



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F02G 1/043 (2018.08); F04B 35/01 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2016128417, 30.01.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.01.2015

Дата регистрации:
03.12.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
31.01.2014 IT FI2014A000022

(43) Дата публикации заявки: 05.03.2018 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 03.12.2018 Бюл. № 34

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 31.08.2016

(86) Заявка РСТ:
EP 2015/051907 (30.01.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2015/114080 (06.08.2015)

Адрес для переписки:
191036, Санкт-Петербург, а/я 24,
"НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

БУФФА Франческо (ИТ),
САНТИНИ Марко (ИТ),
ТОНЬЯРЕЛЛИ Леонардо (ИТ),
МАДЖИ Кармело (ИТ)

(73) Патентообладатель(и):

НУОВО ПИНЬОНЕ СРЛ (ИТ)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 3074229 A, 22.01.1963. US
2558481 A, 26.06.1951. US 4532767 A,
06.08.1985. RU 58622 U1, 27.11.2006. JPS
62186070 A, 14.08.1987.

(54) ПОРШНЕВОЙ МОТОР-КОМПРЕССОР С ИНТЕГРИРОВАННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к области двигателей внешнего сгорания, в частности к системам привода поршневого компрессора двигателем Стирлинга. Техническим результатом является повышение эффективности привода компрессоров. Сущность изобретений заключается в том, что поршневой мотор-компрессор содержит раму (3), в которой с возможностью вращения размещен коленчатый вал (5). Поршни (17А, 17В) компрессора с возможностью привода соединены с коленчатым валом (5) и с помощью указанного вала

выполняют возвратно-поступательное движение в соответствующих цилиндрах (13А, 13В) компрессора. Коленчатый вал приводится во вращение встроенным двигателем (1В) Стирлинга. Двигатель Стирлинга содержит, по меньшей мере, горячий цилиндр (53) и холодный цилиндр (73), в которых выполняют возвратно-поступательное движение соответствующий горячий поршень (55) и соответствующий холодный поршень (75). Тепловая энергия подается к горячему цилиндру и частично преобразуется в механическую энергию для

привода поршневого компрессора. 3 н. и 12 з.п. ф-лы, 7 ил.

R U 2 6 7 3 9 5 4 C 2

R U 2 6 7 3 9 5 4 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

F02G 1/043 (2018.08); *F04B 35/01* (2018.08)(21)(22) Application: **2016128417, 30.01.2015**(24) Effective date for property rights:
30.01.2015Registration date:
03.12.2018

Priority:

(30) Convention priority:
31.01.2014 IT FI2014A000022(43) Application published: **05.03.2018** Bull. № 7(45) Date of publication: **03.12.2018** Bull. № 34(85) Commencement of national phase: **31.08.2016**(86) PCT application:
EP 2015/051907 (30.01.2015)(87) PCT publication:
WO 2015/114080 (06.08.2015)Mail address:
191036, Sankt-Peterburg, a/ya 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

**BUFFA Francesco (IT),
SANTINI Marco (IT),
TOGNARELLI Leonardo (IT),
MAGGI Carmelo (IT)**

(73) Proprietor(s):

NUOVO PIGNONE SRL (IT)(54) **RECIPROCATING MOTOR-COMPRESSOR WITH INTEGRATED STIRLING ENGINE**

(57) Abstract:

FIELD: internal combustion engines.

SUBSTANCE: group of inventions relates to the field of external combustion engines, in particular, to the systems for driving a piston compressor with a Stirling engine. Reciprocating motor-compressor comprises frame (3) wherein crankshaft (5) is rotatably housed. Compressor pistons (17A, 17B) are drivingly connected to crankshaft (5) and are reciprocatingly moved thereby in respective compressor cylinders (13A, 13B). Crankshaft is driven into rotation by embedded

Stirling engine (1B). Stirling engine comprises at least hot cylinder (53) and cold cylinder (73), wherein respective hot piston (55) and respective cold piston (75) are reciprocatingly moving. Thermal power is provided to the hot cylinder and partially converted into mechanical power for driving the reciprocating compressor.

EFFECT: technical result is high efficiency of the compressor drive.

15 cl, 7 dwg

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к усовершенствованию поршневых моторов-компрессоров.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 Поршневые компрессоры используются в различных отраслях промышленности для повышения давления газа. Типичной областью применения являются нефтеперерабатывающие заводы, например установки реформинга, гидрокрекинга и гидроочистки. Также поршневые компрессоры могут использоваться в полимерной промышленности для производства этилена и его производных.

10 Приводом для поршневых компрессоров обычно служат электрические двигатели, которые питаются электроэнергией от распределительной сети. В некоторых известных вариантах выполнения приводом для поршневых компрессоров служат двигатели внутреннего сгорания, например дизельные двигатели или двигатели Отто. В других установках для привода поршневых компрессоров используют паровые турбины.

15 Таким образом, для привода компрессоров требуется большое количество энергии высокого качества. Моторы-компрессоры, использующие дизельные двигатели или двигатели Отто, особенно сложны и дороги как с точки зрения изготовления, так и с точки зрения обслуживания.

Кроме того, двигатели внутреннего сгорания имеют низкую эффективность при
20 снижении количества оборотов.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В настоящем описании предложен усовершенствованный поршневой мотор-компрессор, в котором исключены или уменьшены, по меньшей мере, некоторые из недостатков известных моторов-компрессоров.

25 Более конкретно, одной из целевых технических проблем, решаемых с помощью предложенного в настоящем документе усовершенствованного поршневого мотора-компрессора, является создание интегрированной машины, содержащей поршневой компрессор, имеющий высокую эффективность при малой скорости вращения.

Согласно настоящему документу, поршневой мотор-компрессор содержит раму, в
30 которой с возможностью вращения размещен коленчатый вал. Поршни компрессора с возможностью привода соединены с коленчатым валом и с помощью последнего выполняют возвратно-поступательное движение в соответствующих цилиндрах компрессора. Поршень соединен как единое целое с ползуном, который шарнирно прикреплен к шатуну. Шатун выполнен с возможностью передачи движения коленчатого
35 вала к ползуну, а ползун выполнен с возможностью прямолинейного перемещения с поршнем в компрессорном цилиндре. Коленчатый вал приводится во вращение встроенным двигателем Стирлинга. Двигатель Стирлинга содержит по меньшей мере горячий цилиндр и холодный цилиндр, в которых выполняют возвратно-поступательное перемещение соответственно горячий поршень и холодный поршень. Тепловая энергия
40 подается на горячий цилиндр и частично преобразуется в механическую энергию для привода поршневого компрессора. Скорость вращения коленчатого вала находится в диапазоне от 150 об/мин до 1500 об/мин.

Интегрирование двигателя Стирлинга в поршневой компрессор в качестве
45 приводного устройства для поршневого компрессора позволяет использовать отработавшее тепло, например, от отработавших газов газовой турбины, или от любого другого источника отработавшего тепла в производственном процессе, для привода поршневого компрессора, тем самым сохраняя высококачественную энергию, например электроэнергию или ископаемое топливо. В некоторых вариантах выполнения в качестве

источника тепла может использоваться солнечная энергия. В некоторых вариантах выполнения в качестве источника холода может использоваться отработавший холодный поток в сочетании с источником тепла при температуре окружающей среды или с источником тепла при температуре выше температуры окружающей среды.

