

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 219570

ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ КОМПРЕССОР

Патентообладатель: *Открытое акционерное общество
"Севернефтегазпром" (RU)*

Авторы: *Дмитрук Владимир Владимирович (RU), Легай
Алексей Александрович (RU), Романенков Роман
Павлович (RU), Евдокимов Андрей Николаевич (RU),
Журавлев Антон Владимирович (RU)*

Заявка № 2023115402

Приоритет полезной модели 13 июня 2023 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 25 июля 2023 г.

Срок действия исключительного права
на полезную модель истекает 13 июня 2033 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F04D 29/08 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023115402, 13.06.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.06.2023

Дата регистрации:
25.07.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.06.2023

(45) Опубликовано: 25.07.2023 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

629380, Ямало-Ненецкий автономный окр., г.
Новый Уренгой, а/я 1130, ОАО
"Севернефтегазпром"

(72) Автор(ы):

Дмитрук Владимир Владимирович (RU),
Легай Алексей Александрович (RU),
Романенков Роман Павлович (RU),
Евдокимов Андрей Николаевич (RU),
Журавлев Антон Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество
"Севернефтегазпром" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2439378 C1, 10.01.2012. US
6109868 A1, 29.08.2000. RU 2338095 C1,
10.11.2008. RU 2289729 C1, 20.12.2006. RU
2384745 C1, 20.03.2010. EP 916850 A1, 19.05.1999.

(54) ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ КОМПРЕССОР

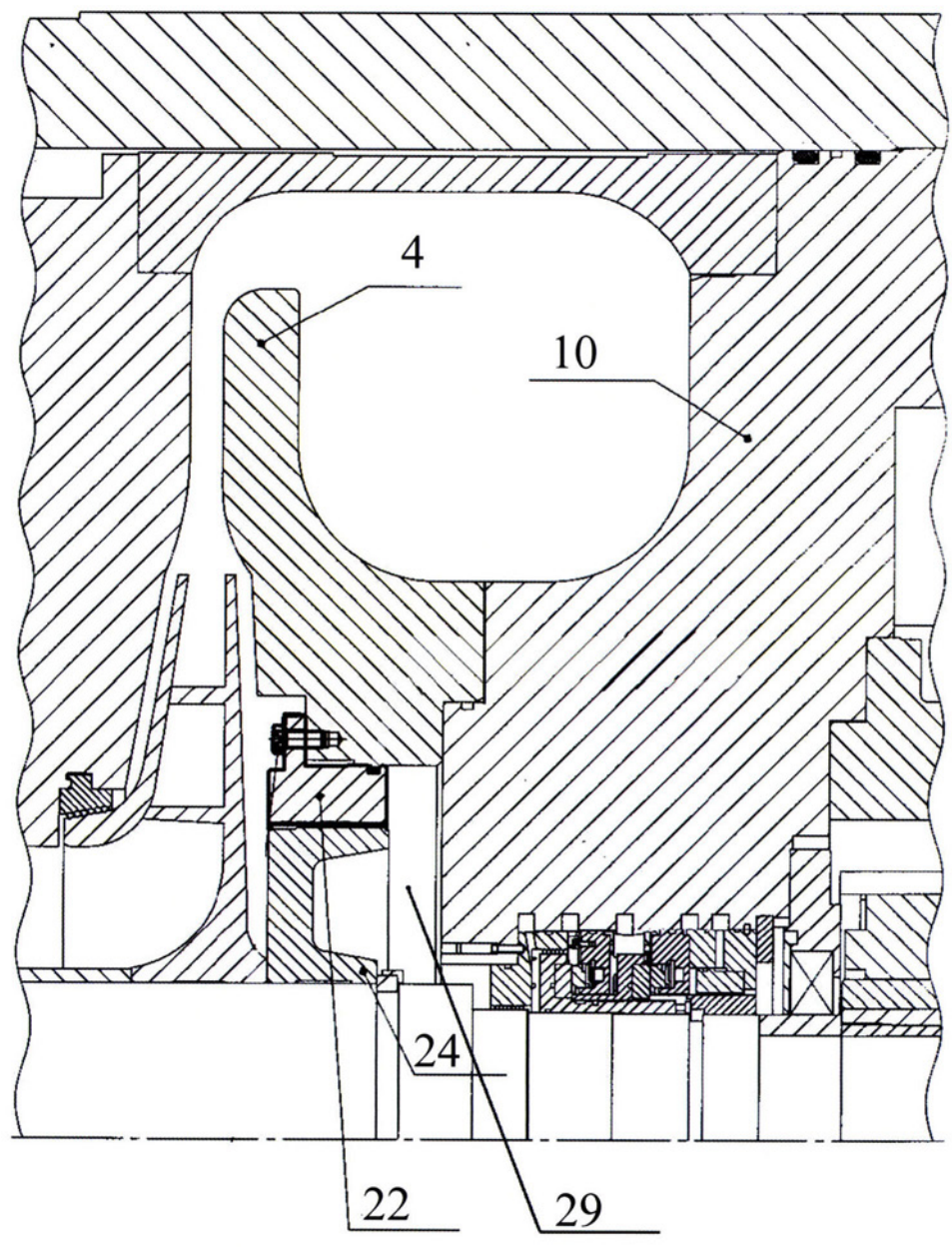
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области машиностроения, может быть использована в центробежных компрессорах для повышения КПД путем уменьшения объемных потерь и затраченной работы сжатия центробежного компрессора. Компрессор содержит корпус, крышки переднюю и заднюю, узлы уплотнения, ротор, всасывающую камеру, диафрагму, проставок, узел думмиса, входной направляющий аппарат с лопатками, входной и выходной патрубки, сборную камеру, первую и вторую

