

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038448**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- |   |  |
|---|--|
| <p>(45) Дата публикации и выдачи патента<br/><b>2021.08.30</b></p> <p>(21) Номер заявки<br/><b>202090942</b></p> <p>(22) Дата подачи заявки<br/><b>2019.01.25</b></p> | <p>(51) Int. Cl. <b>F04B 27/02</b> (2006.01)<br/><b>F16C 3/06</b> (2006.01)<br/><b>F16C 9/02</b> (2006.01)<br/><b>F16M 1/021</b> (2006.01)</p> |
|---|--|

**(54) ПОРШНЕВОЙ КОМПРЕССОР**

- |  |  |
|--|--|
| <p>(31) <b>2018122867</b></p> <p>(32) <b>2018.06.24</b></p> <p>(33) <b>RU</b></p> <p>(43) <b>2020.07.31</b></p> <p>(86) <b>PCT/RU2019/000046</b></p> <p>(87) <b>WO 2020/005101 2020.01.02</b></p> <p>(71)(73) Заявитель и патентовладелец:<br/><b>АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО<br/>"РУМО" (RU)</b></p> | <p>(72) Изобретатель:<br/><b>Егоров Виктор Александрович (RU)</b></p> <p>(74) Представитель:<br/><b>Гришина Л.В. (RU)</b></p> <p>(56) <b>RU-U1-126382</b><br/><b>RU-C2-2645885</b><br/><b>SU-A1-1325193</b><br/><b>JP-A-2005188482</b></p> |
|--|--|

- (57) Изобретение относится к области машиностроения, касается устройства поршневого компрессора, предназначенного для сжатия и перекачивания природных и попутных нефтяных газов различного химического состава, который может быть применен для работы в составе газоперекачивающих агрегатов по закачке природного газа в подземные хранилища, на дожимных компрессорных станциях и других объектах газовой и нефтеперерабатывающей промышленности. Поршневой компрессор содержит фундаментную раму, в которой размещен кривошипно-шатунный механизм. Кривошипно-шатунный механизм состоит из коленчатого вала, выполненного с возможностью соединения с двигателем и шатунов. Коленчатый вал установлен в коренных подшипниках, один из которых является упорным. Верхние головки шатунов установлены в крейцкопфах, расположенных в направляющих крейцкопфов, а кривошипные головки шатунов соединены с шатунными шейками коленчатого вала. Компрессорные цилиндры закреплены на фундаментной раме через направляющие крейцкопфов и соединены с кривошипно-шатунным механизмом посредством штоков поршней, соединенных с крейцкопфами. Также устройство содержит буферные емкости всасывания и нагнетания. В верхней части фундаментной рамы между продольными стенками установлены распорки с регулировочными проставками на концах, посредством которых они без зазоров соединены с фундаментной рамой. Коленчатый вал выполнен с шеками овальной формы. Упорный подшипник содержит крышку, в которой установлены упорные полукольца. Направляющие крейцкопфов выполнены с продольными ребрами жесткости. Штоки поршней компрессорных цилиндров соединены с крейцкопфами посредством гаек и контргаек, выполненных с кольцевыми проточками в теле. Техническим результатом от использования изобретения является расширение диапазона по давлениям на всасывании и нагнетании, более полное использование мощности компрессора для получения большей производительности, повышение безопасности эксплуатации компрессора при повышенном усилии на штоке до 32 т, снижение массы и габаритов.

**B1****038448****038448****B1**

Изобретение относится к области машиностроения, касается устройства поршневого компрессора, предназначенного для сжатия и перекачивания природных и попутных нефтяных газов различного химического состава, который может быть применен для работы в составе газоперекачивающих агрегатов по закачке природного газа в подземные хранилища, на дожимных компрессорных станциях и других объектах газовой и нефтеперерабатывающей промышленности.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому техническому результату к предлагаемому изобретению является поршневой компрессор, защищенный патентом RU 2645885 С2, кл. F04B 35/00, опубл. 05.10.2017 г., принятый за ближайший аналог (прототип).

Поршневой компрессор на оппозитных базах по прототипу содержит станину, в которой размещен кривошипно-шатунный механизм, состоящий из коленчатого вала, выполненного с возможностью соединения с электродвигателем, насаженных на него коренных подшипников и шатуна, верхняя головка которого закреплена в крейцкопфе, расположенном в направляющей, а кривошипная головка прикреплена к шатунной шейке коленчатого вала, и выполненный с возможностью преобразования вращательного движения коленчатого вала в возвратно-поступательное движение крейцкопфа в направляющей, и связанного с ним штока с поршнем в цилиндре, соединенном с направляющей крейцкопфа.

