



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

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

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(21)(22) Заявка: 2014129396, 24.01.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.01.2013

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
27.01.2012 IT CO2012A000002

(43) Дата публикации заявки: 20.03.2016 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: 25.09.2017

(15) Информация о коррекции:
Версия коррекции №1 (W1 C2)

(48) Коррекция опубликована:
15.11.2017 Бюл. № 32

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 27.08.2014

(86) Заявка РСТ:
EP 2013/051384 (24.01.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2013/110733 (01.08.2013)

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

(72) Автор(ы):

ТАККОНЕЛЛИ Ремо (IT),
ЧАНДРАСЕКАРАН Шанкар (IN),
РЕДДИ Мурали Кришна (IN),
АХ КАРМ, Тивон Синг Лезин (FR),
ВАДАПАЛИ Сандилья (IN),
ГЕНАР Дени Гийом (FR)

(73) Патентообладатель(и):
Нуово Пиньоне СРЛ (IT)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 0003802795 A1, 09.04.1974. RU
95762 U1, 10.07.2010. SU 740976 A1, 15.06.1980.
RU 2111384 C1, 20.05.1998.

(54) Компрессорная система для природного газа, способ сжатия природного газа и установка, в которой они используются

(57) Реферат:

Компрессорная система содержит приводную машину DR, например двигатель или турбину, планетарный редуктор EGB и центробежный компрессор CC, причем все они соединены в последовательной конфигурации, то есть выходной поворотный элемент приводной машины соединен с входным поворотным элементом планетарного редуктора, а выходной поворотный элемент планетарного редуктора

соединен с входным поворотным элементом центробежного компрессора. Передаточное число планетарного редуктора больше единицы, как правило, намного больше единицы, с увеличением, тем самым, скорости вращения от входа к выходу. Такая компрессорная система может преимущественно использоваться в качестве установки для сжатия газа при добыче или переработке. 3 н. и 7 з.п. ф-лы, 16 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(21)(22) Application: **2014129396, 24.01.2013**

(24) Effective date for property rights:
24.01.2013

Priority:

(30) Convention priority:
27.01.2012 IT CO2012A000002

(43) Application published: **20.03.2016** Bull. № 8

(45) Date of publication: **25.09.2017**

(15) Correction information:
Corrected version no1 (W1 C2)

(48) Corrigendum issued on:
15.11.2017 Bull. № 32

(85) Commencement of national phase: **27.08.2014**

(86) PCT application:
EP 2013/051384 (24.01.2013)

(87) PCT publication:
WO 2013/110733 (01.08.2013)

Mail address:
191036, Sankt-Peterburg, a/ya 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

**TACCONELLI Remo (IT),
CHANDRASEKARAN Shankar (IN),
REDDY Murali Krishna (IN),
AH KARM Tivon Sing Lezin (FR),
VADAPALLI Sandilya (IN),
GUENARD Denis Guillaume (FR)**

(73) Proprietor(s):

Nuovo Pignone SRL (IT)

(54) **COMPRESSOR SYSTEM FOR NATURAL GAS, METHOD OF COMPRESSION OF NATURAL GAS AND INSTALLATION WHERE THEY ARE USED**

(57) Abstract:

FIELD: machine engineering.

SUBSTANCE: compressor system comprises a DR drive, such as an engine or turbine, an EGB planetary gearbox and a centrifugal compressor CC, all of which are connected in a series configuration, i.e. the output rotary element of the drive machine is connected to the input rotary element of the planetary gear, and the output rotary element of the planetary gear the reducer is connected to the input rotary element of the

centrifugal compressor. The gear ratio of the planetary gearbox is greater than one, generally much greater than unity, with an increase in the speed of rotation from input to output.

EFFECT: such a compressor system can be advantageously used as an apparatus for compressing gas during extraction or processing.

10 cl, 16 dwg

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Варианты выполнения раскрытого в настоящем документе объекта изобретения в целом относятся к компрессорной системе для природного газа, к способу сжатия природного газа и к установке с использованием такого компрессора и/или способа.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В нефтегазовой области общепринятым является сжатие природного газа.

Это происходит, например, в добывающих установках, в которых газ поступает, как правило, из нефтяной скважины или газовой скважины и представляет собой смесь, которая содержит, как правило, углеводороды в различных пропорциях, и/или водород в различных пропорциях, и/или диоксид углерода в различных пропорциях; когда газ поступает из нефтяной скважины, газ перед сжатием должен быть отделен от нефти.

Это происходит, например, в перерабатывающих установках, в которые газ поступает, как правило, из трубопровода или из другой установки (так называемый «технологический газ»).

В нефтегазовой области тремя основными этапами промышленного процесса (с помощью соответствующих установок) являются «добыча», «транспортировка» и «переработка», при этом «транспортировка» традиционно включается в «переработку».

Стоит отметить, что в нефтегазовой области переработка, в особенности, сжатие газа является проблематичным; в самом деле, например, газ может быть потенциально взрывоопасным, особенно, если он содержит водород и/или аммиак.

Решение проблемы со сжатием, используемое до сих пор и в течение очень длительного времени (т.е. много десятилетий), заключается в использовании приводной машины, редуктора с параллельными осями и компрессора (часто центробежного компрессора) для сжатия природного газа, причем все они соединены последовательно.

На Фиг. 1 изображена общая блок-схема этого известного решения: традиционный центробежный компрессор ТСС соединен с выходом традиционного редуктора PAGB с параллельными осями, который соединен с выходом традиционной приводной машины TDR; редуктор PAGB увеличивает скорость вращения от входа к выходу, и это схематически представлено разным количеством дуг на входе и на выходе.

Несмотря на то, что для получения улучшающихся характеристик было предложено много конкретных решений, вышеупомянутый подход соблюдался; Фиг. 1 показывает, что оси входного и выходного валов редуктора параллельны и расположены на расстоянии друг от друга.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Имея цель добиться дополнительных и значительных усовершенствований, было решено изменить подход, а конкретно, модифицировать конфигурацию с последовательным соединением.

Вместо использования редуктора с параллельными осями был выбран планетарный редуктор.

Планетарные редукторы известны, поскольку на протяжении многих лет они уже используются в нефтегазовой области; в любом случае, в этой области они использовались в качестве устройств для снижения скорости вращения при приведении в действие электрических генераторов. На Фиг. 2 показана общая блок-схема этого известного решения: традиционный электрогенератор TEPG подключен к выходу традиционного планетарного редуктора TEGB, который, в свою очередь, подсоединен к выходу традиционной турбины ТТВ; редуктор TEGB уменьшает скорость вращения от входа до выхода, и это схематично представлено разным количеством дуг на его входе и на его выходе; Фиг. 2 выделяет, что оси входного вала и выходного вала

редуктора совпадают.