втулки и подшипники, два трубопровода, при этом узел думмиса включает в себя диск думмиса и втулку думмиса с ячеистой структурой, расположенные с зазором относительно друг друга, представляющую собой ленточную конструкцию из многогранных сот, скрепленных между собой с образованием гофрированной ленты. Заявляемая конструкция обеспечивает снижение утечки части потока газа через узел думмиса, улучшаются газодинамические характеристики центробежного компрессора.

RU 219570 U1

RU 219570 U1



Фиг. 3

Полезная модель относится к области машиностроения, может быть использована в центробежных компрессорах для повышения КПД путем уменьшения объемных потерь и затраченной работы сжатия центробежного компрессора, в том числе и в центробежных компрессорах, перекачиваемых природный газ.

5 Известен центробежный компрессор, содержащий корпус, крышки переднюю и заднюю, закрепленные внутри корпуса, узлы уплотнения, всасывающую камеру, узел думмиса, ротор, состоящий из вала с рабочими колесами, входной направляющий аппарат с лопатками, входной и выходной патрубки, сборную камеру, первую и вторую втулки и подшипники, расположенные на валу, входной патрубков представляет собой
10 участок трубы с фланцем на выходе, приваренный к наружной поверхности корпуса, обеспечивая поступление газа в корпус, выходной патрубков представляет собой участок трубы с фланцем на выходе, приваренный к наружной поверхности корпуса, обеспечивая выход газа из корпуса (патент РФ №2439378 С1 F04D 29/08, опубл. 10.01.2012, прототип).

Недостатком известного решения, является то, что при высоких выходных давлениях
15 присутствует наличие существенных утечек через зазор, образованный лабиринтным уплотнением думмисной втулки и наружной цилиндрической поверхностью думмиса, что приводит к повышению объемных потерь и снижению КПД центробежного компрессора.

Технический результат заключается в том, чтобы повысить КПД центробежного
20 компрессора.

Указанный результат достигается тем, что Центробежный компрессор содержит корпус, крышки переднюю и заднюю, узлы уплотнения, ротор, всасывающую камеру, диафрагму, проставок, узел думмиса, входной направляющий аппарат с лопатками, входной и выходной патрубки, сборную камеру, первую и вторую втулки и подшипники,
25 два трубопровода, при этом корпус выполнен с возможностью размещения в нем диафрагмы, ротора, узла думмиса, передней и задней крышек с узлами уплотнений, всасывающей камеры, представляющей собой полость, расположенную между передней крышкой и диафрагмой, обеспечивая поступление газа через входной патрубков, сборной камеры, представляющей собой полость, расположенную между задней крышкой и
30 колесом второй ступени, обеспечивая направление газа в выходной патрубков и задуммисной полости, образованной между узлом думмиса и узлом уплотнения, при этом диафрагма представляет собой суживающее устройство потока газа, обеспечивающее потоку газа обратное направление для выравнивания поля скоростей газового потока, ротор состоит из вала с рабочими колесами, узел думмиса включает
35 в себя диск думмиса и втулку думмиса с ячеистой структурой, расположенные с зазором относительно друг друга, при этом втулка думмиса закреплена на диафрагме, а диск думмиса установлен на валу с возможностью взаимодействия с ним, втулка думмиса представляет собой ленточную конструкцию из многогранных сот, скрепленных между собой с образованием гофрированной ленты и выполненных из штампуемого материала,
40 обладающего высокой коррозионной стойкостью, входной направляющий аппарат с лопатками закреплен с возможностью взаимодействия со всасывающей камерой, подшипники расположены на валу, передняя и задняя крышки закреплены внутри корпуса посредством разъемного соединения в виде двух разрезных колец и штифта на каждую крышку, проставок установлен в корпусе с возможностью формирования
45 равномерного поля скоростей и давлений газа на входе в рабочее колесо первой ступени и представляет собой полый металлический цилиндр, первая втулка представляет собой лабиринтную втулку, расположенную между узлом уплотнения и всасывающей камерой, ограничивая переток сухого очищенного газа, вторая втулка представляет собой