Преимуществами и общими признаками устройства по прототипу с разработанным является повышенное номинальное поршневое усилие компрессора. В устройстве по прототипу номинальное поршневое усилие составляет 15 и 25 тонн (т), при этом элементы кривошипно-шатунного механизма рассчитаны на рабочие усилия соответственно 20,0 и 33,5 т, короткий ход поршня 100 или 120 мм, высокие обороты от 1000 до 1500 об/мин. При этом обеспечивается средняя скорость поршня от 3,25 до 5,0 м/с. Это позволяет применять материалы, обеспечивающие компримирование газа без смазки цилиндров и сальников при средней скорости поршня до 4,0 м/с.

Однако прототип не лишен недостатков:

во-первых, рабочие усилия кривошипно-шатунного механизма 20,0 и 33,5 т не соответствует усилию на шток компрессорного цилиндра 15 и 25 т, что приводит к переразмериванию базы компрессора и, как следствие, к увеличению массово-габаритных показателей компрессора по сравнению с поршневыми компрессорами, у которых усилие на шток компрессорного цилиндра соответствует усилиям кривошипно-шатунного механизма;

во-вторых, из-за несоответствия расчетных усилий кривошипно-шатунного механизма и усилия на шток компрессорного цилиндра отсутствует возможность повышения мощности компрессора;

в-третьих, из-за ограничения расчетного усилия на шток компрессорного цилиндра не полностью используется возможность кривошипно-шатунного механизма по диапазону давлений сжимаемого газа на всасывании и нагнетании.

В задачу изобретения положено усовершенствование поршневого компрессора.

Техническим результатом от использования изобретения является расширение диапазона по давлению на всасывании и нагнетании, более полное использование мощности компрессора для получения большей производительности, повышение безопасности эксплуатации компрессора при повышенном усилии на штоке до 32 т, снижение массы и габаритов.

Это достигается тем, что в поршневом компрессоре, содержащем фундаментную раму, в которой размещен кривошипно-шатунный механизм, состоящий из коленчатого вала, выполненного с возможностью соединения с двигателем, установленного в коренных подшипниках рамы, и шатунов, верхние головки которых установлены в крейцкопфах, расположенных в направляющих, а кривошипные головки соединены с шатунными шейками коленчатого вала, компрессорные цилиндры, закрепленные на фундаментной раме через направляющие крейцкопфов, и соединенные с кривошипно-шатунным механизмом посредством штоков поршней, соединенных с крейцкопфами, буферные емкости всасывания и нагнетания, в верхней части фундаментной рамы между продольными стенками установлены распорки с регулировочными проставками на концах, посредством которых они без зазоров соединены с фундаментной рамой, коленчатый вал выполнен с щеками овальной формы, упорный подшипник содержит крышку, в которой установлены упорные полукольца, направляющие крейцкопфов выполнены с продольными ребрами жесткости, штоки поршней компрессорных цилиндров соединены с крейцкопфами посредством гаек и контргаек, выполненных с кольцевыми проточками в теле; фундаментная рама отлита из чугуна СЧ25, в поперечном направлении усилена ребрами с переходом к опорным площадкам; коленчатый вал установлен в семи коренных подшипниках, при этом подшипник, выполненный вторым со стороны двигателя, является упорным; распорки выполнены из проката круглого сечения и зафиксированы на раме с помощью стяжных болтов; регулировочные проставки выполнены в виде шайб из того же материала, что и распорки, по толщине соответствующие зазору между распоркой и продольной стенкой фундаментной рамы; в крышке упорного подшипника установлено два полукольца, при этом крышка упорного подшипника соединена с фундаментной рамой шпильками; специальная кольцевая проточка в теле гаек и контргаек представляет собой канавки трапециевидальной формы с закругленными углами и выступами; поршневой компрессор содержит шесть компрессорных цилиндров, оппозитно расположенных относительно фундаментной рамы по три компрессорных цилиндра с каждой стороны; для обеспечения функционирования поршневой компрессор дополнительно содержит насос пресс-смазки с приводом, насос

масляный с приводом, агрегат электронасосный, регулирующие устройства компрессорных цилиндров, блок управления регулирующими устройствами компрессорных цилиндров, валоповоротное устройство, трубопроводы.

На фиг. 1 представлен вид сбоку поршневого компрессора.

На фиг. 2 представлен поперечный разрез поршневого компрессора.

На фиг. 3 представлена рама фундаментная поршневого компрессора, где а - вид сбоку, б - вид сверху, в - поперечный разрез.

На фиг. 4 представлен поперечный разрез рамы фундаментной поршневого компрессора.

На фиг. 5 представлен продольный разрез упорного подшипника с крышкой упорного подшипника и двумя полукольцами.

На фиг. 6 представлена направляющая крейцкопфа поршневого компрессора, где а - продольный разрез, б - вид сверху.

На фиг. 7 представлен коленчатый вал поршневого компрессора, где а - вид сбоку, б - поперечный разрез.

На фиг. 8 представлен цилиндр компрессорный поршневого компрессора, где а - продольный разрез, б - вид сбоку (слева).