Несмотря на то, что для получения все более улучшенных характеристик были задуманы многие конкретные решения, вышеупомянутый подход сохранялся до сих пор.

5 В нефтегазовой области надежность установок, поставленных и установленных для клиента, имеет первостепенное значение. Поэтому элементы этих установок, включая машины, должны выбираться с учетом их надежности и длительного срока эксплуатации.

Первый аспект настоящего изобретения представляет собой компрессорную систему для природного газа.

10 В соответствии с вариантами выполнения изобретения, компрессорная система для природного газа содержит:

- приводную машину, содержащую выходной поворотный элемент,
- планетарный редуктор, который содержит входной поворотный элемент и выходной поворотный элемент и передаточное число которого больше единицы с увеличением,
- 15 тем самым, скорости вращения от входа к выходу, и
- центробежный компрессор для сжатия газа, содержащий входной поворотный элемент,

причем выходной поворотный элемент приводной машины соединен с входным поворотным элементом планетарного редуктора, а выходной поворотный элемент планетарного редуктора соединен с входным поворотным элементом центробежного компрессора.

Некоторые преимущественные признаки и варианты изложены далее.

Указанный планетарный редуктор может быть многоступенчатым и, предпочтительно, двухступенчатым.

25 Указанный планетарный редуктор может содержать по меньшей мере два (предпочтительно по меньшей мере три) промежуточных вала, передающих вращение от входного поворотного элемента к выходному поворотному элементу, и выполненный как одно целое или установленный один зубчатый элемент или два зубчатых элемента различных диаметров.

30 Оси указанных по меньшей мере двух промежуточных валов могут быть выполнены с возможностью поворота вокруг оси входного поворотного элемента планетарного редуктора.

Приводная машина может представлять собой электродвигатель.

Приводная машина может представлять собой газовую турбину.

35 Приводная машина может представлять собой паровую турбину.

Редуктор может быть установлен на приводной машине.

Редуктор может быть установлен на основании.

Редуктор может быть установлен как на приводной машине, так и на основании.

40 Компрессорная система может дополнительно содержать одну плиту основания; в этом случае приводная машина и центробежный компрессор установлены на указанной одной плите основания.

Центробежный компрессор может иметь номинальную мощность в диапазоне от 2 МВт до 40 МВт.

45 Приводная машина может содержать два выходных поворотных элемента; в этом случае компрессорная система содержит планетарный редуктор и центробежный компрессор для каждого из указанных двух выходных поворотных элементов.

В дополнение к уже рассмотренному, компрессорная система может содержать по меньшей мере один центробежный компрессор; возможны различные конструкции.

В соответствии с первой возможностью, центробежный компрессор может содержать выходной поворотный элемент; в этом случае компрессорная система может дополнительно содержать:

- второй редуктор, содержащий входной поворотный элемент и выходной поворотный элемент, и

- второй центробежный компрессор для сжатия газа, содержащий входной поворотный элемент,

причем выходной поворотный элемент центробежного компрессора соединен с входным поворотным элементом указанного второго редуктора, а выходной поворотный элемент второго редуктора соединен с входным поворотным элементом второго центробежного компрессора. В соответствии со второй возможностью, второй центробежный компрессор присоединен между приводной машиной и планетарным редуктором.

Компрессорная система может дополнительно содержать регулируемую приводную систему, соединенную с приводной машиной и выполненную с возможностью изменения скорости вращения центробежного компрессора.

Второй аспект настоящего изобретения представляет собой способ сжатия природного газа.

В соответствии с вариантами выполнения изобретения, способ сжатия природного газа с помощью центробежного компрессора обеспечивает то, что указанный компрессор приводят в действие приводной машиной через планетарный редуктор, передаточное число которого больше единицы.

Некоторые преимущественные признаки и варианты изложены далее.

Передаточное число редуктора может иметь значение в диапазоне от 5 до 20.

Центробежный компрессор может работать на максимальной скорости вращения в диапазоне от 14000 оборотов в минуту до 28000 оборотов в минуту.

Центробежный компрессор может работать при соотношении давлений в диапазоне от 1,5 до 40.

Центробежный компрессор может работать таким образом, чтобы обеспечивать максимальное давление газа на выходе в диапазоне от 30 бар до 600 бар.

Центробежный компрессор может работать таким образом, чтобы перерабатывать максимальный поток газа в диапазоне от 1500 м³/ч до 100000 м³/ч.

В отношении выходного поворотного элемента приводной машины следует отметить, что этот выходной поворотный элемент может быть использован для управления двумя или большим числом центробежных компрессоров с разной скоростью вращения.

Приводная машина может работать с переменной скоростью вращения.

Третий аспект настоящего изобретения представляет собой установку, например, расположенную выше по потоку или ниже по потоку.

В соответствии с вариантами выполнения изобретения, установка содержит компрессорную систему для газа, которая включает:

- приводную машину, содержащую выходной поворотный элемент,

- планетарный редуктор, который содержит входной поворотный элемент и выходной поворотный элемент и передаточное число которого больше единицы, с увеличением, тем самым, скорости вращения от входа к выходу, и

- центробежный компрессор для сжатия газа, содержащий входной поворотный элемент,

при этом выходной поворотный элемент приводной машины соединен с входным поворотным элементом планетарного редуктора, и выходной поворотный элемент

планетарного редуктора соединен с входным поворотным элементом центробежного компрессора.

Установка может представлять собой установку добывающего типа, в частности, добывающую на шельфе. Установка может представлять собой установку перерабатывающего типа.

Указанная компрессорная система может содержать один или несколько технических признаков, изложенных выше.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Прилагаемые чертежи, которые включены в настоящее описание и составляют его часть, иллюстрируют варианты выполнения настоящего изобретения и вместе с описанием объясняют эти варианты выполнения. На чертежах:

Фиг. 1 схематически изображает решение предшествующего уровня техники для сжатия природного газа с использованием редуктора с параллельными осями,

Фиг. 2 схематически изображает решение предшествующего уровня техники для выработки электроэнергии с использованием планетарного редуктора,

Фиг. 3 схематически изображает принцип компрессорных систем, раскрытых в настоящем документе,

Фиг. 4 схематически изображает первый вариант выполнения компрессорной системы,

Фиг. 5 схематично изображает второй вариант выполнения компрессорной системы,

Фиг. 6 схематично изображает третий вариант выполнения компрессорной системы,

Фиг. 7 представляет собой схематический вид сбоку четвертого варианта выполнения компрессорной системы,

Фиг. 8 представляет собой схематический вид сбоку пятого варианта выполнения компрессорной системы,