5 Механическая энергия для привода поршней компрессора обеспечивается на коленчатом валу благодаря циклической термодинамической трансформации, которой подвергается рабочая текучая среда, обрабатываемая в двигателе Стирлинга в соответствии с замкнутым циклом, при этом рабочая текучая среда поглощает высокотемпературное тепло от источника тепла и отдает низкотемпературное тепло
10 источнику холода.

Двигатели Стирлинга могут с высокой эффективностью работать на относительно низкой скорости вращения, что особенно полезно для привода больших поршневых компрессоров, особенно гиперкомпрессоров.

Среди различных преимуществ двигателя Стирлинга по сравнению с двигателем
15 внутреннего сгорания следует отметить следующие: требуется более простая система смазки, не требуется свечей зажигания, воздушных фильтров, цепей привода и других элементов распределительной системы, не нужны системы впрыска топлива, не требуется дорогое высококачественное ископаемое топливо.

Кроме того, так как величина диаметров цилиндров Стирлинга может быть больше
20 величины диаметров цилиндров внутреннего сгорания, одна и та же приводная мощность, необходимая для работы поршневого компрессора, может вырабатываться с использованием меньшего количества цилиндров в случае использования двигателя Стирлинга, а не двигателя внутреннего сгорания. Это позволяет сделать всю конструкцию проще и компактнее. В некоторых вариантах выполнения количество
25 цилиндров поршневого компрессора равно или даже меньше количества цилиндров двигателя Стирлинга. Например, двухцилиндровый двигатель Стирлинга может приводить в действие двухцилиндровый или четырехцилиндровый поршневой компрессор.

Согласно предпочтительным вариантам выполнения может быть предложен
30 поршневой мотор-компрессор, содержащий раму, коленчатый вал, с возможностью вращения закрепленный в указанной раме и имеющий шейки, по меньшей мере одну компрессорную цилиндропоршневую группу, содержащую компрессорный цилиндр и компрессорный поршень, выполняющий возвратно-поступательное движение в указанном цилиндре и с возможностью привода соединенный с соответствующей одной
35 из указанных шеек коленчатого вала, встроенный двигатель Стирлинга, содержащий по меньшей мере одну горячую цилиндропоршневую группу, содержащую горячий цилиндр и горячий поршень, с возможностью скольжения размещенный в указанном горячем цилиндре, источник тепла, по меньшей мере одну холодную цилиндропоршневую группу, содержащую холодный цилиндр и холодный поршень, с
40 возможностью скольжения размещенный в указанном холодном цилиндре, источник холода, проточное соединение между холодным цилиндром и горячим цилиндром, через которое рабочая текучая среда протекает от горячего цилиндра к холодному цилиндру и наоборот. Горячий поршень и холодный поршень с возможностью привода соединены с по меньшей мере одной из указанных шеек коленчатого вала, таким
45 образом, что вырабатываемая указанным двигателем Стирлинга мощность приводит в движение указанную по меньшей мере одну компрессорную цилиндропоршневую группу.

Согласно другому аспекту, предложен способ привода поршневого компрессора,

включающий следующие этапы:

обеспечение установленного в раме коленчатого вала, имеющего шейки, соединение с возможностью привода по меньшей мере одного возвратно-поступательного поршня по меньшей мере одной компрессорной цилиндропоршневой группы с одним из коленчатых валов,

обеспечение двигателя Стирлинга, содержащего источник тепла, источник холода, горячий поршень и холодный поршень,

соединение с возможностью привода горячего поршня и холодного поршня двигателя Стирлинга с указанным коленчатым валом,

подача тепловой энергии к указанному двигателю Стирлинга,

преобразование по меньшей мере части тепловой энергии в полезную механическую энергию в указанном двигателе Стирлинга и приведение в движение возвратно-поступательного поршня с помощью указанной механической энергии.

Признаки и варианты выполнения изобретения рассмотрены далее в настоящем документе, а также изложены в прилагаемой формуле изобретения, которая является неотъемлемой частью настоящего описания. В вышеприведенном кратком описании изложены признаки различных вариантов выполнения настоящего изобретения для того, чтобы было более понятно нижеследующее подробное описание и для того, чтобы лучше оценить предлагаемое усовершенствование существующего уровня техники.

Конечно существуют и другие признаки изобретения, которые будут описаны далее в настоящем документе и которые будут изложены в прилагаемой формуле изобретения.

В связи с этим, перед подробным описанием некоторых вариантов выполнения изобретения следует отметить, что различные варианты выполнения изобретения не ограничены в своем применении деталями конструкции и расположением компонентов,

приведенными в нижеследующем описании или проиллюстрированными на чертежах. Изобретение может иметь другие варианты выполнения и может осуществляться на практике и реализовываться различными способами. Также следует понимать, что формулировки и терминология использованы в настоящем документе для описания и не должны рассматриваться как ограничивающие.

Таким образом, специалистам в данной области будет понятно, что идея, на которой основано описание, может легко быть использована как основа для разработки других конструкций, методов и/или систем для достижения различных целей настоящего изобретения. Поэтому важно понимать, что формула изобретения охватывает такие эквивалентные конструкции, если они не выходят за пределы сущности и объема настоящего изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Более полная оценка изложенных вариантов выполнения изобретения и многих соответствующих преимуществ указанных вариантов будет легко получена, когда указанные варианты станут более понятны благодаря изучению следующего подробного описания совместно с прилагаемыми чертежами, на которых:

Фиг. 1 иллюстрирует схематический вид в аксонометрии устройства с интегрированным поршневым компрессором и двигателем Стирлинга,

Фиг. 2 и 3 иллюстрируют схематические виды в разрезе по линиям II-II и III-III на фиг. 1,

Фиг. 4-7 иллюстрируют схематические изображения четырех вариантов выполнения коленчатого вала и соответствующих поршневых групп в соответствии с настоящим описанием.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Последующее подробное описание примерных вариантов выполнения приведено со ссылкой на сопроводительные чертежи. Одинаковыми номерами позиций на различных чертежах обозначены одинаковые или подобные элементы. Кроме того, данные чертежи не обязательно выполнены в масштабе. Помимо этого, последующее

5 подробное описание не ограничивает данное изобретение. Вместо этого объем правовой охраны определяется прилагаемой формулой изобретения.

Ссылка в данном описании на «один вариант выполнения» или «вариант выполнения» означает, что конкретный признак, конструкция или характеристика, описанные в отношении варианта выполнения, включены по меньшей мере в один вариант

10 выполнения рассматриваемого изобретения. Таким образом, появление фраз «в одном варианте выполнения» или «в варианте выполнения» в различных местах описания не обязательно относится к тому же варианту выполнения. Кроме того, конкретные свойства, конструкции или характеристики могут быть объединены любым подходящим способом в одном или более вариантах выполнения.