лабиринтную втулку, расположенную между узлом уплотнения и втулкой думмиса, два трубопровода расположены вне корпуса и каждый трубопровод расположен с возможностью закрепления к передней крышке одним концом, а противоположным концом закреплен к задней крышке, соединяя задуммисную полость, образованную между узлом думмиса и узлом уплотнения, с всасывающей камерой, входной патрубок представляет собой участок трубы с фланцем на выходе, приваренный к наружной поверхности корпуса, обеспечивая поступление газа в корпус, выходной патрубок представляет собой участок трубы с фланцем на выходе, приваренный к наружной поверхности корпуса, обеспечивая выход газа из корпуса.

На фиг. 1 изображен вид спереди центробежного компрессора в разрезе, на фиг. 2 представлено объемное изображение центробежного компрессора, на фиг. 3 изображен узел думмиса со втулкой думмиса с ячеистой структурой, на фиг. 4 представлено объемное изображение втулки думмиса с ячеистой структурой, на фиг. 5 приведены результаты газодинамических испытаний центробежных компрессоров НЦ-16ДКС-02 «Урал» с СПЧ16/76-2,2(01).

Центробежный компрессор включает следующие конструктивные элементы:

- 1 - корпус;
- 2 - всасывающая камера;
- 3 - передняя крышка;
- 4 - диафрагма;
- 5 - проставок;
- 6 - рабочее колесо первой ступени;
- 7 - входной направляющий аппарат с лопатками;
- 8 - рабочее колесо второй ступени;
- 9 - сборная камера;
- 10 - задняя крышка;
- 11 - узел уплотнения;
- 12 - узел уплотнения;
- 13 - корпус радиального подшипника;
- 14 - радиальный электромагнитный подшипник;
- 15 - радиальный страховочный подшипник;
- 16 - корпус электромагнита радиально-осевого;
- 17 - радиальный электромагнитный подшипник;
- 18 - осевой электромагнитный подшипник;
- 19 - радиально-осевой страховочный подшипник;
- 20 - первая втулка;
- 21 - вторая втулка;
- 22 - втулка думмиса;
- 23 - вал ротора;
- 24 - диск думмиса;
- 25 - входной патрубок;
- 26 - выходной патрубок;
- 27 - трубопроводы;
- 28 - сотовые элементы;
- 29 - задуммисная полость.

Центробежный компрессор (далее по тексту - «Устройство») содержит корпус 1, входной 25 и выходной 26 патрубки и два трубопровода 27, а в корпусе 1 размещены диафрагма 4, проставок 5, ротор, входной направляющий аппарат с лопатками 7,

передняя 3 и задняя 10 крышки, узлы уплотнения 11 и 12, узел думмиса, первая 20 и вторая 21 втулки и подшипники 14, 15, 17, 18, 19 всасывающей камеры 2, сборной камеры 9 и задуммисной полости 29, входной 25 и выходной 26 патрубки и два трубопровода 27.

5 Корпус 1 выполнен с возможностью размещения в нем: диафрагмы 4, ротора, узла думмиса, проставка 5, передней 3 и задней 10 крышек с узлами уплотнений 11 и 12, входного направляющего аппарата с лопатками 7, первой 20 и второй 21 втулки и подшипников 14, 15, 17, 18, 19 и закрепления на нем входного 25 и выходного 26 патрубков и двух трубопроводов 27.

10 Всасывающая камера 2 представляют собой полость, расположенную между передней крышкой 3 и диафрагмой 4, обеспечивая поступление газа через входной патрубок 25 для выравнивания поля скоростей газового потока, способствуя преобразованию кинетической энергии движущегося газа в потенциальную и обеспечения осесимметричного подвода газового потока к рабочему колесу первой ступени 6.