Фиг. 9 представляет собой схематический вид сбоку шестого варианта выполнения компрессорной системы,

Фиг. 10 схематично изображает седьмой вариант выполнения компрессорной системы,

Фиг. 11 схематично изображает восьмой вариант выполнения компрессорной системы,

Фиг. 12 схематично изображает девятый вариант выполнения компрессорной системы,

Фиг. 13 показывает график, соответствующий использованию в разумных пределах редукторов с параллельными осями в комбинации с газовыми турбинами,

Фиг. 14 показывает два графика, соответствующие использованию в разумных пределах соответственно редукторов с параллельными осями и планетарных редукторов в комбинации с электродвигателями,

Фиг. 15 показывает концептуальную блок-схему способа сжатия природного газа, и

Фиг. 16 схематично изображает морскую платформу.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Последующее описание иллюстративных вариантов выполнения дается со ссылкой на прилагаемые чертежи. Одни и те же номера позиций на разных чертежах обозначают одинаковые или подобные элементы. Нижеследующее подробное описание не ограничивает изобретение. Вместо этого, объем изобретения определяется прилагаемой формулой изобретения.

Ссылка в данном описании на «один вариант выполнения» или «вариант выполнения» означает, что конкретный признак, конструкция или характеристика, описанные в связи с вариантом выполнения, включены по меньшей мере в один вариант выполнения раскрытого предмета изобретения. Таким образом, появление фразы «в одном варианте выполнения» или «в варианте выполнения» в различных местах по всему описанию не

обязательно относится к одному и тому же варианту выполнения. Кроме того, конкретные признаки, конструкции или характеристики могут быть объединены любым подходящим образом в одном или нескольких вариантах выполнения. Фиг. 3 схематически показывает принцип компрессорных систем, раскрытых в настоящем

5 документе. Эта компрессорная система содержит:

- приводную машину DR,
- планетарный редуктор EGB и
- центробежный компрессор CC для сжатия природного газа.

Приводная машина DR содержит выходной поворотный элемент DO;

10 планетарный редуктор EGB содержит входной поворотный элемент GI и выходной поворотный элемент GO; центробежный компрессор CC содержит входной поворотный элемент CI.

Следует отметить, что исключительно для облегчения понимания все поворотные элементы, изображенные на Фиг. 3, показаны как валы, выступающие из корпусов

15 соответствующих машин.

Выходной поворотный элемент приводной машины DR соединен с входным поворотным элементом GI в планетарном редукторе EGB; выходной поворотный элемент GO планетарного редуктора EGB соединен с входным поворотным элементом CI центробежного компрессора CC.

20 Следует отметить, что эти соединения показаны на Фиг. 3 в виде пунктирных линий, с тем, чтобы показать, что между приводной машиной DR и планетарным редуктором EGB и между планетарным редуктором EGB и центробежным компрессором CC могут быть присоединены другие устройства и/или машины; в любом случае, в соответствии с некоторыми типичными вариантами выполнения компрессорной системы, как

25 показано, например, на Фиг. 4 и Фиг. 5 и на Фиг. 6, между указанными элементами не присоединены никакие машины.

Передаточное число планетарного редуктора EGB больше единицы (как правило, значительно больше единицы), увеличивая, тем самым, скорость вращения от входа к выходу; это схематически представлено разным количеством дуг на входе, т.е. элементе

30 GI, и на его выходе, т.е. элементе GO; в частности, рядом с входным поворотным элементом GI имеется одна дуга, что означает низкую скорость вращения, а рядом с выходным поворотным элементом GO имеются три дуги, что означает высокую скорость вращения.

Следует уточнить, что в планетарном редукторе две или большее количество внешних зубчатых передач (как правило, три или больше внешних зубчатых передач), называют «сателлитами», которые находятся в зацеплении с центральной зубчатой передачей под названием «солнечная шестерня». «Сателлиты» могут быть прикреплены или

35 расположены с возможностью вращения вокруг «солнечной шестерни». Когда «сателлиты» расположены с возможностью вращения вокруг «солнечной шестерни»,

40 внешняя кольцевая шестерня, под названием «кольцо», окружает и зацепляется с «сателлитами».

Использование планетарного редуктора вместо редуктора с параллельными осями позволяет сэкономить значительное (боковое) пространство, в частности, в части занимаемого пространства компрессорной системы; это связано с тем, что входная и

45 выходная ось расположены на одной линии, вместо того, чтобы быть параллельными и отстоящими друг от друга вбок на некоторое расстояние.

Использование планетарного редуктора вместо редуктора с параллельными осями позволяет использовать более простую систему смазки редуктора, поскольку требования

к смазке планетарного редуктора ниже, чем требования к смазке редуктора с параллельными осями.

Следует отметить, что описанный выше принцип может быть реализован многими различными способами. Конфигурация и конструкция конкретных вариантов выполнения будет зависеть от многих факторов, в том числе, например, состава и/или давления природного газа, поступающего из газовой или нефтяной скважины.

Центробежные компрессоры в нефтегазовой области, рассматриваемые в патентной заявке настоящего изобретения, такие как обозначенные на чертежах СС, СС1, СС2, СС3, ССА, ССВ, ССС, как правило, имеют номинальную мощность в диапазоне от 2 МВт до 40 МВт.

Для настоящего изобретения важно, чтобы во время работы центробежный компрессор вращался с высокой скоростью вращения; это достигается с помощью планетарного редуктора с (относительно) высоким передаточным числом.

В соответствии с предпочтительными вариантами выполнения, передаточное число планетарного редуктора имеет значение в диапазоне от 5 до 20. Для достижения таких высоких передаточных чисел может быть использована многоступенчатая планетарная передача. Двухступенчатая планетарная передача может быть хорошим компромиссом с точки зрения радиального размера, осевого размера, веса и передаточного числа редуктора.

В соответствии с предпочтительными вариантами выполнения, планетарный редуктор содержит по меньшей мере два промежуточных вала, передающих вращение от входного поворотного элемента к выходному поворотному элементу редуктора; каждый из этих промежуточных валов может иметь выполненные как одно целое или установленные два зубчатых элемента различного диаметра, расположенных на противоположных сторонах промежуточного вала так, что передаточное число увеличивается в ограниченном пространстве; эти промежуточные валы могут быть выполнены с возможностью поворота вокруг оси входного поворотного элемента планетарного редуктора; преимущественно используются три или пять промежуточных валов, симметрично расположенных вокруг входного поворотного элемента. Такое только что описанное решение выполнения редуктора можно считать конкретным типом двухступенчатого планетарного редуктора, причем две ступени интегрированы в одном устройстве и поэтому называются «суммирующим редуктором».