Фиг. 1 схематически иллюстрирует поршневой компрессор с интегрированным двигателем Стирлинга. Машина 1 содержит раму или картер 3, в котором расположен коленчатый вал 5. Коленчатый вал 5 с возможностью привода соединен с возвратно-

15 поступательными поршнями, которые с возможностью скольжения размещены в соответствующих цилиндрах. Некоторые из цилиндропоршневых групп образуют секцию 1А поршневого компрессора машины 1, и по меньшей мере две

20 цилиндропоршневых группы образуют секцию 1В двигателя Стирлинга. В некоторых вариантах выполнения секция 1А поршневого компрессора может содержать две компрессорных цилиндропоршневых группы 7А и 7В.

Цилиндропоршневые группы секции 1А поршневого компрессора могут быть

25 соединены параллельно или последовательно. В показанном на фиг. 1-3 примерном варианте выполнения две цилиндропоршневые группы соединены последовательно, при этом выход нагнетательной стороны первой цилиндропоршневой группы 7А проточно соединен со входом второй цилиндропоршневой группы 7В. Газ

30 последовательно обрабатывается в двух цилиндропоршневых группах 7А и 7В, и поэтому цилиндр второй группы 7В имеет меньший объем по сравнению с цилиндром первой группы 7А.

В других вариантах выполнения в секции 1А поршневого компрессора машины 1 может быть выполнена только одна цилиндропоршневая группа или может быть выполнено более двух цилиндропоршневых групп.

Секция 1В двигателя Стирлинга машины 1 содержит горячую цилиндропоршневую

35 группу 9 и холодную цилиндропоршневую группу 11.

Фиг. 2 и 3 иллюстрируют схематические виды в разрезе по плоскостям, параллельным направлению перемещения поршня машины 1. В показанных на фиг. 2 и 3 вариантах выполнения поршневой компрессор представляет собой поршневой компрессор

40 двойного действия. В других вариантах выполнения можно использовать поршневые компрессоры одинарного действия.

Фиг. 2 иллюстрирует вид в разрезе первой цилиндропоршневой группы 7А секции 1А поршневого компрессора и вид в разрезе горячей цилиндропоршневой группы 9

45 секции 1В двигателя Стирлинга. Фиг. 3 иллюстрирует вид в разрезе второй цилиндропоршневой группы 7В и холодной цилиндропоршневой группы 11.

В показанном на фиг. 2 варианте выполнения первая цилиндропоршневая группа 7А содержит цилиндр 13А, имеющий цилиндрическую полость 15А, в которой размещен поршень 17А, который совершает возвратно-поступательное движение в полости 5 в

соответствии с двусторонней стрелкой f17A.

Полость 15А имеет головную сторону и сторону коленчатого вала, которые могут быть закрыты соответствующими уплотнительными элементами 19А и 21А.

Уплотнительные элементы могут быть закреплены на цилиндрическом корпусе 23А.

5 Уплотнительный элемент 21А может иметь отверстие, через которое может проходить шток 25А поршня. Манжетные уплотнения 27А могут обеспечивать уплотнение вокруг штока 25А поршня. Поршень 17А делит внутреннюю полость 15А цилиндра 23А соответственно на первую камеру, или камеру 29А головной стороны, и вторую камеру, или камеру 31А стороны коленчатого вала.

10 Каждая из указанных камер, первая камера 29А и вторая камера 31А, соединена с помощью соответствующих всасывающих клапанов и выпускных клапанов с всасывающим каналом и выпускным каналом, которые не показаны. В некоторых вариантах выполнения всасывающие клапаны и выпускные клапаны могут представлять собой автоматические клапаны, например, так называемые кольцевые клапаны или
15 подобные им. Всасывающие клапаны для первой камеры 29А и второй камеры 31А обозначены номерами позиций 33А и 35А соответственно. Количество всасывающих клапанов и выпускных клапанов для каждой из камер 29А и 31А может быть разным, в зависимости от размера и конструкции поршневого компрессора.

Возвратно-поступательным движением поршня 17А и штока 25А поршня управляет
20 коленчатый вал 5 с помощью соответствующего шатуна 37А. Шатун 37А может быть шарнирно прикреплен в точке 39А к ползуну 41А, который может иметь башмаки 43А скольжения ползуна, с возможностью скольжения контактирующие с поверхностями 45А скольжения. Вращательное движение коленчатого вала 5 преобразуется в возвратно-поступательное прямолинейное движение ползуна 41А в соответствии с двусторонней
25 стрелкой f41А. Первый конец штока 25А поршня соединен с ползуном 41А, а второй конец соединен с поршнем 17А таким образом, что ползун 41А и поршень 17А выполняют возвратно-поступательное движение как единое целое друг с другом.

Конструкция с шатуном, ползуном и поршнем позволяет уменьшить механические напряжения, возникающие, когда поршневой компрессор представляет собой машину
30 большого размера.

Большой конец шатуна 37А опирается на шейку 5.1 коленчатого вала 5. Соседняя шейка 5.2 коленчатого вала 5 может взаимодействовать с расположенным на большом конце отверстием шатуна 51 горячей цилиндропоршневой группы 9 секции 1В двигателя Стирлинга. Горячая цилиндропоршневая группа 9 содержит цилиндр 53 горячей стороны
35 и поршень 55 горячей стороны, с возможностью скольжения размещенный в цилиндре 53 горячей стороны, образуя расширительную камеру 56. Поршень 55 горячей стороны с помощью штока 57 поршня горячей стороны соединен с ползуном 59 горячей стороны с обеспечением контакта с возможностью скольжения с поверхностями 63 скольжения с помощью башмаков 61 скольжения. Ползун 59 шарнирно соединен в точке 65 с малым
40 концом шатуна 51. При вращении коленчатого вала 5, поршень 55 горячей стороны выполняет возвратно-поступательное движение в цилиндре 53 горячей стороны.

В показанном на фиг. 3 варианте выполнения вторая цилиндропоршневая группа 7В поршневого компрессора двойного действия содержит цилиндр 13В, имеющий внутреннюю цилиндрическую полость 15В, в которой размещен поршень 17В. Поршень
45 17В совершает возвратно-поступательное движение в полости 5 в соответствии с двусторонней стрелкой f17В.

Полость 15В имеет головную сторону и сторону коленчатого вала, которые могут быть закрыты соответствующими уплотнительными элементами 19В и 21В.

Уплотнительные элементы могут быть закреплены на цилиндрическом корпусе 23В. Уплотнительный элемент 21В может иметь отверстие, через которое может проходить шток 25В поршня. Манжетные уплотнения 27В могут обеспечивать уплотнение вокруг штока 25В поршня. Поршень 17В делит внутреннюю полость 15В цилиндра 23В
 5 соответственно на первую, или камеру 29В головной стороны и вторую, или камеру 31В стороны коленчатого вала.

Каждая из указанных камер, первая камера 29В и вторая камера 31В, соединена с помощью соответствующих всасывающих клапанов и выпускных клапанов с всасывающим каналом и выпускным каналом, которые не показаны. В некоторых
 10 вариантах выполнения всасывающие клапаны и выпускные клапаны могут представлять собой автоматические клапаны, например так называемые кольцевые клапаны или подобные им. Всасывающие клапаны для первой камеры 29В и второй камеры 31В обозначены номерами позиций 33В и 35В соответственно. Количество всасывающих клапанов и выпускных клапанов для каждой из камер 29В и 31В может быть разным,
 15 в зависимости от размера и конструкции поршневого компрессора.