15 Сборная камера 9 представляет собой полость, расположенную между задней крышкой 10 и колесом 8, обеспечивая направление газа в выходной патрубок 26.

Задуммисная полость 29 образована между узлом думмиса и узлом уплотнения 11, обеспечивая сброс газа во всасывающую камеру 2 через заднюю крышку 10 и трубопровод 27 для уравнивания осевой составляющей давления перекачиваемого
20 газа.

Диафрагма 4 представляет собой суживающее устройство потока газа, обеспечивающее потоку газа обратное направление для выравнивания поля скоростей газового потока.

Ротор состоит из вала 23 с рабочими колесами 6 и 8.

25 Рабочее колесо первой ступени 6 (далее по тексту - «Колесо 6») содержит диск с лопатками и покрывной диск, обеспечивая преобразование кинетической энергии в потенциальную энергию газа.

Рабочее колесо второй ступени 8 (далее по тексту - «Колесо 8») содержит диск с лопатками и покрывной диск, обеспечивая преобразование кинетической энергии в
30 потенциальную энергию газа.

Узлы уплотнения 11 и 12 представляют собой систему сухих газовых уплотнений (далее по тексту - «СГУ») и обеспечивают герметизацию внутренних полостей Устройства от утечек перекачиваемого газа наружу.

Узел думмиса включает в себя диск думмиса 24 и втулку думмиса 22 с ячеистой
35 структурой, расположенные с зазором, при этом втулка думмиса 22 закреплена на диафрагме 4, а диск думмиса 24 установлен на валу 23 с возможностью взаимодействия с ним.

Втулка думмиса 22, ячеистой конструкции, (фиг. 4) представляет собой многогранную соту в виде шестигранника с длиной ребра 2,0 - 3,5 мм. Соты 28 образованы
40 гофрированными лентами толщиной 0,1-0,05 мм и шириной 4-6 мм и выполнены из штампуемого материала, обладающего высокой коррозионной стойкостью, например, лента из стали 12Х18Н10Т.

При этом толщина ленты зависит возможности задириков, например, уменьшение
45 толщины ленты исключает опасность задириков, что позволяет делать втулку думмиса 22 с минимальным зазором к диску думмиса 24 и тем самым снизить протечки через узел думмиса.

Сотовые элементы 28 втулки думмиса 22 скреплены между собой (фиг. 4) посредством высокотемпературной пайки порошковыми припоями. Благодаря ячеистой структуре

уплотняющего элемента втулка думмиса 22 (фиг. 4) обладает большей жесткостью, обеспечивая надежную работу при больших перепадах давления.

Входной направляющий аппарат с лопатками 7 представляет собой ряд неподвижных (статорных) лопаток, обеспечивая предварительную закрутку потока газа, и закреплен с возможностью взаимодействия со всасывающей камерой 2, обеспечивая безударный вход потока газа в колесо 6.

Подшипники 14, 15, 17, 18, 19 расположены на валу 23, а именно на входном участке вала 23: к торцу передней крышки 3 крепится корпус радиального подшипника 13, с расположенным в нем радиальным электромагнитным 14 и радиальным страховочным подшипниками 15;

и выходном участке вала 23: к торцу задней крышки 10 крепится корпус электромагнита радиально-осевого 16 с установленными в нем радиальным электромагнитным подшипником 17, осевым электромагнитным подшипником 18 и страховочным радиально-осевым подшипником 19.

Передняя 3 и задняя 10 крышки закреплены на корпусе 1 посредством разъемного соединения в виде двух разрезных колец и штифта на каждую крышку 3 или 10.

Проставок 5 установлен в корпусе 1 с возможностью формирования равномерного поля скоростей и давлений газа на входе в колесо 6 и представляет собой полый металлический цилиндр.

Первая втулка 20, представляет собой лабиринтную втулку, расположенную между узлом уплотнения 12 и всасывающей камерой 2, ограничивая переток сухого очищенного газа и тем самым обеспечивая работу узла уплотнения 12 в проточную часть корпуса 1.

Вторая втулка 21, представляет собой лабиринтную втулку, расположенную между узлом уплотнения 11 и втулкой думмиса 2, ограничивая переток сухого очищенного газа и тем самым обеспечивая работу узла уплотнения 11 в задуммисную полость 29.

Входной патрубок 25 представляет собой участок трубы с фланцем на выходе, приваренный к наружной поверхности корпуса 1, обеспечивая поступление газа в корпус 1.