В варианте выполнения, изображенном на Фиг. 4, в качестве приводной машины используется электродвигатель ЕМ; использование электродвигателя для сжатия природного газа является типичным применением в добывающих применениях и, в особенности, для морских платформ. Компрессорная система, изображенная на Фиг. 4, содержит электродвигатель ЕМ, планетарный редуктор EGB1 и центробежный компрессор СС1, соединенные в последовательной конфигурации.

В варианте выполнения, изображенном на Фиг. 5, в качестве приводной машины используется газовая турбина GT. Компрессорная система, изображенная на Фиг. 5, содержит газовую турбину GT, планетарный редуктор EGB2 и центробежный компрессор СС2, соединенные в последовательной конфигурации.

В варианте выполнения, изображенном на Фиг. 6, в качестве приводной машины используется паровая турбина ST. Компрессорная система, изображенная на Фиг. 6, содержит паровую турбину ST, планетарный редуктор EGB3 и центробежный компрессор СС3, соединенные в последовательной конфигурации.

Выбор приводной машины зависит от многих факторов.

Фиг. 7 и Фиг. 8 и Фиг. 9 подчеркивает организацию компрессорной системы пусть

хоть и очень схематичным образом. На этих чертежах не указан тип используемой приводной машины, и они показывают просто приводную машину DR, планетарный редуктор EGB и центробежный компрессор СС, соединенные в последовательной конфигурации.

5 Все варианты выполнения, изображенные на Фиг. 7 и Фиг. 8 и Фиг. 9, содержат одну плиту ВР основания и обеспечивают то, что приводная машина DR и центробежный компрессор СС установлены на плите ВР основания.

На Фиг. 7 планетарный редуктор EGB установлен лишь на плите ВР основания.

На Фиг. 9 планетарный редуктор EGB установлен только на приводной машине DR.

10 На Фиг. 8 планетарный редуктор EGB установлен частично на плите ВР основания и частично на приводной машине DR.

Как видно из Фиг. 7 и Фиг. 8 и Фиг. 9, в соответствии с настоящим изобретением, установка планетарного редуктора на центробежном компрессоре не является предпочтительным выбором. На самом деле, выбор и конструкция центробежного
15 компрессора сами по себе являются трудными и зависят от конкретных применений и условий применения компрессорной системы; поэтому, предпочтительно не усложнять дальнейшие выбор и конструкцию центробежного компрессора, с учетом также необходимости установки на нем редуктора.

Как схематически подчеркнуто на Фиг. 7 и Фиг. 8 и Фиг. 9, установка планетарного
20 редуктора непосредственно на приводную машину (как правило, на электродвигатель) приводит к очень компактному расположению, т.е. с малой занимаемой площадью. Двойная установка (см. Фиг. 8) может быть компромиссом между размером занимаемой площади и механическими осложнениями конструкции фланцев приводной машины и редуктора.

25 На выбор установки планетарного редуктора влияют многие факторы. Установка редуктора непосредственно на приводную машину позволяет экономить значительное (продольное) пространство, в частности, в части занимаемого пространства компрессорной системы.

Другие варианты выполнения компрессорной системы содержат несколько машин,
30 больше трех, соединенных в последовательной конфигурации, как показано, например, на Фиг. 10, Фиг. 11, Фиг. 12.

На Фиг. 10 изображен вариант выполнения, в котором приводная машина DR содержит два выходных поворотных элемента, в частности, на противоположных
35 сторонах, и также имеется планетарный редуктор (EGBA и EGBB) и центробежный компрессор (ССА и ССВ) для каждого из двух выходных поворотных элементов; это можно рассматривать как двойную последовательную конфигурацию. На Фиг. 11 компрессорная система содержит, в дополнение к центробежному компрессору СС, другой центробежный компрессор ССС; в этом случае компрессор СС имеет выходной поворотный элемент (не показан на чертеже). Другой редуктор GB предпочтительно
40 выполнен так, что два указанных компрессора СС и ССС могут вращаться с разными скоростями вращения.

Механическое соединение представляет собой последовательную конфигурацию; поворотные элементы машин на чертеже не показаны. Выходной поворотный элемент
45 приводной машины DR соединен с входным поворотным элементом планетарного редуктора EGB, выходной поворотный элемент планетарного редуктора EGB соединен с входным поворотным элементом компрессора СС, выходной поворотный элемент компрессора СС соединен с входным поворотным элементом редуктора GB; выходной поворотный элемент редуктора GB соединен с входным поворотным элементом

компрессора ССС. Сравнивая Фиг. 11 с Фиг. 1, можно понять, что другие машины механически соединены ниже по потоку с компрессором СС, также в составе одного последовательного соединения.

Проточное соединение в варианте выполнения, изображенном на Фиг. 11, предусматривает, что газ, сжатый компрессором СС, дополнительно сжимается компрессором ССС; таким образом, в целом нет необходимости, чтобы скорость вращения компрессора ССС была намного выше, чем скорость вращения компрессора СС; поэтому, редуктор GB не обязательно должен быть планетарным редуктором (имеющим высокое передаточное число), хотя он может и быть им.

Также на Фиг. 12 показано, что компрессорная система содержит, в дополнение к центробежному компрессору СС, другой центробежный компрессор ССС. Также может быть предусмотрен другой редуктор GB.

Механическое соединение представляет собой последовательное соединение; поворотные элементы машин не показаны на чертеже. Выходной поворотный элемент приводной машины DR соединен с входным поворотным элементом редуктора GB, выходной поворотный элемент редуктора GB соединен с входным поворотным элементом компрессора ССС, выходной поворотный элемент компрессора ССС соединен с входным поворотным элементом планетарного редуктора EGB; выходной поворотный элемент планетарного редуктора EGB соединен с входным поворотным элементом компрессора СС. Сравнивая Фиг. 12 с Фиг. 1, можно понять, что другие машины механически соединены между планетарным редуктором EGB и приводной машиной DR, а также входят в состав одной последовательности.

Проточное соединение в варианте выполнения, изображенном на Фиг. 12, обеспечивает дополнительное сжатие компрессором СС газа, уже сжатого компрессором ССС. Скорость вращения компрессора СС значительно выше, чем скорость вращения компрессора ССС, в связи с наличием планетарного редуктора EGB; поэтому, редуктор GB может быть исключен, или же, если он имеется (как на Фиг. 12), то редуктор GB не обязательно должен быть планетарным редуктором (имеющим высокое передаточное число), хотя он и может им быть.