Возвратно-поступательным движением поршня 17В и штока 25В поршня управляет коленчатый вал 5 с помощью соответствующего шатуна 37В. Шатун 37В может быть шарнирно прикреплен в точке 39В к ползуну 41В, который может иметь башмаки 43В
 20 скольжения ползуна, с возможностью скольжения контактирующие с поверхностями 45В скольжения. Вращательное движение коленчатого вала 5 преобразуется в возвратно-поступательное прямолинейное движение ползуна 41В в соответствии с двусторонней стрелкой f41В. Шток 25В поршня может быть соединен с ползуном 41В и с поршнем 17В, и передает движение от ползуна 41В к поршню 17В.

Большой конец шатуна 37В опирается на шейку 5.3 коленчатого вала 5. Соседняя
 25 шейка 5.4 вала 5 может взаимодействовать с расположенным на большом конце отверстием шатуна 71 холодной цилиндропоршневой группы 11 секции 1В двигателя Стирлинга. Холодная цилиндропоршневая группа 11 содержит цилиндр 73 холодной стороны и поршень 75 холодной стороны, с возможностью скольжения размещенный в цилиндре 73 холодной стороны. Холодная камера 74 сжатия образована между
 30 поршнем 75 холодной стороны и цилиндром 73 холодной стороны. Поршень 75 холодной стороны с помощью штока 77 поршня холодной стороны соединен с ползуном 79 холодной стороны с обеспечением контакта с возможностью скольжения с поверхностями 83 скольжения с помощью башмаков 61 скольжения. Ползун 79 холодной стороны шарнирно соединен в точке 85 с малым концом шатуна 71. Таким образом,
 35 при вращении вала 5, поршень 75 холодной стороны выполняет возвратно-поступательное движение в цилиндре 73 холодной стороны.

Источник тепла, т.е. источник тепловой энергии, схематически показанный под номером 91, соединен с горячей цилиндропоршневой группой 9 и обеспечивает подачу высокотемпературной тепловой энергии к рабочей среде, которая циклически
 40 перемещается от цилиндра 53 горячей стороны к цилиндру 73 холодной стороны и наоборот при выполнении термодинамического цикла Стирлинга.

Источник 91 тепла может содержать горелку, в которой топливо сгорает с образованием тепла, которое передается, например, с помощью схематически показанного под номером 92 теплообменника к рабочей текучей среде двигателя
 45 Стирлинга.

В некоторых вариантах выполнения источник тепла может представлять собой систему утилизации отработавшего тепла, где отработавшее тепло передается к рабочей текучей среде. Например, тепло отработавшего дымового газа газовой турбины может

передаваться рабочей текучей среде двигателя Стирлинга. Отдельный контур теплопередачи (не показан), где циркулирует теплопередающая текучая среда, может использоваться для передачи тепла от источника отработавшего тепла к двигателю Стирлинга. Диатермическое масло, вода или любая другая теплопередающая текучая среда может циркулировать в контуре и обмениваться теплом с отработавшим дымовым газом газовой турбины с одной стороны, и с рабочей текучей средой двигателя Стирлинга с другой стороны.

Источник холода или поглотитель 93 тепла соединен с холодной цилиндропоршневой группой 11. Низкотемпературное тепло (то есть тепловая энергия с температурой ниже температуры тепловой энергии, обеспечиваемой источником 91 тепла) отводится от рабочей текучей среды источника 93 холода. Проход или канал 94 соединяет цилиндр 53 горячей стороны с цилиндром 73 холодной стороны. Источник холода или поглотитель 93 тепла может содержать теплообменник, например воздушный теплообменник, где охлаждается рабочая текучая среда двигателя Стирлинга путем выпуска низкотемпературного тепла в воздух окружающей среды. В качестве поглотителя тепла также может использоваться водяной теплообменник, в котором низкотемпературное тепло отводится от рабочей текучей среды двигателя Стирлинга с помощью циркулирующей холодной воды. Вдоль канала 94 может быть выполнен регенератор 96 тепла.

В некоторых вариантах выполнения поглотитель тепла может содержать источник холода, где тепло отводится при температуре, которая меньше температуры окружающей среды. Например, в качестве источника холода может использоваться холодная текучая среда из процесса расширения, хладагент из контура охлаждения или аналогичные вещества. Источник холода может быть обеспечен с помощью процесса регазификации, в котором тепло отводится от источника холода и используется для газификации сжиженного природного газа (СПГ). В этом случае отвод тепла от источника холода двигателя Стирлинга обеспечивается путем теплообмена с потоком отработавшей холодной текучей среды.

В некоторых вариантах выполнения, когда источник холода имеет температуру ниже температуры окружающей среды, источник тепла может иметь температуру окружающей среды. Если температура источника холода достаточно ниже температуры окружающей среды, источником тепла может быть сам окружающий воздух.

Обычно, для работы двигателя Стирлинга, интегрированного в поршневом моторе-компрессоре, показанном на фиг. 1-3, подходит перепад температур между источником тепла и источником холода, равный 200°C или более.

Угловые положения шеек 5.1-5.4 коленчатого вала можно лучше понять, обратившись к фиг. 4, где показана только центральная линия коленчатого вала, а также очень схематичное изображение поршней, шатунов, штоков поршней и ползунов машины 1. Схематически показанные на фиг. 4 элементы обозначены теми же номерами позиций, что и на фиг. 1-3.

Как показано на фиг. 2, 3 и 4, шейки 5.1 и 5.2 расположены под углом 180° друг относительно друга, шейки 5.3 и 5.4 расположены под углом 180° друг относительно друга, шейки 5.2 и 5.3 под углом 90°. Два поршня секции 1В двигателя Стирлинга, следовательно, расположены под углом 90° друг относительно друга. Двигатель Стирлинга полностью интегрирован в поршневой машине в качестве секции 1В двигателя Стирлинга, и имеет общий с секцией 1В поршневого компрессора коленчатый вал, раму, подшипники и систему смазки (в том числе насос смазочного масла и охладитель, если таковые имеются).

На схеме фиг. 4 высокотемпературное тепло, поступающее на горячую сторону двигателя Стирлинга, обозначено стрелкой Н1, а низкотемпературное тепло, отбираемое на холодной стороне двигателя Стирлинга, обозначено стрелкой Н2.

5 Работа двигателя Стирлинга известна в данной области техники и не будет подробно описана в настоящем документе. Достаточно напомнить, что при начале возвратно-поступательного движения поршня 55 горячей стороны в цилиндре 53 горячей стороны и поршня 75 холодной стороны в цилиндре 73 холодной стороны, указанное движение будет продолжаться благодаря подаваемой на горячей стороне тепловой энергии, которая частично преобразуется в механическую энергию, имеющуюся на коленчатом валу, при этом необработанная тепловая энергия поступает к поглотителю тепла. Преобразование энергии выполняется путем циклической термодинамической трансформации, которой подвергается рабочая текучая среда, содержащаяся в замкнутой системе, образованной цилиндропоршневыми группами 9 и 11, регенератором 96 тепла, охладителем 93, нагревателем 92, а также каналом 92, соединяющим указанные
10
15 элементы.

