя раму радиальных подшипников (15, 16) второго трансмиссионного вала (10),

причем первые упорные полуподшипники выполнены с возможностью компенсации тяги, создаваемой по меньшей мере одним компрессорным колесом (27, 28) по меньшей мере одной секции сжатия на первом и втором трансмиссионных валах в первом осевом направлении (X); и

при этом вторые упорные полуподшипники выполнены с возможностью компенсации тяги, создаваемой по меньшей мере одним компрессорным колесом по меньшей мере одной секции сжатия на первом и втором трансмиссионных валах во втором осевом направлении (Y), противоположном первому осевому направлению.

8. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по п. 7, в котором каждый магнитный упорный полуподшипник (40, 41, 42, 43) предусматривает:

- уступ (44, 45) на первом (8) или втором трансмиссионном валу; и

- катушку (46, 47), расположенную перед уступом и вблизи него;

причем первый или второй трансмиссионный вал проходит через катушку.

9. Детандерный и мотор-компрессорный агрегат по любому из пп. 1–8, содержащий:

первый уравнивающий поршень (25), расположенный вдоль второго трансмиссионного вала (10) из по меньшей мере двух трансмиссионных валов и

выполненный с возможностью компенсации перепада давлений, действующего на детандер (30),

причем детандер содержит по меньшей мере второй воздуховод (36), и

при этом первый уравновешивающий поршень содержит по меньшей мере третий воздуховод (37),

так что оба воздуховода выполнены с возможностью взаимодействия друг с другом для отвода газа, распыленного газовым диффузором, к выпускному патрубку детандера.

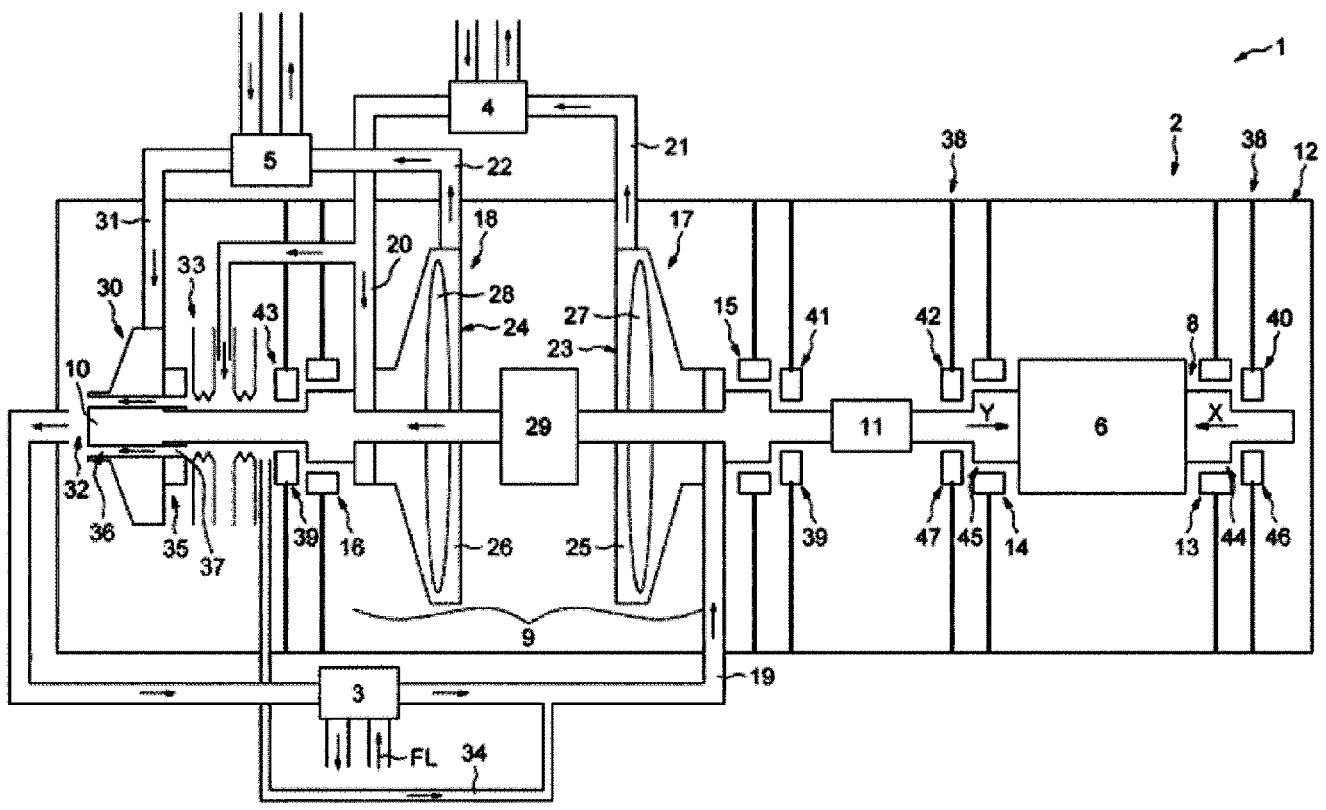
10. Система (1) охлаждения с замкнутым контуром, содержащая детандерный и мотор-компрессорный агрегат (2) по любому из пп. 1–9 и по меньшей мере три теплообменника (3, 4, 5),