Особенно, если в качестве приводной машины в компрессорной системе используется электрический двигатель, то в компрессорной системе полезно предусмотреть систему с переменной скоростью привода (VSD), соединенную с приводной машиной и выполненную с возможностью изменения скорости вращения центробежного компрессора или компрессоров. Например, надежный четырехполюсный асинхронный электродвигатель, работающий на частоте 50 Гц, может быть объединен с надежной системой VSD, способной изменять частоту от 0 Гц до 75 Гц; это дает скорость вращения от 0 оборотов в минуту до 2250 оборотов в минуту.

На графиках, показанных на Фиг. 13 и Фиг. 14, номинальная мощность выражается в мегаваттах (МВт), а передаточное отношение выражается в виде безразмерного числа.

График, показанный на Фиг. 13, обозначенный «PAGB», полученный авторами изобретения, соответствует разумному пределу использования редукторов с параллельными осями в комбинации с газовыми турбинами; этот график предполагает скорость вращения газовой турбины, действующей в качестве приводной машины, около 6000 оборотов в минуту; выше этого предела редукторы с параллельными осями не могут быть использованы, и поэтому должны использоваться планетарные редукторы.

Аналогичный график может быть получен для паровых турбин.

Графики, показанные на Фиг. 14, обозначены «PAGB» и «EGB», полученные авторами

изобретения, соответствуют разумному пределу использования, соответственно, редукторов с параллельными осями и планетарных редукторов в комбинации с электродвигателями; эти графики предполагают скорость вращения электродвигателя, действующего в качестве приводной машины, около 1500 оборотов в минуту (при работе на 50 Гц); очень похожие графики могут быть получены для скорости вращения около 1800 оборотов в минуту (при работе на 60 Гц); лучшая область применения (в соответствии с текущими технологиями) комбинации четырехполюсного индукционного электродвигателя переменного тока и планетарного редуктора лежит между этими двумя графиками; следует учитывать, что четырехполюсные индукционные электродвигатели переменного тока сертифицированы для использования в сверхвысокомощных применениях (например, от 2 до 40 МВт) даже во взрывоопасных средах, в связи с конкретной сжимаемой газовой смесью.

Следует уточнить, что, несмотря на то, что Фиг. 14 относится к использованию четырехполюсных электродвигателей, настоящее изобретение не исключает использование двухполюсных электродвигателей.

Кроме того, стоит отметить, что, несмотря на то, что Фиг. 14 относится к составным планетарным редукторам (т.е. имеющим передаточное число больше чем приблизительно 10 или 11), настоящее изобретение не исключает использования «простых» (т.е. не составных) планетарных редукторов, когда требуемое передаточное число меньше (например, ниже, чем 10 или 11).

Сжатие газа в описанных выше вариантах выполнения осуществляется, по меньшей мере частично, с помощью центробежного компрессора с приводом от приводной машины через планетарный редуктор, имеющий передаточное число больше единицы.

Как показано на Фиг. 15, в целом, центробежный компрессор СС выполняют (этап 1610) в соответствии с соответствующей конструкцией и/или выбором, приводную машину DR выполняют (этап 1620) в соответствии с соответствующей конструкцией и/или выбором, планетарный редуктор EGB выполняют (этап 1630) в соответствии с соответствующей конструкцией и/или выбором; путем вращения приводной машины DR (этап 1640) центробежный компрессор СС вращается с помощью планетарного редуктора EGB; очевидно, что газ подается на вход центробежного компрессора СС перед запуском приводной машины DR.

Планетарный редуктор используется для достижения высокой скорости вращения компрессора; поэтому, предпочтительно, передаточное число указанного планетарного редуктора имеет значение в диапазоне от 5 до 20, в зависимости от применения; планетарный редуктор выполнен аналогичным образом.

Предпочтительно, центробежный компрессор работает при максимальной скорости вращения в диапазоне от 14000 оборотов в минуту до 28000 оборотов в минуту, в зависимости от применения; с учетом настоящих технологий, верхний предел выбран приблизительно 22000 оборотов в минуту; центробежный компрессор выполнен соответствующим образом.

Высокая скорость вращения (достигается за счет планетарного редуктора) обеспечивает возможность использования более компактных и более эффективных центробежных компрессоров. Предпочтительно, центробежный компрессор работает при соотношении давлений в диапазоне от 1,5 до 40, в зависимости от применения. Несмотря на то, что желательны очень высокие соотношения давления, смесь газа влияет на выбор соотношения давления: например, если природный газ обогащен водородом, в связи с риском взрыва предпочтительна нижняя сторона вышеупомянутого диапазона.

Центробежный компрессор приводится в действие таким образом, чтобы обеспечивать максимальное выходное давление газа в диапазоне от 30 бар до 600 бар, в зависимости от применения.

Центробежный компрессор приводится в действие таким образом, чтобы

5 переработать максимальный поток газа в диапазоне от 1500 м³/ч до 100000 м³/ч, в зависимости от применения.

Только что изложенные диапазоны параметров для работы центробежного компрессора влияют на технические характеристики центробежного компрессора, а также технические характеристики приводной машины и планетарного редуктора.

10 Этап 1640 предусмотрен для вращения приводной машины компрессорной системы и, следовательно, любого центробежного компрессора компрессорной системы, присоединенного или прикрепленного к нему.

Скорость вращения часто является постоянной во время стабильной работы, т.е. режима. В любом случае выгодным может представляться изменение скорости вращения, например, во время запуска или если предусмотрены различные режимы; для этой цели преимущественно используется система VSD.

В соответствии с конкретными предпочтительными вариантами выполнения, предусмотрен более чем один центробежный компрессор, при этом способ обеспечивает возможность приведения в действие двух или большего количества центробежных компрессоров с различными скоростями вращения с помощью одной и той же приводной машины. Это полезно, например, при приведении в действие двух каскадных ступеней сжатия.

Описанные выше компрессорные системы и способы обычно применяются и используются в установках нефтегазовой промышленности, т.е. для установок добычи и/или переработки. Фиг. 16 показывает морскую платформу ОР, содержащую компрессорную систему CS подачи сжатого природного газа в трубопровод PL; это представляет собой пример добычи. В качестве альтернативы, компрессорная система CS может быть использована в морской платформе для производства сжатого газа, предназначенного для введения в скважину.

30 Очень хорошие результаты были достигнуты путем объединения электродвигателя (в особенности, четырехполюсного электродвигателя) и планетарного редуктора (в особенности, составного планетарного редуктора) и центробежного компрессора, и используя эту комбинацию в виде компрессорной системы, такой, которая показана на Фиг. 16.

35 Конкретный пример «переработки» может представлять собой сжатие аммиака.

В свете вышеизложенного, специалист в данной области техники понимает преимущества описанных вариантов выполнения, и вариантов выполнения, попадающих в прилагаемую формулу изобретения.

40 В отношении центробежного компрессора компрессорной системы, некоторые преимущества заключаются в уменьшении размера, повышении коэффициента полезного действия, снижении веса и сокращении занимаемой площади.