Таким образом, механическая энергия, вырабатываемая двигателем Стирлинга, образованным цилиндропоршневыми группами 9 и 11 с соответствующим соединительным каналом, источником тепла и источником холода, используется для привода коленчатого вала 5 и для сжатия газа в секции 1А поршневого компрессора поршневой машины 1. На коленчатом валу 5 предусмотрен маховик (не показан), который помогает поддерживать непрерывное вращательное движение коленчатого вала.
20

На основании такого же принципа можно сконструировать машины большего размера и с увеличенным количеством поршней поршневого компрессора и поршней двигателя Стирлинга. Фиг. 5 иллюстрирует, так же схематически, как фиг. 4, расположение коленчатого вала, шеек коленчатого вала, шатунов, ползунов и поршней в интегрированном поршневом моторе-компрессоре, содержащем четыре поршня поршневого компрессора и два двигателя Стирлинга, имеющие две холодные цилиндропоршневые группы и две горячие цилиндропоршневые группы. Более
25
30 конкретно, на фиг. 5 показан вариант выполнения с коленчатым валом 5, имеющим шейки 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 и 5.8. Ось вращения коленчатого вала 5 обозначена А-А.

На фиг. 5 элементы и детали четырех цилиндропоршневых групп секции 1А поршневого компрессора обозначены такими же номерами позиций, как и на фиг. 2 и 3 с добавлением букв А, В, С и D для четырех цилиндропоршневых групп. В данном варианте выполнения секция 1 В двигателя Стирлинга содержит четыре цилиндропоршневых группы, а именно две горячих цилиндропоршневых группы и две холодных цилиндропоршневых группы. Элементы двух пар групп обозначены теми же номерами позиций, что использовались для обозначения горячей цилиндропоршневой группы 9 и холодной цилиндропоршневой группы 11, показанных на фиг. 1, 2 и 3, с добавлением букв А и В соответственно. В некоторых предпочтительных вариантах выполнения два горячих поршня и два холодных поршня в двух парах расположены под углом 180° друг относительно друга, то есть шейка 5.2, с возможностью привода соединенная с горячим поршнем 55А, расположена под углом 180° относительно шейки 5.6 горячего поршня 55В. Аналогично, холодный поршень 75А с возможностью привода соединен с шейкой 5.4, которая расположена под углом 180° относительно шейки 5.8, которая с возможностью привода соединена с холодным поршнем 75В. Так как горячий поршень и холодный поршень в каждой паре должны быть расположены под углом
35
40
45

90° друг к другу, шейки 5.2 и 5.4 расположены под углом 90° друг относительно друга, и шейки 5.6 и 5.8 расположены под углом 90°.

Конструкция вала 5 на фиг. 5 такая же, как в 8-цилиндровом поршневом компрессоре с внешним приводом. Следовательно, в полученном интегрированном моторе-компрессоре использована такая же рама 3 и вал 5, что и в существующем 8-цилиндровом поршневом компрессоре, но содержится встроенный двигатель Стирлинга, который совместно использует часть конструкции и вспомогательных элементов секции поршневого компрессора, а именно раму 3, вал 5, подшипники, смазочный контур и другие.

На показанном на фиг. 5 схематичном изображении высокотемпературное тепло, поступающее на горячую сторону двигателя Стирлинга, обозначено стрелками Н1 и Н3, а низкотемпературное тепло, отводимое на холодной стороне двигателя Стирлинга, обозначено стрелками Н2 и Н4.

В машине с четырьмя цилиндрами или с восемью цилиндрами коленчатый вал, предназначенный для соответствующего поршневого компрессора, имеющего соответственно четыре и восемь компрессорных цилиндропоршневых групп, может быть использован без изменения конструкции указанного коленчатого вала.

В других вариантах выполнения интегрированная поршневая машина с секцией двигателя Стирлинга и с секцией поршневого компрессора может быть выполнена с различным количеством цилиндров. Например, может быть выполнена машина с шестью цилиндрами, имеющая две цилиндропоршневые группы двигателя Стирлинга в секции двигателя Стирлинга и четыре цилиндропоршневые группы поршневого компрессора. Однако для достижения правильного взаимного расположения поршней двигателя Стирлинга, в данном случае необходимо предусмотреть специальный коленчатый вал.

В представленных на фиг. 1-5 вариантах выполнения предусмотрены шейки коленчатого вала, каждая из которых приводит в движение одну цилиндропоршневую группу, например цилиндропоршневую группу двойного действия. Известны поршневые компрессоры, в которых одна и та же шейка коленчатого вала приводит в движение две противоположные цилиндропоршневые группы, которые расположены под углом 180° друг относительно друга. Обычно варианты выполнения, в которых одна шейка коленчатого вала приводит в движение противоположные поршни, используются в гиперкомпрессорах.

Фиг. 6 и 7 схематически иллюстрируют примеры конструкции коленчатого вала для привода интегрированных поршневых моторов-компрессоров со встроенным двигателем Стирлинга и несколькими цилиндропоршневыми группами поршневого компрессора.

Фиг. 6 иллюстрирует коленчатый вал 5, закрепленный в раме (не показана) и содержащий пять шеек 5.1-5.5 коленчатого вала. Шейки 5.1-5.4 с возможностью привода соединены с четырьмя парами поршней компрессора, которые вместе обозначены номером 101. В показанном на фиг. 6 примерном варианте выполнения каждая шейка 5.1-5.5 приводит в движение два противоположных поршня 101, которые расположены под углом 180°. Каждый поршень может быть частью цилиндропоршневой группы одинарного действия. Каждый поршень 101 может быть с возможностью привода соединен с соответствующей шейкой 5.1-5.4 с помощью соответствующего штока 103 поршня, ползуна 105 и шатуна 107.

Специалистам в области поршневых компрессоров, а особенно в области поршневых гиперкомпрессоров, известно, что в других вариантах выполнения каждая шейка

коленчатого вала может быть с возможностью привода соединена с парой противоположных, однонаправленных поршней с помощью одного шатуна, обеспечивающего возвратно-поступательное движение центрального ползуна. Штоки поршня присоединены с двух противоположных сторон центрального ползуна, обеспечивающего их возвратно-поступательное движение. Вдоль штока могут быть выполнены дополнительные вспомогательные ползуны.

В некоторых гиперкомпрессорах шток поршня с возможностью скольжения размещен в цилиндре, и сам поршень образован концевой частью этого штока.

Цилиндропоршневые группы могут быть объединены в компрессорную секцию 1А интегрированного поршневого компрессора.

Коленчатый вал 5 приводится во вращение с помощью секции двигателя Стирлинга, которая использует один и тот же коленчатый вал и ту же раму. Секция двигателя Стирлинга может содержать горячую цилиндропоршневую группу и холодную цилиндропоршневую группу, по существу аналогичные известным в уровне техники.

На фиг. 6 секция 1В двигателя Стирлинга представлена схематически горячим поршнем 109 и холодным поршнем 111, которые с возможностью скольжения размещены соответственно в горячем цилиндре и холодном цилиндре (цилиндры не показаны).