На фиг. 9 представлен поршень со штоком поршневого компрессора.

На фиг. 10 представлена гайка крепления штока компрессорного цилиндра поршневого компрессора.

На фиг. 11 представлена контргайка штока компрессорного цилиндра поршневого компрессора.

Конструктивно предлагаемый поршневой компрессор на фиг. 1-11 содержит:

- 1 - фундаментную раму;
- 2 - коленчатый вал;
- 3 - коренные подшипники;
- 4 - упорный подшипник;
- 5 - шатуны;
- 6 - верхние головки шатунов;
- 7 - кривошипные головки шатунов;
- 8 - крейцкопфы;
- 9 - направляющие крейцкопфов;
- 10 - шатунные шейки коленчатого вала;
- 11 - компрессорные цилиндры;
- 12 - штоки компрессорных цилиндров;
- 13 - поршни компрессорных цилиндров;
- 14 - буферные емкости всасывания;
- 15 - буферные емкости нагнетания;
- 16 - распорки;
- 17 - регулировочные проставки;
- 18 - щеки коленчатого вала;
- 19 - крышка упорного подшипника;
- 20 - упорные полукольца;
- 21 - продольные ребра жесткости направляющих крейцкопфов;
- 22 - гайки;
- 23 - контргайки.

Для обеспечения функционирования поршневой компрессор дополнительно содержит насос прес-смазки с приводом; насос масляный с приводом; агрегат электронасосный, регулирующие устройства компрессорных цилиндров 11, блок управления регулирующими устройствами компрессорных цилиндров; валоповоротное устройство, трубопроводы.

Предлагаемый поршневой компрессор является горизонтальным шестирядным, содержит шесть компрессорных цилиндров 11, оппозитно расположенных относительно фундаментной рамы по три компрессорных цилиндра 11 с каждой стороны.

В фундаментной раме 1 размещен кривошипно-шатунный механизм.

Кривошипно-шатунный механизм состоит из коленчатого вала 2, выполненного с возможностью соединения с двигателем, и шатунов 5.

Коленчатый вал 2 установлен в коренных подшипниках 3, один из которых является упорным подшипником 4.

Верхние головки 6 шатунов 5 установлены в крейцкопфах 8, расположенных в направляющих 9, а кривошипные головки 7 соединены с шатунными шейками коленчатого вала 10.

Компрессорные цилиндры 11, закрепленные на фундаментной раме 1 через направляющие 9 крейцкопфов 8, соединены с кривошипно-шатунным механизмом посредством штоков 12 поршней 13, соединенных с крейцкопфами 8.

В верхней части фундаментной рамы 1 между продольными стенками установлены распорки 16 с

регулируемыми проставками 17 на концах, посредством которых они без зазоров соединены с фундаментной рамой 1.

Коленчатый вал 2 выполнен с щеками 18 овальной формы.

Упорный подшипник 4 содержит крышку 19, в которой установлены упорные полукольца 20.

Направляющие 9 крейцкопфов 8 выполнены с продольными ребрами жесткости 21.

Штоки 12 поршней 13 компрессорных цилиндров 11 соединены с крейцкопфами 8 посредством гаек 22 и контргайк 23, выполненных с кольцевыми проточками в теле, представляющими собой канавки трапецидальной формы с закругленными углами и выступами.

Рама фундаментная 1 выполнена чугуном, литой, коробчатого сечения, содержит поперечные перегородки и ребра жесткости. К боковым поверхностям фундаментной рамы 1 через уплотняющие прокладки прикреплены направляющие крейцкопфов 9. Со стороны приводного двигателя к торцовой поверхности фундаментной рамы 1 прикреплено разъемное закрытие, в котором размещено уплотнение коленчатого вала 2. С противоположного торца фундаментной рамы 1 прикреплено стальное закрытие, на котором располагается насос масляный и привод масляного насоса. Сверху на раму 1 установлено закрытие, выполненное из стального листа. Для удобства обслуживания в нем предусмотрены люки.

Коленчатый вал 2 выполнен цельнокованым. Частота вращения коленчатого вала 2 составляет 1000 об/мин. Коленчатый вал 2 установлен в семи коренных подшипниках 3, подшипник - второй со стороны привода является упорным 4. Каждый подшипник имеет два взаимозаменяемых вкладыша - вкладыш рамный и вкладыш крышки 3. Подшипники выполнены из биметаллической ленты. Крышка 19 упорного подшипника 4 отлита из высокопрочного чугуна. В крышке 19 упорного подшипника 4 установлено 2 упорных полукольца 20. Крышка 19 с полукольцами 20 имеет точную подгонку к гнезду 5 фундаментной рамы 1. Крышка 19 упорного подшипника крепится к фундаментной раме шпильками.

Шатуны 5 изготовлены из легированной стали. Для снижения динамической неуравновешенности, комплект шатунов 5 подобран таким образом, чтобы разность масс шатунов 5 не превышала 0,4 кг.