В отношении приводной машины компрессорной системы, некоторые преимущества заключаются в возможности использовать приводные машины меньшей мощности, возможности использовать приводные машины с меньшей скоростью, в снижении веса и в уменьшении занимаемой площади.

45 В отношении редуктора компрессорной системы, некоторые преимущества заключаются в меньшем весе, меньшем размере, меньшей занимаемой площадью, меньшим потреблением смазочного масла и более высоким коэффициентом полезного

действия (до 1%).

В отношении пластины основания компрессорной системы некоторые преимущества заключаются в меньшем размере и меньшем весе.

5 Специалист в данной области техники понимает, что каждое из перечисленных выше преимуществ относится к различным вариантам выполнения в разной степени.

(57) Формула изобретения

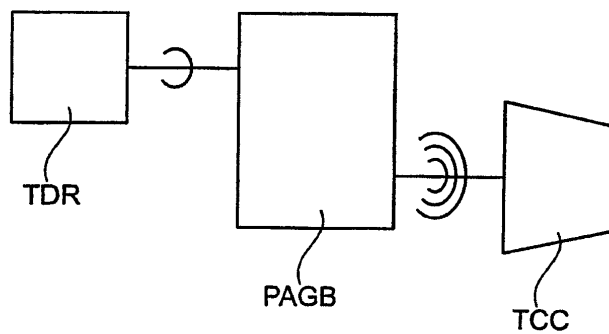
1. Компрессорная система для природного газа, содержащая:
приводную машину (DR), содержащую первый выходной поворотный элемент (DO);
10 планетарный редуктор (EGB), который содержит первый входной поворотный элемент (GI) и второй выходной поворотный элемент (GO) и передаточное число которого больше единицы с увеличением, тем самым, скорости вращения от входа к выходу; и
первый центробежный компрессор (CC), выполненный с возможностью сжатия
15 природного газа и содержащий второй входной поворотный элемент (CI),
при этом первый выходной поворотный элемент (DO) приводной машины соединен с первым входным поворотным элементом (GI) планетарного редуктора, а второй выходной поворотный элемент (GO) планетарного редуктора соединен со вторым входным поворотным элементом (CI) центробежного компрессора.
- 20 2. Компрессорная система по п. 1, в которой планетарный редуктор (EGB) представляет собой многоступенчатый редуктор и/или редуктор составного типа.
3. Компрессорная система по п. 1, в которой приводная машина (DR) представляет собой электродвигатель, или газовую турбину, или паровую турбину.
4. Компрессорная система по п. 1, в которой редуктор (EGB) установлен на приводной
25 машине, или на основании, или на приводной машине и основании.
5. Компрессорная система по п. 1, дополнительно содержащая второй центробежный компрессор, выполненный с возможностью сжатия природного газа, причем первый центробежный компрессор (CC) и второй центробежный компрессор соединены в
30 последовательной конфигурации с первым выходным поворотным элементом приводной машины.
6. Способ сжатия природного газа посредством центробежного компрессора (CC), включающий приведение в действие центробежного компрессора через планетарный редуктор (EGB) с использованием приводной машины (DR), причем передаточное число планетарного редуктора (EGB) больше единицы.
- 35 7. Способ по п. 6, в котором передаточное число планетарного редуктора (EGB) имеет значение в диапазоне от 5 до 20.
8. Способ по п. 6, в котором приводная машина (DR) содержит выходной поворотный элемент, который выполнен с возможностью приведения в действие по меньшей мере двух или большего количества центробежных компрессоров с разными скоростями
40 вращения.
9. Способ по п. 6, в котором приводная машина (DR) работает с переменной скоростью вращения.
10. Установка, содержащая компрессорную систему для газа по любому из пп. 1-5.

45

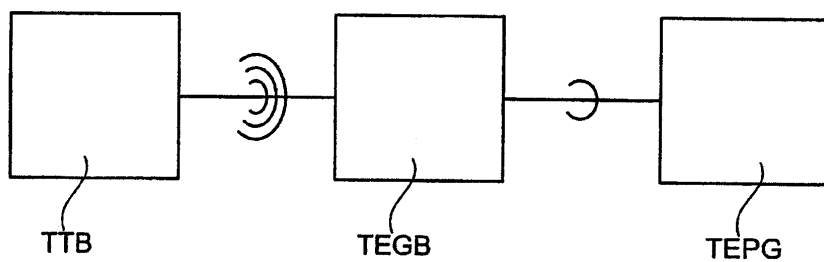
1

Компрессорная система для природного газа, способ сжатия
природного газа и установка, в которой они используются

1/8



Фиг.1
УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

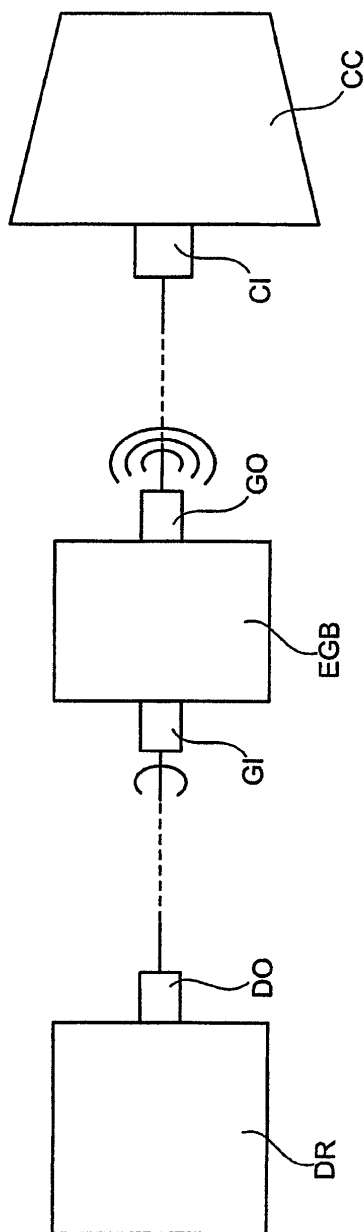


Фиг.2
УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

2

Компрессорная система для природного газа, способ сжатия природного газа и установка, в которой они используются