Горячая цилиндропоршневая группа и холодная цилиндропоршневая группа расположены под углом примерно 90° друг к другу. В показанном на фиг. 6 примерном варианте выполнения две цилиндропоршневые группы двигателя Стирлинга приводятся в движение одной и той же шейкой 5.5 вала. Для простоты показано, что соединение между шейкой 5.5 вала и поршнями 109 и 111 содержит только соответствующий шатун 112. В других вариантах выполнения вместо этого может быть использовано приводное соединение, содержащее шатун, ползун и шток поршня, аналогично тому, что описано со ссылкой на фиг. 1-5.

В некоторых вариантах выполнения две цилиндропоршневые группы двигателя Стирлинга могут быть расположены параллельно друг другу и приводятся в движение двумя различными шейками коленчатого вала, расположенными под углом 90° друг относительно друга.

Стрелками Н1 и Н2 схематически обозначена высокотемпературная тепловая энергия, подаваемая на горячую сторону двигателя Стирлинга, и низкотемпературная тепловая энергия, отводимая на холодной стороне двигателя Стирлинга.

Фиг. 7 иллюстрирует похожий вариант выполнения, где секция 1В двигателя Стирлинга интегрированной поршневой машины содержит сдвоенный двигатель Стирлинга с двумя горячими цилиндропоршневыми группами и двумя холодными цилиндропоршневыми группами. Для обозначения одинаковых или аналогичных элементов использованы такие же номера позиций, что и на фиг. 6. Поршни горячей стороны обозначены номерами 109А и 109В, а поршни холодной стороны номерами 111А и 111В. Стрелками Н1 и Н2 соответственно обозначено тепло, подаваемое на источник тепла и отводимое от источника холода двигателя Стирлинга. Две пары цилиндропоршневых групп двигателя Стирлинга расположены под углом 180° друг к другу и приводятся во вращение двумя шейками 5.5 и 5.6.

В некоторых вариантах выполнения коленчатый вал 5 может вращаться со скоростью, например, в диапазоне от 150 об/мин до 1500 об/мин, меньшие значения скорости особенно подходят для гиперкомпрессоров.

В описанных выше вариантах выполнения может быть предусмотрен пусковой двигатель, который запускает вращение коленчатого вала 5. Например, может быть предусмотрен электрический пусковой двигатель на одной из свободных сторон

коленчатого вала, снаружи или внутри рамы 5.

Несмотря на то, что предложенные варианты выполнения описанного в настоящем документе изобретения были показаны на чертежах и полностью описаны выше с подробностями и деталями на примере нескольких примерных вариантов выполнения, 5 специалистам в данной области будет очевидно, что возможно выполнение многих модификаций, изменений и опущений без существенного отклонения от новой идеи, принципов и замысла, изложенных в настоящем документе, и от преимуществ изобретения, изложенного в прилагаемой формуле. Таким образом, должный объем изложенного новшества должен определяться только путем самого широкого 10 толкования прилагаемой формулы, так чтобы охватывать все такие модификации, изменения и опущения. Различные признаки, конструкции и средства разных вариантов выполнения можно разными способами комбинировать.

(57) Формула изобретения

1. Поршневой мотор-компрессор, содержащий 15 раму,

коленчатый вал, с возможностью вращения закрепленный в указанной раме и имеющий шейки,

по меньшей мере одну компрессорную цилиндропоршневую группу, содержащую 20 компрессорный цилиндр и компрессорный поршень, выполняющий возвратно-поступательное перемещение в указанном цилиндре и с возможностью привода соединенный с соответствующей одной из указанных шеек коленчатого вала с помощью ползуна, соединенного как единое целое с поршнем и шарнирно прикрепленного к шатуну,

25 встроенный двигатель Стирлинга, содержащий по меньшей мере одну горячую цилиндропоршневую группу, содержащую горячий цилиндр и горячий поршень, с возможностью скольжения размещенный в указанном горячем цилиндре, источник тепла, по меньшей мере одну холодную цилиндропоршневую группу, содержащую 30 холодный цилиндр и холодный поршень, с возможностью скольжения размещенный в указанном холодном цилиндре, источник холода, проточное соединение между холодным цилиндром и горячим цилиндром, через которое рабочая текучая среда протекает от горячего цилиндра к холодному цилиндру и обратно,

причем горячий поршень и холодный поршень с возможностью привода соединены с по меньшей мере одной из указанных шеек коленчатого вала таким образом, что 35 вырабатываемая указанным двигателем Стирлинга мощность приводит в движение указанную по меньшей мере одну компрессорную цилиндропоршневую группу, при этом скорость вращения указанного коленчатого вала находится в диапазоне от 150 об/мин до 1500 об/мин.

2. Поршневой мотор-компрессор по п. 1, в котором указанный горячий поршень 40 соединен с первой из указанных шеек коленчатого вала, а указанный холодный поршень соединен со второй из указанных шеек коленчатого вала.

3. Поршневой мотор-компрессор по п. 1, в котором указанный горячий поршень и указанный холодный поршень соединены с общей шейкой коленчатого вала.

4. Поршневой мотор-компрессор по п. 1, содержащий по меньшей мере два 45 компрессорных поршня, соединенных с двумя соответствующими шейками указанного коленчатого вала, расположенными под углом примерно 180° друг относительно друга.

5. Поршневой мотор-компрессор по п. 1, в котором указанная по меньшей мере одна компрессорная цилиндропоршневая группа представляет собой компрессорную

цилиндропоршневую группу двойного действия.

6. Поршневой мотор-компрессор по п. 1, в котором указанная по меньшей мере одна компрессорная цилиндропоршневая группа представляет собой компрессорную цилиндропоршневую группу одинарного действия.

5 7. Поршневой мотор-компрессор по п. 1, содержащий по меньшей мере две компрессорные цилиндропоршневые группы, поршни которых соединены с общей шейкой коленчатого вала.

8. Поршневой мотор-компрессор по п. 1, в котором количество N компрессорных цилиндропоршневых групп равно количеству горячих цилиндропоршневых групп в
10 указанном двигателе Стирлинга или превышает его.

9. Поршневой мотор-компрессор по любому из пп. 1-8, в котором между источником тепла и источником холода обеспечена разница температур, равная 200°C или более.

10. Система, содержащая поршневой компрессор по любому из пп. 1-9 и источник отработавшего тепла, находящийся в тепловом контакте с источником тепла двигателя
15 Стирлинга.

11. Система, содержащая поршневой компрессор по любому из пп. 1-9 и поток холодной текучей среды, находящийся в тепловом контакте с источником холода двигателя Стирлинга.

12. Способ привода поршневого компрессора, включающий следующие этапы:
20 обеспечение установленного в раме коленчатого вала, имеющего шейки, соединение с возможностью привода по меньшей мере одного возвратно-поступательного поршня по меньшей мере одной компрессорной цилиндропоршневой группы с одним из коленчатых валов с помощью ползуна, соединенного как единое целое с поршнем и шарнирно прикрепленного к шатуну,

25 обеспечение двигателя Стирлинга, содержащего источник тепла, источник холода, горячий поршень и холодный поршень,

соединение с возможностью привода горячего поршня и холодного поршня двигателя Стирлинга с указанным коленчатым валом,

подача тепловой энергии к указанному двигателю Стирлинга,

30 преобразование, по меньшей мере, части тепловой энергии в полезную механическую энергию в указанном двигателе Стирлинга и приведение в движение возвратно-поступательного поршня с помощью указанной механической энергии,

причем обеспечивают вращение указанного коленчатого вала со скоростью в диапазоне от 150 об/мин до 1500 об/мин.