Выходной патрубок 26 представляет собой участок трубы с фланцем на выходе, приваренный к наружной поверхности корпуса 1, обеспечивая поступление газа из корпуса 1.

Два трубопровода 27 с Ду 40 расположены вне корпуса 1 и каждый трубопровод 27 расположен с возможностью закрепления к передней крышке 3 одним концом, а противоположным концом закреплен к задней крышке 10, соединяя задуммисную полость 29, образованную между узлом думмиса и узлом уплотнения 11, с всасывающей камерой 2, обеспечивают уравнивание осевой составляющей давления перекачиваемого газа.

Центробежный компрессор работает следующим образом.

Включают привод и ротор вращается по часовой стрелке со стороны привода (фиг. 2).

Поток газа через входной патрубок 25 поступает во всасывающую камеру 2. Далее газ проходит через диафрагму 4 и проставок 5, формируя равномерное поле скоростей и давлений газа на входе в рабочее колесо первой ступени 6. После выхода из рабочего колеса первой ступени 6 газ поступает на лопатки аппарата обратного направляющего 7, откуда в рабочее колесо второй ступени 8. Из рабочего колеса второй ступени 8 газ подается в сборную камеру 9, а оттуда направляется в выходной патрубок 26 Устройства.

Расчеты значений жесткости известных лабиринтных уплотнений втулки думмиса для нескольких режимов работы Устройства, на которых зарегистрировано повышение виброперемещений ротора, связанное с приближением к границе устойчивой работы, показали принципиальную возможность решения проблемы применения втулки думмиса лабиринтного типа на втулку думмиса 22 сотового типа (фиг. 3, 4). Магнитный подвес характеризуется отсутствием перекрестных коэффициентов жесткости в опорах ротора, и, следовательно, маловероятно появление в магнитных подшипниках 14, 17 и 18 неконсервативных сил, вызывающих низкочастотные колебания ротора Устройства.

В тоже время, проточная часть Устройства является источником возбуждений газодинамического характера - осевых и радиальных усилий. Осевые усилия, действующие на ротор со стороны газодинамических сил, из-за разности давлений на входе и выходе Устройства могут изменяться в диапазоне от 2 до 3 масс ротора в сторону привода Устройства и в свободную сторону. Радиальные усилия изменяются в диапазоне плюс-минус масса ротора.

С увеличением степени сжатия, газодинамические силы возрастают, вследствие увеличения давления по ступеням Устройства, и могут привести к потере динамической устойчивости роторной системы. Такие режимы работы характеризуются «пороговыми» значениями параметров: потребляемая мощность, расход перекачиваемого газа, отношение давлений.

Использование втулки сотовой конструкции думмиса 22 (фиг. 3, 4) позволяет устранить циркуляционные силы в уплотнении над диском думмисом 24, увеличивает зону устойчивой работы магнитного подвеса и позволяет достигнуть режимы работы Устройства с повышенным КПД.

Пример.

В 2018 году на 8-ми центробежных компрессорах НЦ-16ДКС-02 «Урал» ДКС Южно-Русского НГКМ смонтированы втулки думмиса сотовой конструкцией взамен втулки думмиса 22 лабиринтной конструкции, что позволило расширить диапазон работы центробежного компрессора со смещением в области меньших расходов газа и соответственно увеличения диапазона работы компрессора по производительности и степени сжатия, что подтверждено результатами выполненных в 2018 году газодинамических испытаний центробежных компрессоров НЦ-16ДКС-02 «Урал» с СПЧ16/76-2,2(01) приведенных на фиг. 5.

Заявляемая конструкция Центробежного компрессора обеспечивает существенное снижение утечки части потока газа через узел думмиса, в отличие от лабиринтной конструкции втулки думмиса как следствие улучшение газодинамических характеристик Центробежного компрессора за счет уменьшения величины радиального зазора между поверхностью диска думмиса и втулкой думмиса (фиг. 2). Пятно касания сотовой поверхности значительно больше, чем при применении лабиринтной втулки думмиса и не вызывает опасного локального нагрева поверхности диска думмиса. Так же диск думмиса менее подвержен абразивному износу, в случае касания сотовой поверхности втулки думмиса о поверхность диска думмиса.