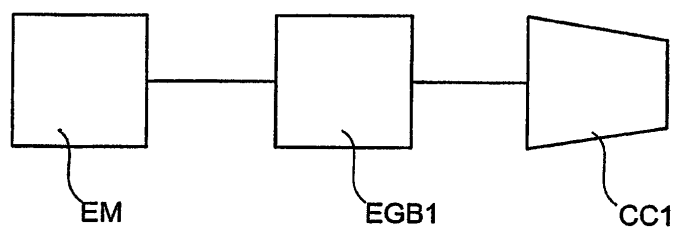
2/8



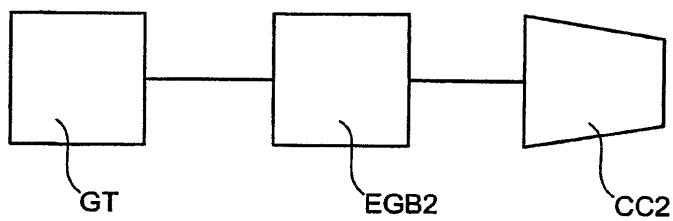
Фиг.3

Компрессорная система для природного газа, способ сжатия природного газа и установка, в которой они используются

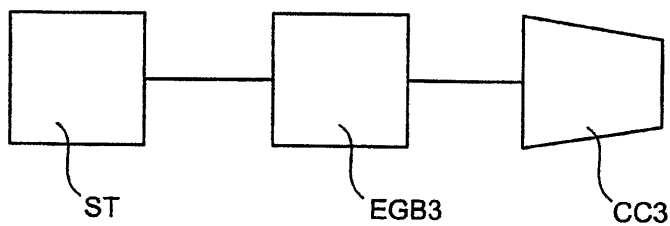
3/8



Фиг.4



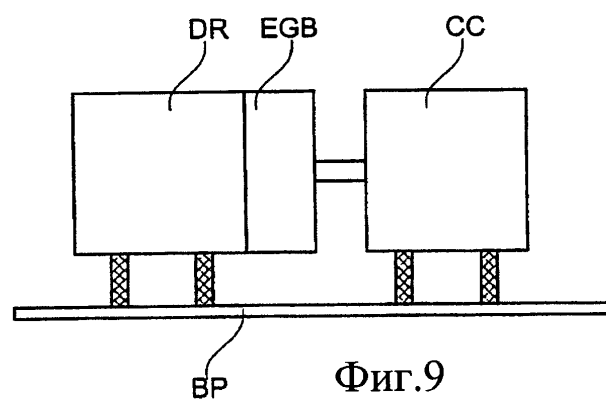
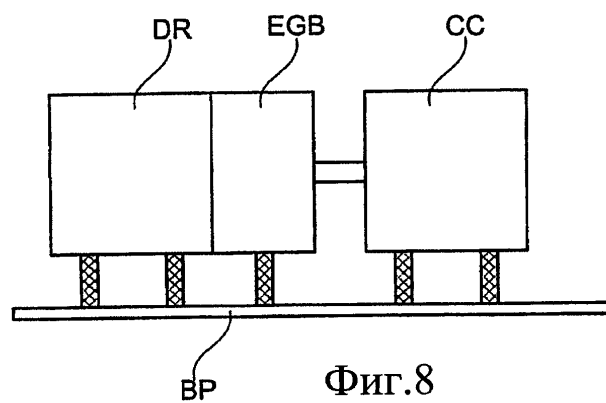
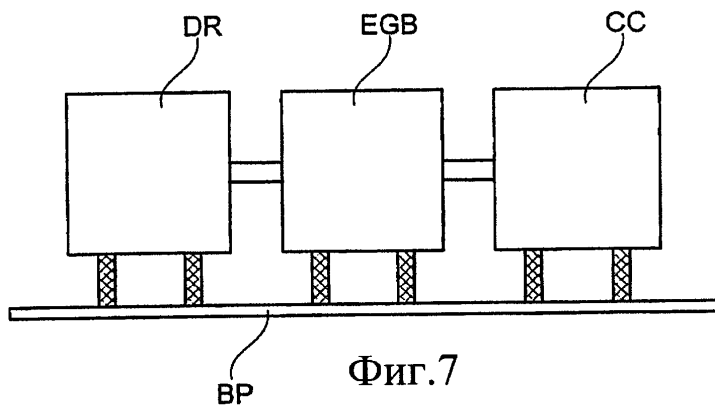
Фиг.5



Фиг.6

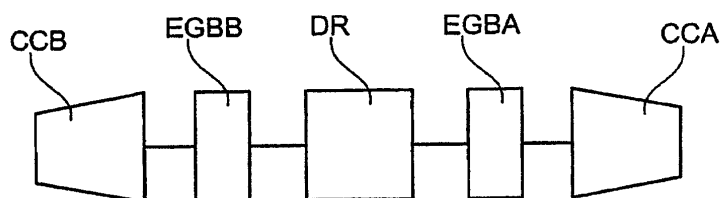
Компрессорная система для природного газа, способ сжатия природного газа и установка, в которой они используются

4/8

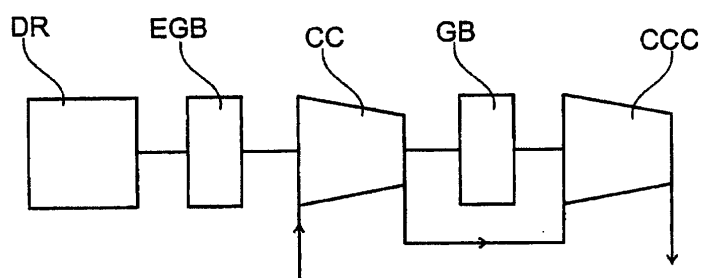


Компрессорная система для природного газа, способ сжатия природного газа и установка, в которой они используются