Крейцкопфы 8 выполнены стальными, сварными, без отъемных ползунов. Рабочие поверхности крейцкопфов 8 залиты баббитом.

Направляющие крейцкопфов 9 отлиты из чугуна и имеют отлитые заодно с ними фонари для крепления компрессорных цилиндров 11.

Компрессорные цилиндры 11 изготовлены из поковок легированной стали, а также из отливок высокопрочного или серого чугуна. Компрессорные цилиндры 11 в зависимости от температуры нагнетания газа выполнены с воздушным или с водяным охлаждением. Для разгрузки при пуске, а также для регулирования производительности во время работы с целью получения максимальной загрузки газомоторного компрессора, компрессорные цилиндры 11 могут быть оборудованы регулирующими устройствами или устройствами отключения рабочей полости цилиндра.

Штоки 12 изготовлены из высококачественной стали. Для повышения износостойкости рабочая поверхность штока закалена ТВЧ до твердости 52-62 HRC. Максимально допустимое усилие на шток - 32 т.

Поршни 13 изготавливают литыми из чугуна, и, в зависимости от диаметра, они могут иметь внутреннюю полость с продольными ребрами. В зависимости от перепада давления, на поршнях 13 устанавливают различное количество поршневых колец, которые выполняют из композиционных материалов, работающих с минимальной подачей масла или без смазки. Для увеличения срока службы поршни 13 снабжены сменными опорными кольцами.

Посадку поршня 13 на шток 12 осуществляют по цилиндрической поверхности с фиксацией в осевом направлении упорным буртом штока 12 и креплением поршня 13 гайкой штока, которая после окончательной затяжки и проверки невыступания гайки от торца поршня стопорится винтом, с кернением последнего. Крепление штоков 12 поршней 13 к крейцкопфам 8 осуществляют накрученными на штоки 12 гайками 22 и контргайками 23 и восемью болтами. Для контроля затяжки каждый болт имеет стержень, установленный в теле болта с зазором.

Управление регулирующими устройствами компрессорных цилиндров 11 осуществляют с помощью блока управления.

Для проворачивания коленчатого вала 2 во время технического обслуживания используют валоповоротное устройство.

Фундаментная рама 1 в сборе со всем механизмом движения, узлами и трубопроводами установлена на подрамнике с опорами под направляющие крейцкопфов 9, с помощью которого компрессор монтируется на фундамент.

Привод поршневого компрессора осуществляется приводным двигателем, в качестве которого могут быть использованы газопоршневой двигатель, электродвигатель, газовая турбина.

Предлагаемое изобретение работает следующим образом.

Перед пуском осуществляется предпусковая прокачка поршневого компрессора маслом от электронасосного агрегата.

После этого запускается приводной двигатель, который передает вращение коленчатому валу 2, вращающегося в коренных подшипниках 3, 4. Вращение от коленчатого вала 2 через шатуны 5 передается на крейцкопфы 8, перемещающихся в направляющих крейцкопфов 9, и далее через штоки 12 компрес-

сорных цилиндров 11 возвратно-поступательное движение передается поршням 13.

Сжимаемый газ через буферные емкости всасывания 14 и всасывающие клапаны поступает в рабочую полость компрессорных цилиндров 11. Поршни 13, перемещаясь в компрессорных цилиндрах 11, сжимают поступивший в компрессорные цилиндры 11 газ. Сжатый газ через нагнетательные клапаны, буферные емкости нагнетания 15 поступает в нагнетательный трубопровод компрессорной станции.

Регулирование производительности и мощности поршневого компрессора осуществляется регулирующими устройствами компрессорных цилиндров 11, представляющими собой устройства, устанавливаемые на месте задней крышки компрессорного цилиндра. Принцип действия регулирующего устройства заключается в присоединении дополнительного объема к рабочей полости сжатия компрессорного цилиндра, что позволяет уменьшать объем всасываемого газа, а значит уменьшать производительность и загрузку компрессора. Управление регулирующими устройствами осуществляется блоком управления.

Распорки 16, беззазорно установленные между продольными стенками фундаментной рамы 1 посредством регулировочных проставок 17, обеспечивают усиление поперечной жесткости фундаментной рамы 1 за счет ограничения поперечного перемещения верхней части продольных стенок фундаментной рамы 1, вызываемое усилиями от поршней 13 компрессорных цилиндров 11.

Овальная форма щек 18 коленчатого вала 2 снижает их массу, что обеспечивает снижение инерционных сил и моментов, воздействующих на коленчатый вал 2 во время вращения, не ухудшая при этом его прочность.

Выполнение направляющих 9 крейцкопфов 8 с продольными ребрами жесткости 21 обеспечивает повышение продольной и поперечной жесткости за счет увеличения площади поперечного сечения направляющих 9.