(57) Формула полезной модели

Центробежный компрессор, содержащий корпус, крышки переднюю и заднюю, закрепленные внутри корпуса, узлы уплотнения, всасывающую камеру, узел думмиса, ротор, состоящий из вала с рабочими колесами, входной направляющий аппарат с лопатками, входной и выходной патрубки, сборную камеру, первую и вторую втулки и подшипники, расположенные на валу, входной патрубков представляет собой участок

трубы с фланцем на выходе, приваренный к наружной поверхности корпуса, обеспечивая поступление газа в корпус, выходной патрубок представляет собой участок трубы с фланцем на выходе, приваренный к наружной поверхности корпуса, обеспечивая выход газа из корпуса, отличающийся тем, что снабжен диафрагмой, проставком, двумя

5 трубопроводами, корпус выполнен с возможностью размещения в нем диафрагмы, узла думмиса, передней и задней крышек с узлами уплотнений, всасывающей камеры, представляющей собой полость, расположенную между передней крышкой и диафрагмой, обеспечивая поступление газа через входной патрубок, сборной камеры, представляющей собой полость, расположенную между задней крышкой и колесом

10 второй ступени, обеспечивая направление газа в выходной патрубок, и задуммисной полости, образованной между узлом думмиса и узлом уплотнения, при этом диафрагма представляет собой суживающее устройство потока газа, обеспечивающее потоку газа обратное направление для выравнивания поля скоростей газового потока, узел думмиса включает в себя диск думмиса и втулку думмиса с ячеистой структурой, расположенные с зазором относительно друг друга, при этом втулка думмиса закреплена на диафрагме, а диск думмиса установлен на валу с возможностью взаимодействия с ним, втулка думмиса представляет собой ленточную конструкцию из многогранных сот, скрепленных между собой с образованием гофрированной ленты и выполненных из штампуемого материала, обладающего высокой коррозионной стойкостью, входной направляющий

20 аппарат с лопатками закреплён с возможностью взаимодействия со всасывающей камерой, передняя и задняя крышки закреплены внутри корпуса посредством разъёмного соединения в виде двух разрезных колец и штифта на каждую крышку, проставок установлен в корпусе с возможностью формирования равномерного поля скоростей и давлений газа на входе в рабочее колесо первой ступени и представляет собой полый металлический цилиндр, первая втулка представляет собой лабиринтную втулку, расположенную между узлом уплотнения и всасывающей камерой, ограничивая переток сухого очищенного газа, вторая втулка представляет собой лабиринтную втулку, расположенную между узлом уплотнения и втулкой думмиса, два трубопровода расположены вне корпуса и каждый трубопровод расположен с возможностью

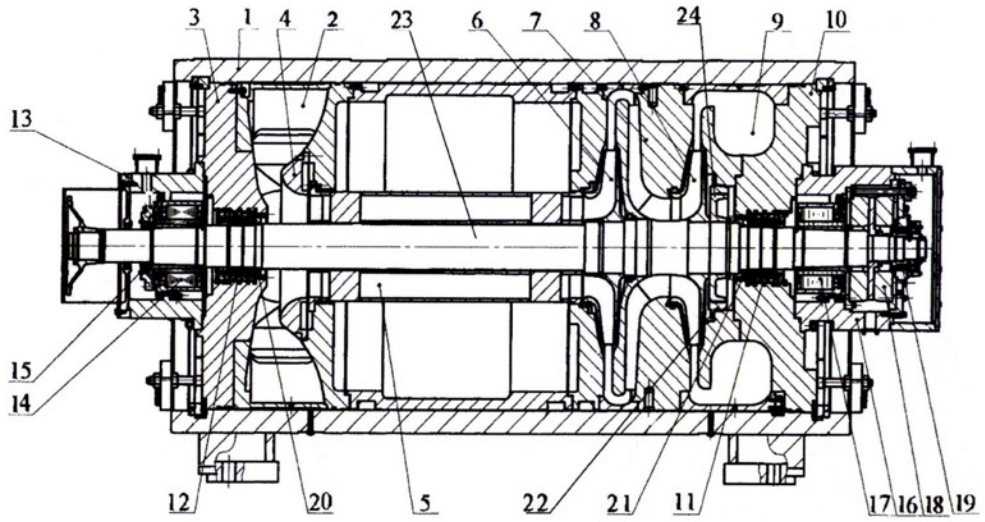
30 закрепления к передней крышке одним концом, а противоположным концом закреплён к задней крышке, соединяя задуммисную полость, образованную между узлом думмиса и узлом уплотнения, с всасывающей камерой.