35 13. Способ по п. 12, в котором указанную тепловую энергию обеспечивают с помощью источника отработавшего тепла.

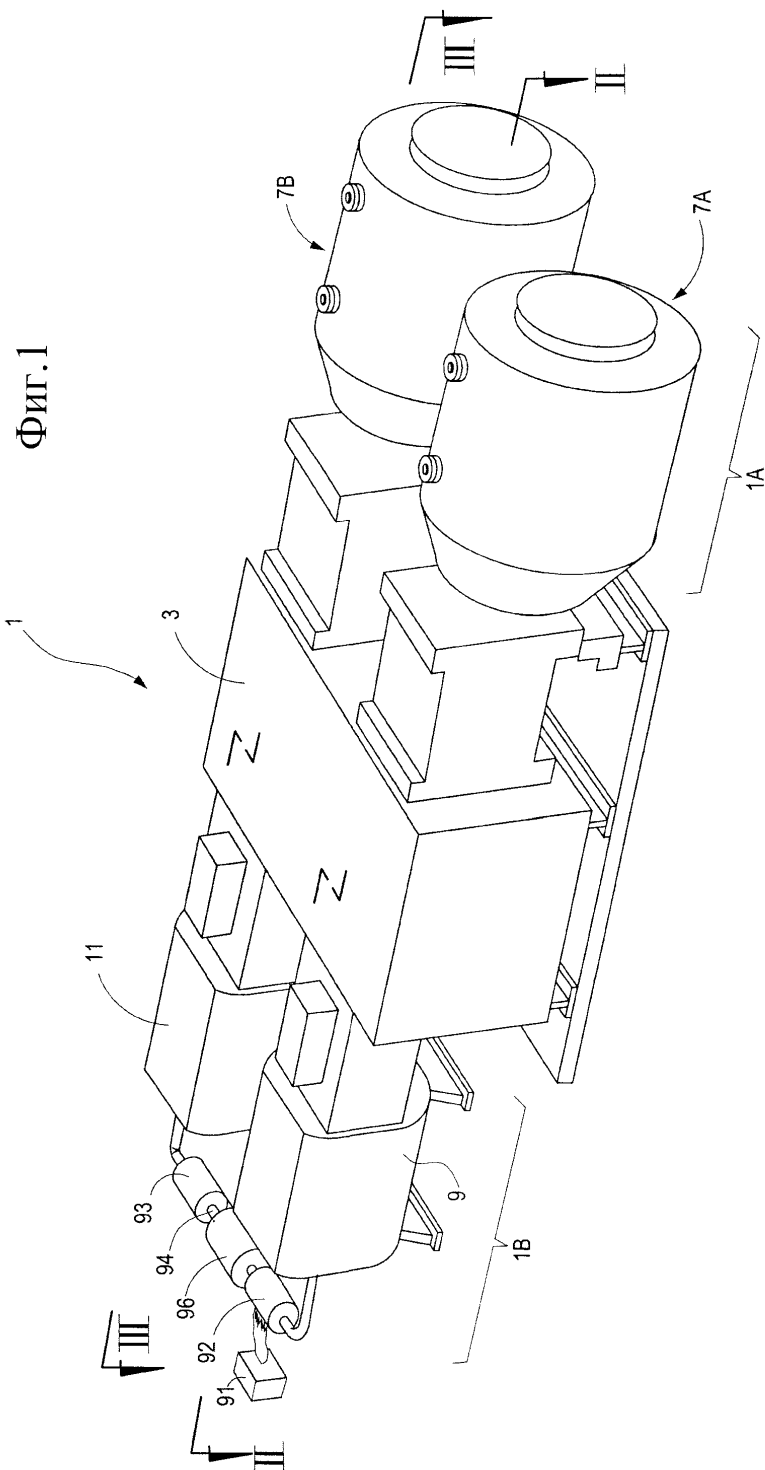
14. Способ по п. 12, в котором низкотемпературное тепло отводят от источника холода двигателя Стирлинга с помощью теплообмена с потоком отработавшей холодной текучей среды.

40 15. Способ по любому из пп. 12-14, в котором между источником тепла и источником холода обеспечивают разницу температур, равную 200°C или более.

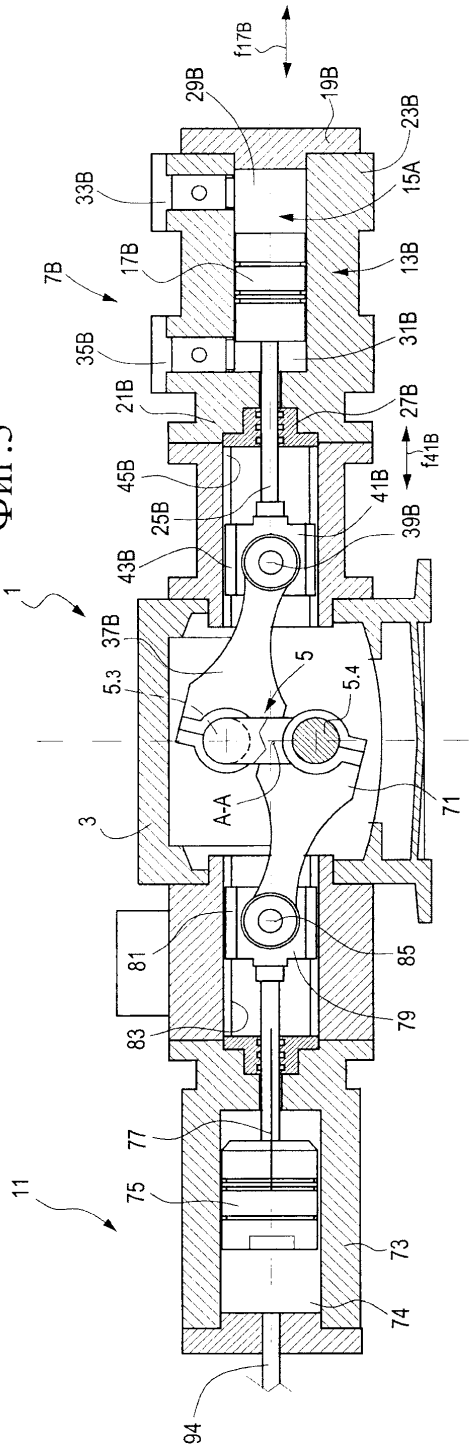
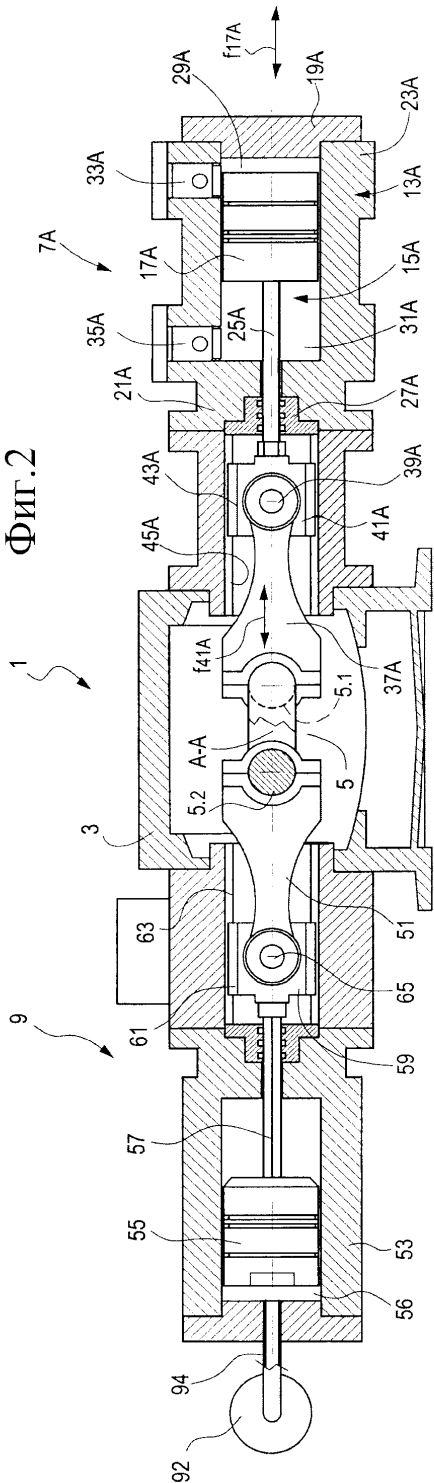
1