Выполнение гаек 22 и контргаек 23 со специальной кольцевой проточкой в теле, представляющими собой канавки трапецеидальной формы с закругленными углами и выступами, обеспечивает равномерное распределение усилий от штоков 12 по всей высоте резьбы гаек 22 и контргаек 23 за счет их большей податливости при натяжке.

Предлагаемый поршневой компрессор характеризуется повышенным допустимым усилием на шток 32 т, позволяющим работать компрессору в более широком диапазоне давлений газа на всасывании и нагнетании, а также способствует более полному использованию мощности компрессора для получения большей производительности. Давление на всасывании может находиться в пределах от 0,5 до 10 МПа, давление на нагнетании от 5,0 до 500 МПа, производительность от 25000 до 300000  $\text{нм}^3/\text{ч}$  при номинальной мощности компрессора 4,0 МВт. При этом устройство имеет небольшую массу и габариты, что позволяет транспортировать его укрепленными монтажными блоками.

Рабочие параметры предлагаемого поршневого компрессора модификации 6ПК32-1/(47-57)-(77-103) в составе газоперекачивающего агрегата ГПА-4РМП с газотурбинным приводом подтверждены актом приемочных испытаний головного образца агрегата газоперекачивающего ГПА-4РМП.

В настоящее время заявителем разработаны следующие модификации поршневого компрессора со штоковым усилием 32 т для закачки природного газа в подземные хранилища газа:

поршневой компрессор 6ПК32-1/(36-51)-(71-116) с абсолютными давлениями на всасывании от 3,6 до 5,1 МПа и на нагнетании от 7,1 до 11,6 МПа, производительностью от 81800 до 173400  $\text{нм}^3/\text{ч}$ ;

поршневой компрессор 6ПК32-2/(20-31)-(90-161) с абсолютными давлениями на всасывании от 2,0 до 3,1 МПа и на нагнетании от 9,0 до 16,3 МПа, производительностью от 38300 до 70800  $\text{нм}^3/\text{ч}$ ;

поршневой компрессор 6ПК32-2/(34-72,6)-(80-145) с абсолютными давлениями на всасывании от 3,4 до 7,26 МПа и на нагнетании от 8,0 до 14,5 МПа, производительностью от 57700 до 212800  $\text{нм}^3/\text{ч}$ .

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Поршневой компрессор, содержащий фундаментную раму, в которой размещен кривошипно-шатунный механизм, состоящий из коленчатого вала, выполненного с возможностью соединения с двигателем, установленного в коренных подшипниках, один из которых является упорным, и шатунов, верхние головки которых установлены в крейцкопфах, расположенных в направляющих, а кривошипные головки соединены с шатунными шейками коленчатого вала, компрессорные цилиндры, закрепленные на фундаментной раме через направляющие крейцкопфов и соединенные с кривошипно-шатунным механизмом посредством штоков поршней, соединенных с крейцкопфами, буферные емкости всасывания и нагнетания, при этом в верхней части фундаментной рамы между продольными стенками установлены распорки с регулировочными проставками на концах, посредством которых они без зазоров соединены с фундаментной рамой, коленчатый вал выполнен с щеками овальной формы, упорный подшипник содержит крышку, в которой установлены упорные полукольца, направляющие крейцкопфов выполнены с продольными ребрами жесткости, штоки поршней компрессорных цилиндров соединены с крейцкопфами посредством гаек и контргаек, выполненных с кольцевыми проточками в теле.

2. Поршневой компрессор по п.1, отличающийся тем, что фундаментная рама отлита из чугуна СЧ25, в поперечном направлении усилена ребрами с переходом к опорным площадкам.

3. Поршневой компрессор по п.1, отличающийся тем, что коленчатый вал установлен в семи корен-

ных подшипниках, при этом подшипник, выполненный вторым со стороны двигателя, является упорным.

4. Поршневой компрессор по п.1, отличающийся тем, что распорки выполнены из проката круглого сечения и зафиксированы на раме с помощью стяжных болтов.

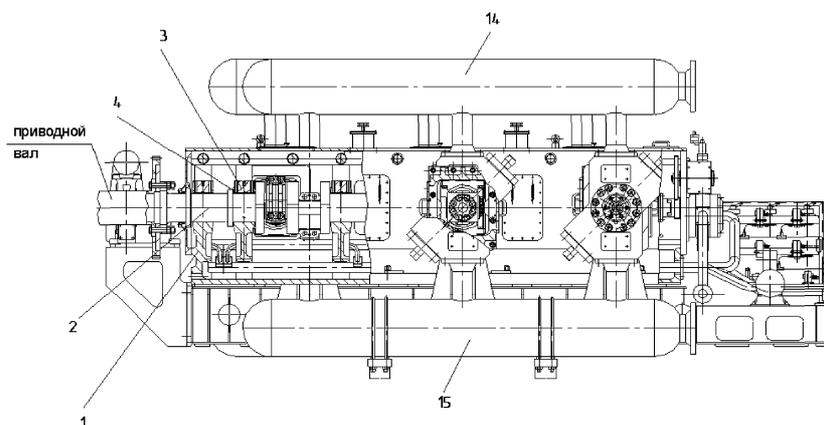
5. Поршневой компрессор по п.1, отличающийся тем, что регулировочные проставки выполнены в виде шайб из того же материала, что и распорки, по толщине соответствующие зазору между распоркой и продольной стенкой фундаментной рамы.