35

40

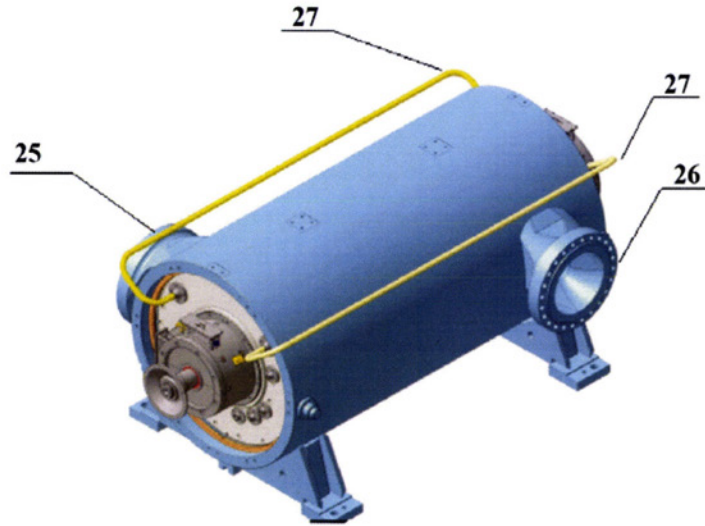
45

1

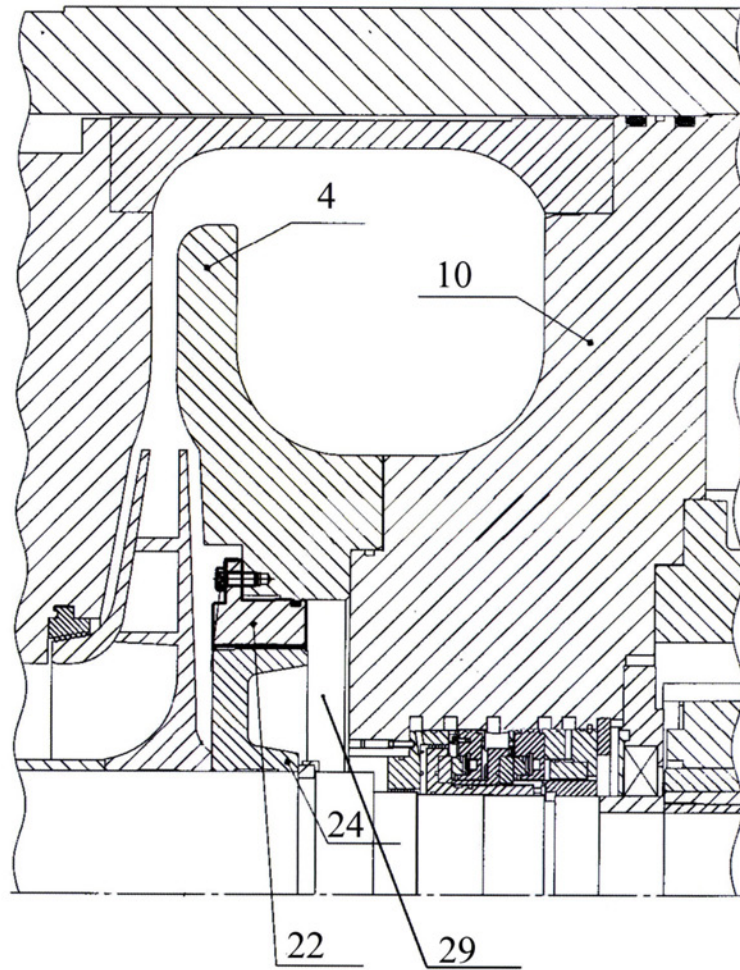


Фиг. 1