Поршневой мотор-компрессор с интегрированным двигателем стирлинга

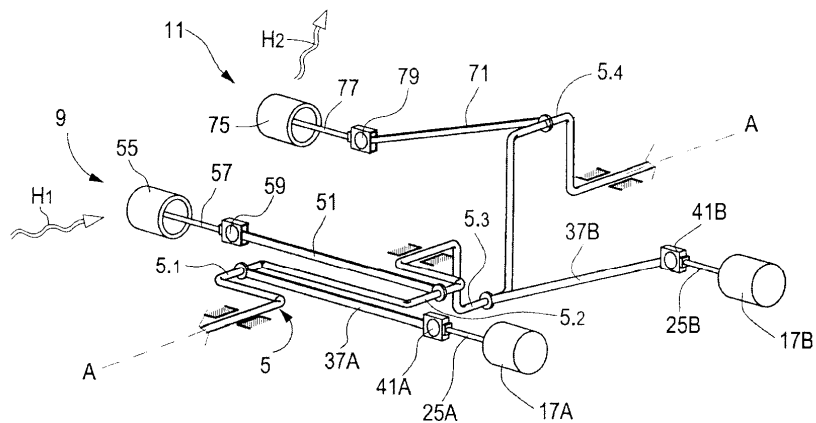
1/4



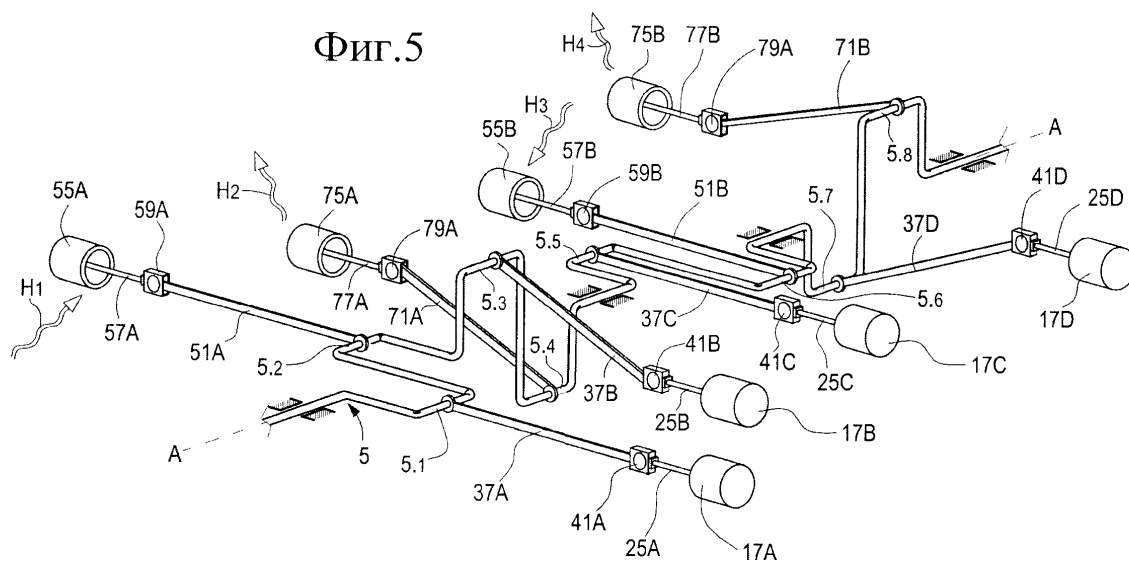
2



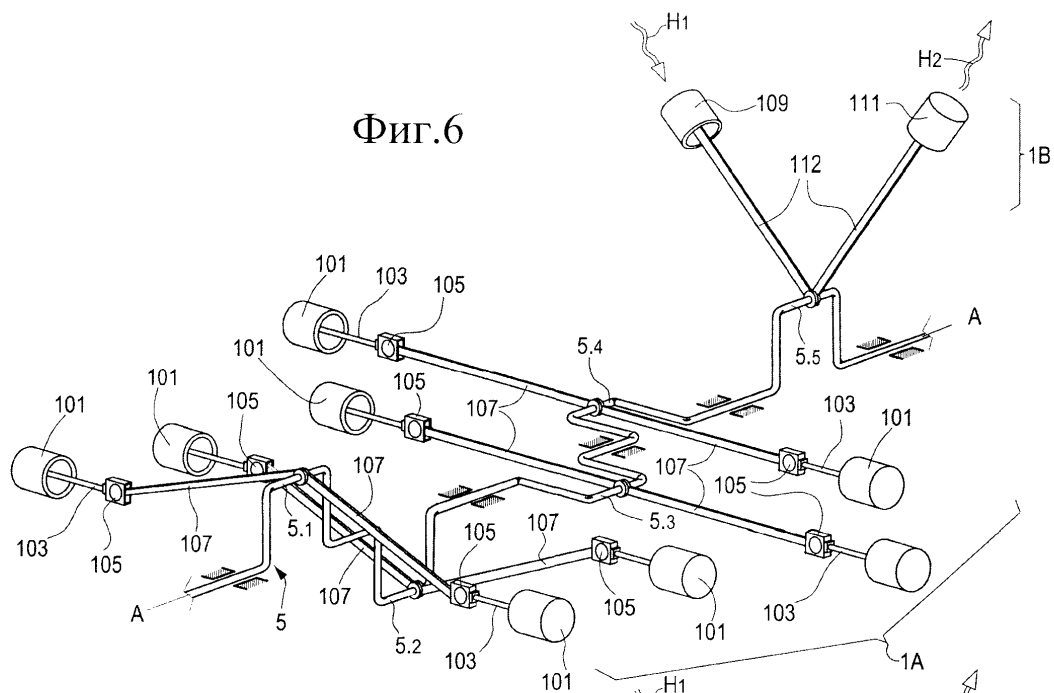
Фиг.4



ФИГ.5



Фиг.6



Фиг.7