6. Поршневой компрессор по п.1, отличающийся тем, что в крышке упорного подшипника установлено два полукольца, при этом крышка упорного подшипника соединена с фундаментной рамой шпильками.

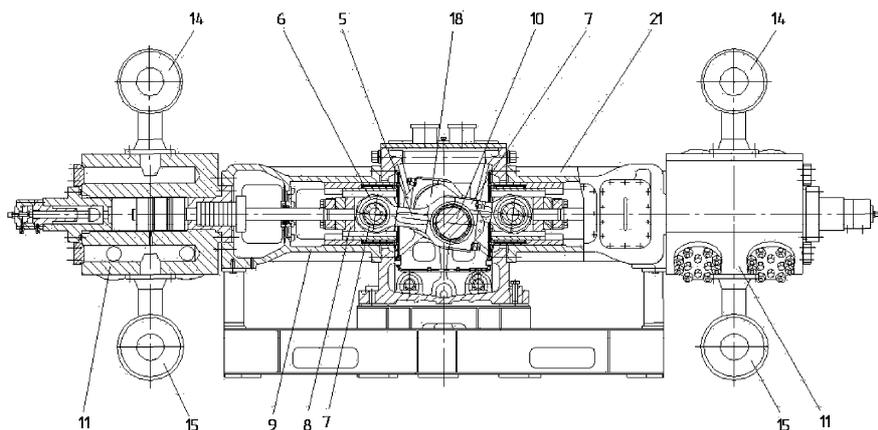
7. Поршневой компрессор по п.1, отличающийся тем, что специальная кольцевая проточка в теле гаек и контргаек представляет собой канавки трапецеидальной формы с закругленными углами и выступами.

8. Поршневой компрессор по п.1, отличающийся тем, что содержит шесть компрессорных цилиндров, оппозитно расположенных относительно фундаментной рамы по три компрессорных цилиндра с каждой стороны.

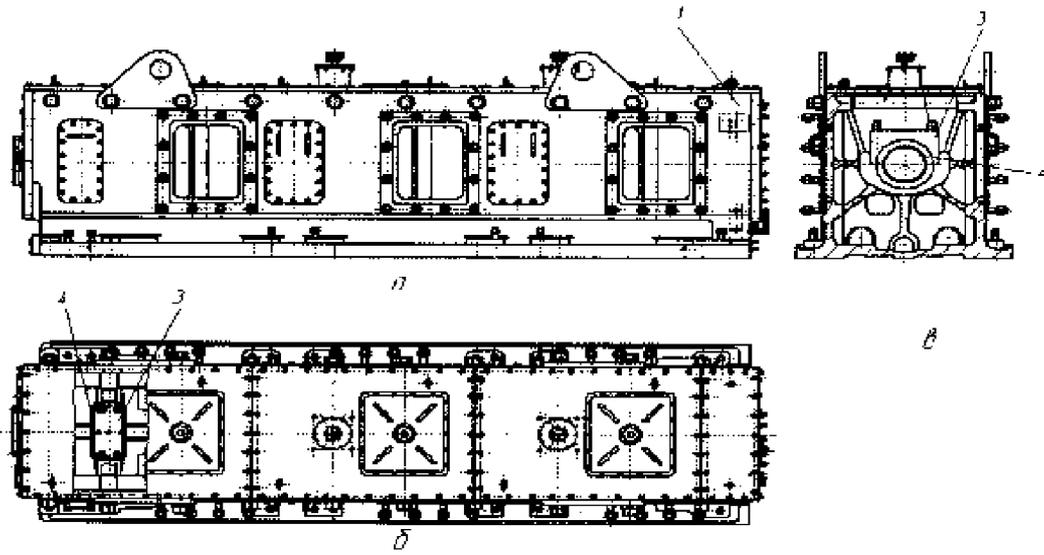
9. Поршневой компрессор по п.1, отличающийся тем, что для обеспечения функционирования поршневой компрессор дополнительно содержит насос пресс-смазки с приводом, насос масляный с приводом, агрегат электронасосный, регулирующие устройства компрессорных цилиндров, блок управления регулирующими устройствами компрессорных цилиндров, валоповоротное устройство, трубопроводы.