- причем первый теплообменник (4) из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа части (17) низкого давления и впускным патрубком для газа части (18) высокого давления,

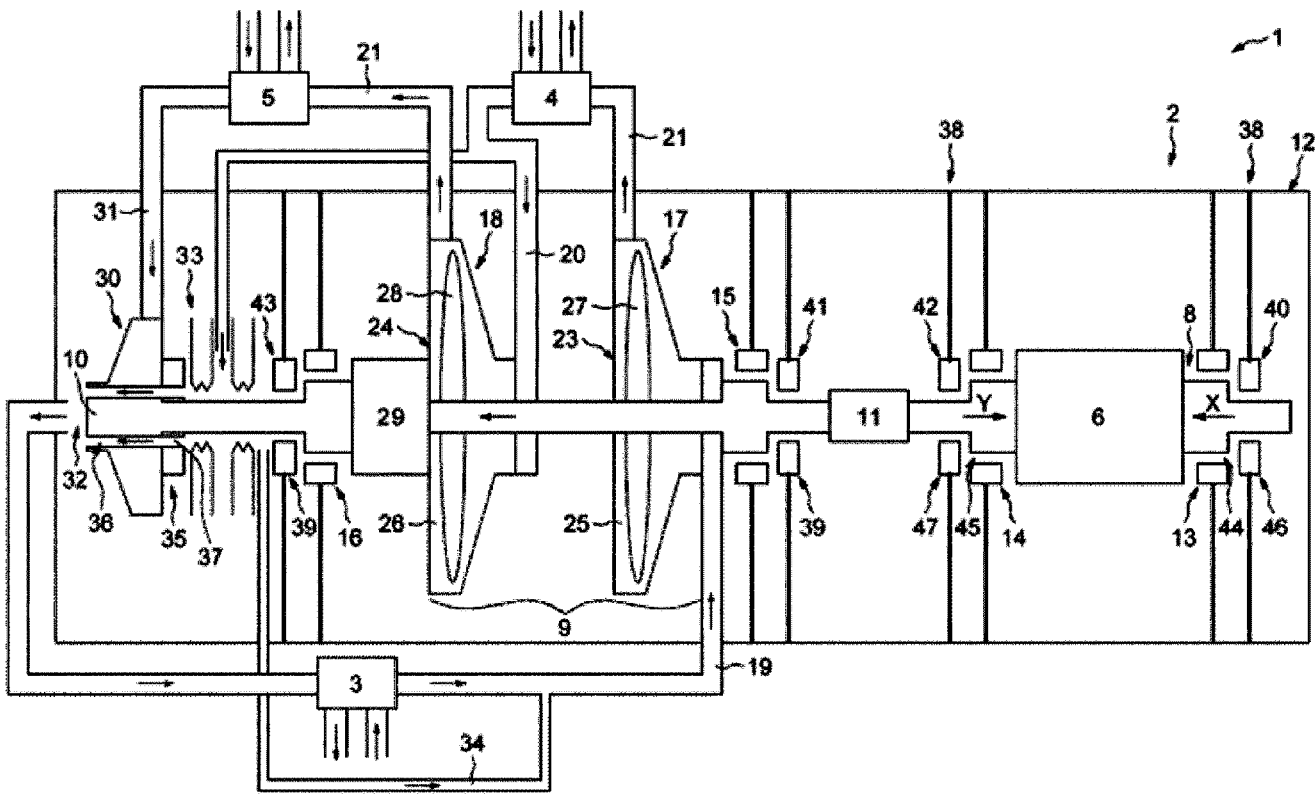
- при этом второй теплообменник (5) из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа части (18) высокого давления и впускным патрубком для газа детандера (30), и

- при этом третий теплообменник (3) из по меньшей мере трех теплообменников соединен с выпускным патрубком для газа детандера и впускным патрубком для газа части (18) высокого давления, и

- при этом первый и второй теплообменники выполнены с возможностью охлаждения газа, протекающего через первый и второй теплообменники, а третий теплообменник выполнен с возможностью нагрева газа, протекающего через третий теплообменник.



[Фиг. 1]



[Фиг. 2]