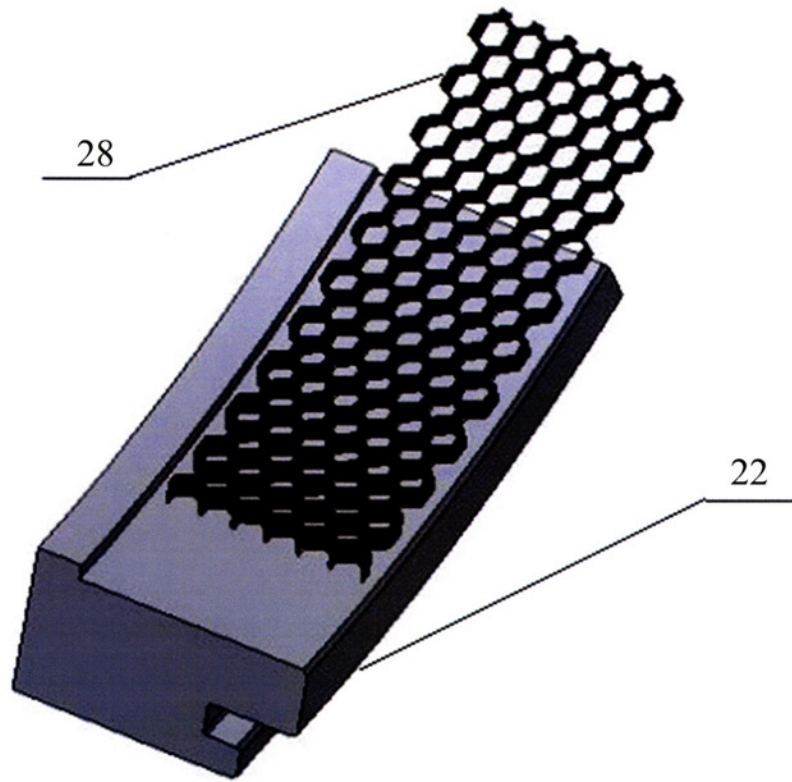
2



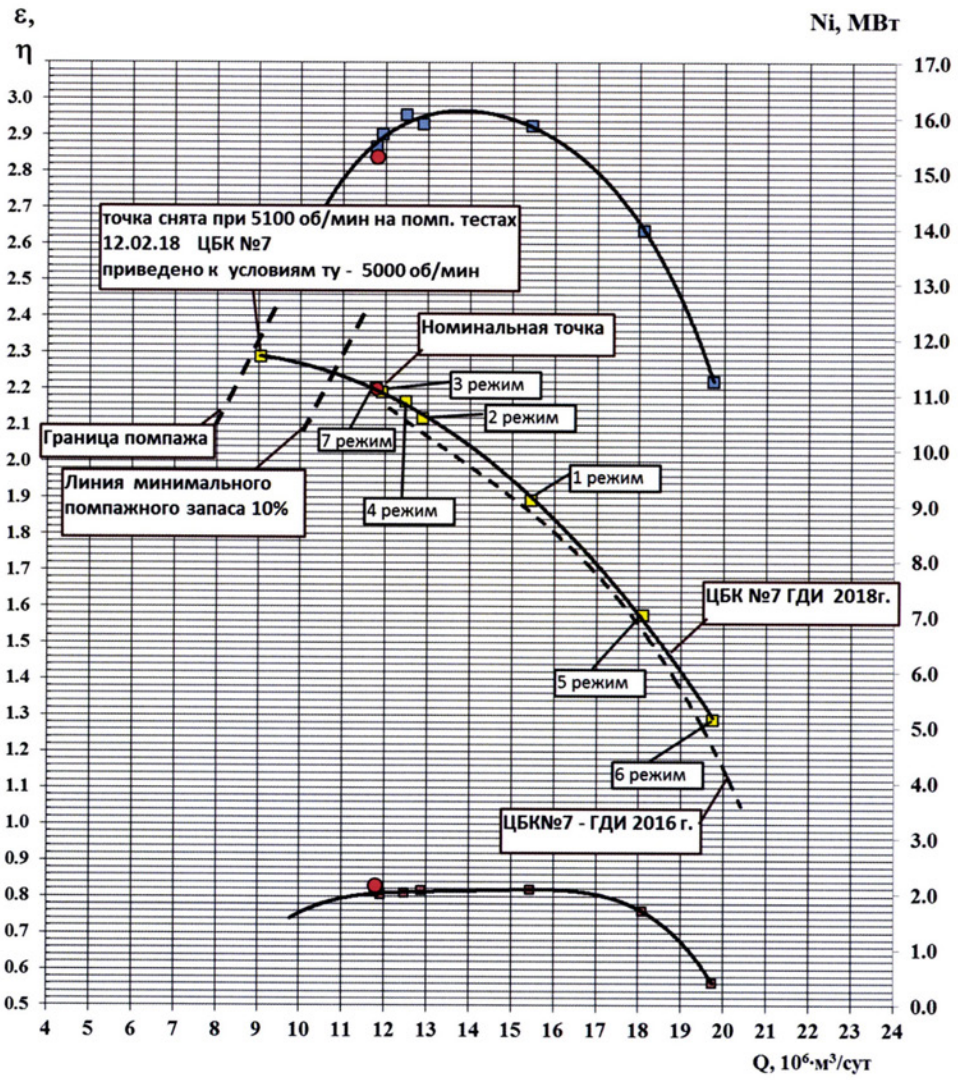
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5