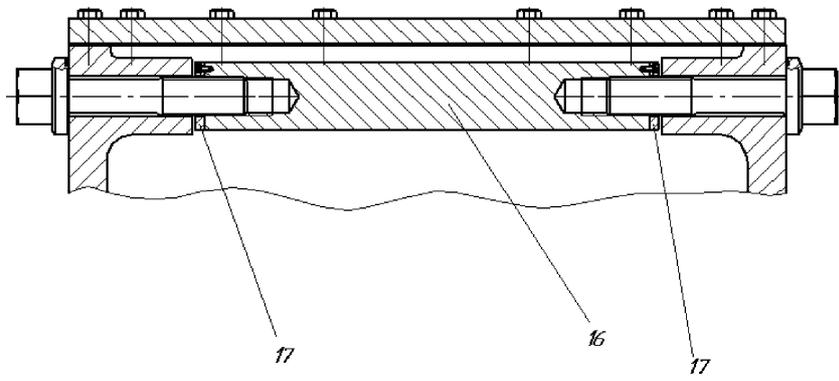
Фиг. 1



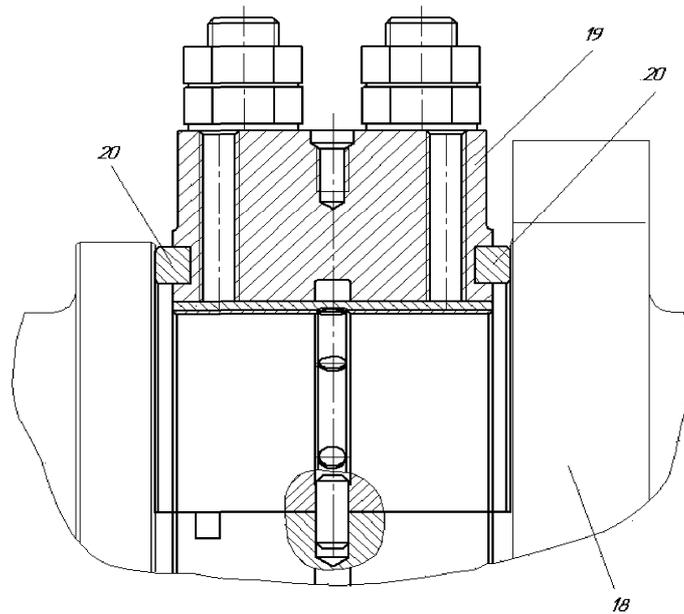
Фиг. 2



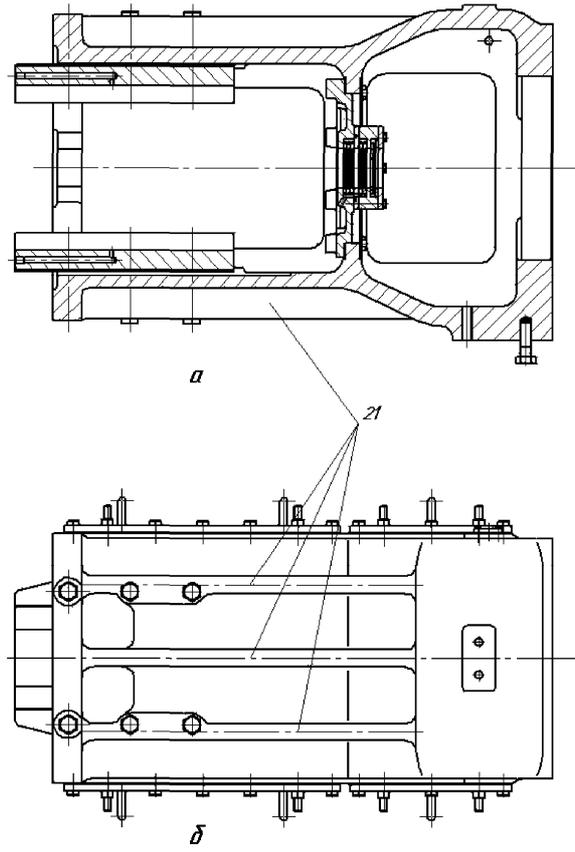
Фиг. 3



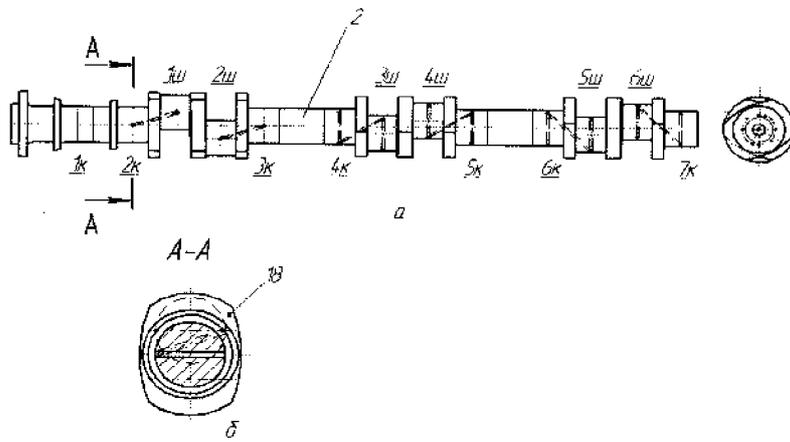
Фиг. 4



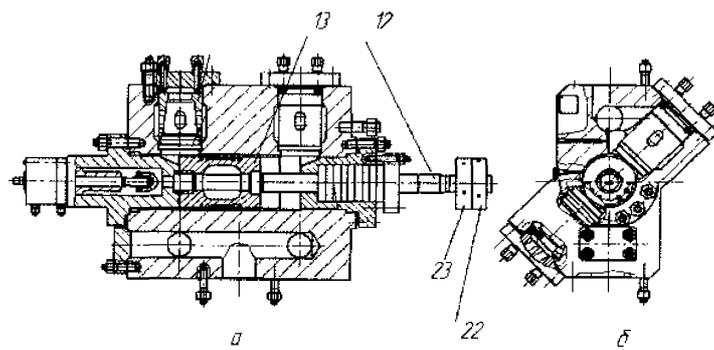
Фиг. 5



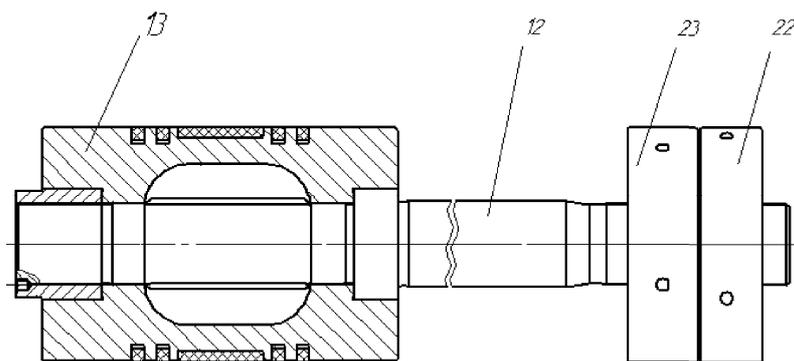
Фиг. 6



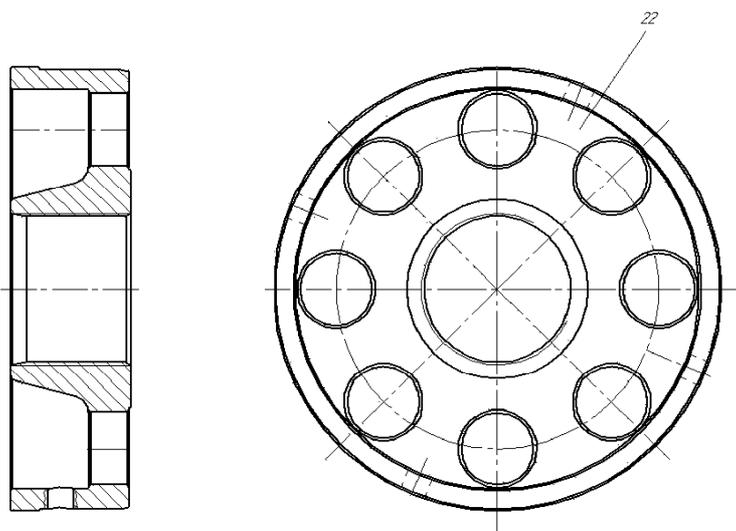
Фиг. 7



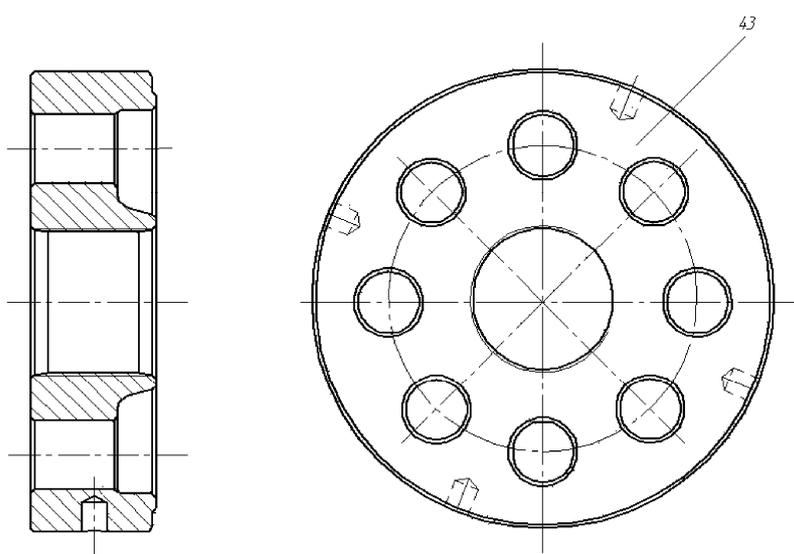
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11