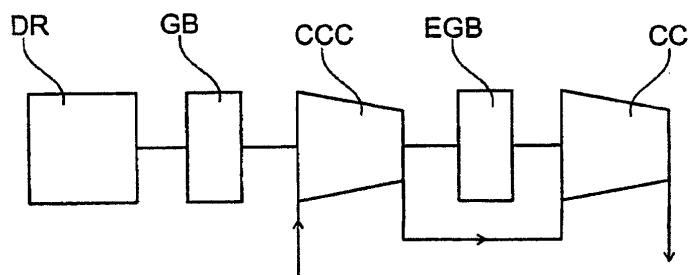
5/8



Фиг.10



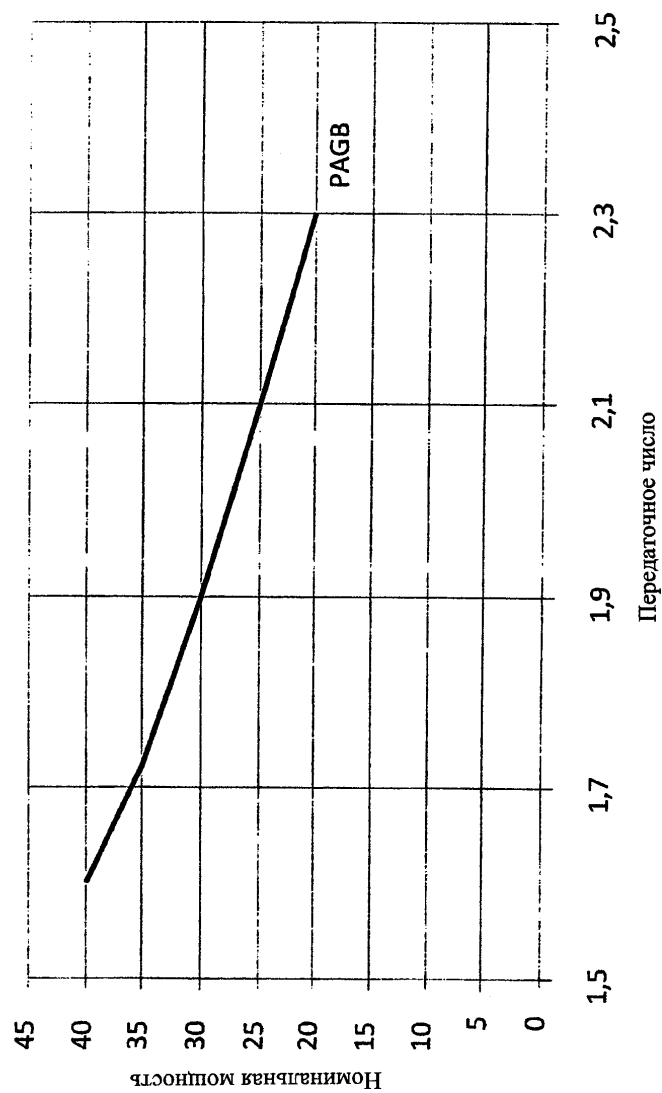
Фиг.11



Фиг.12

Компрессорная система для природного газа, способ сжигания
природного газа и установка, в которой они используются

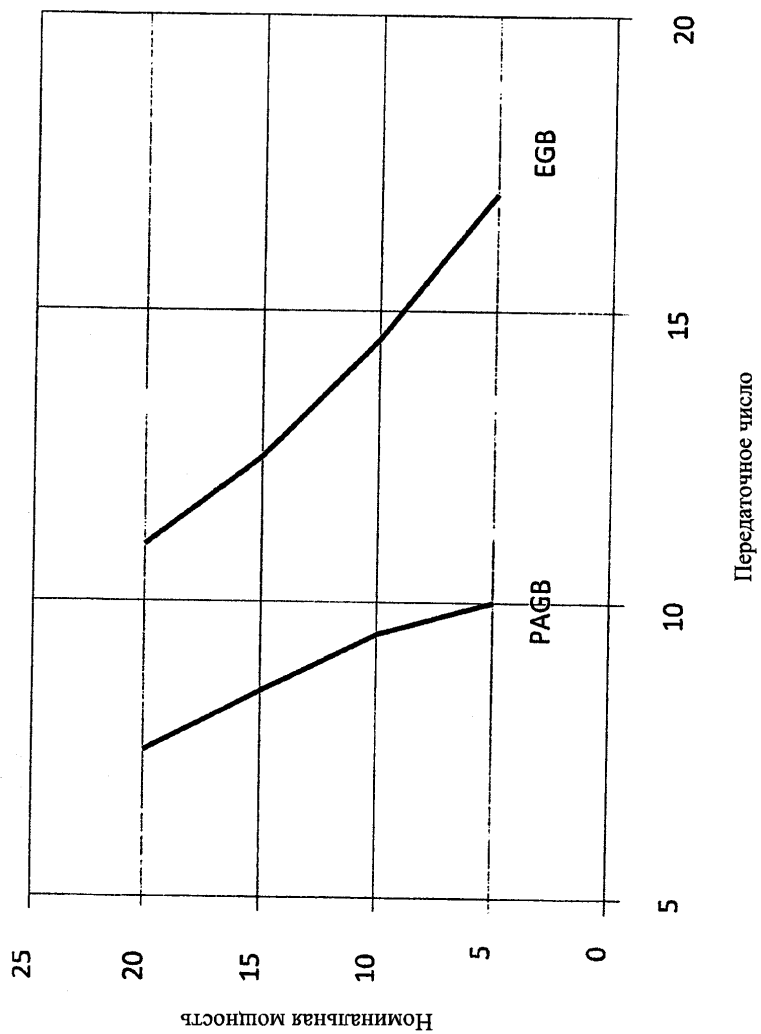
6/8



Фиг.13

Компрессорная система для природного газа, способ сжатия
природного газа и установка, в которой они используются

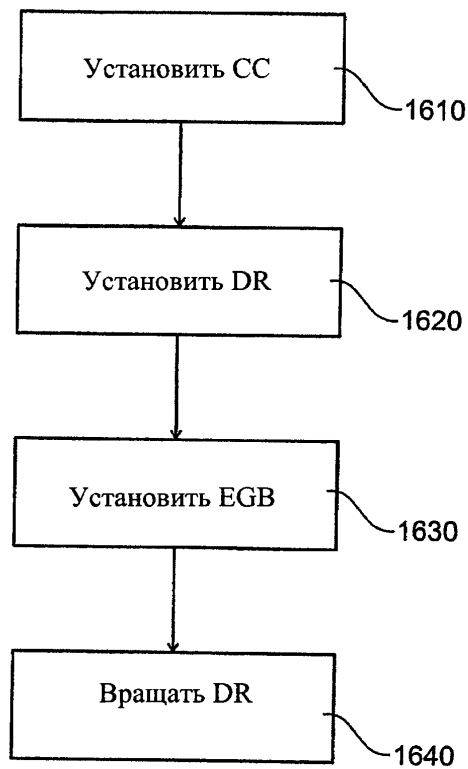
7/8



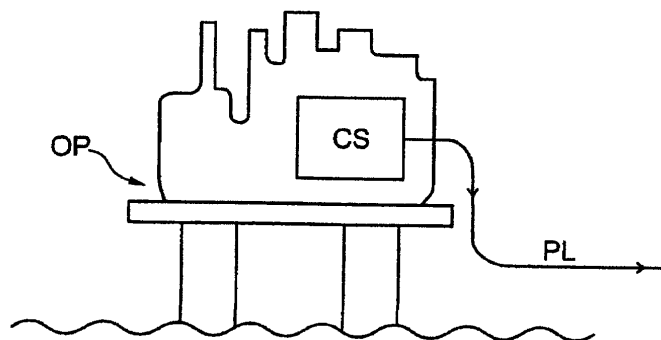
Фиг.14

Компрессорная система для природного газа, способ сжатия природного газа и установка, в которой они используются

8/8



Фиг.15



Фиг.16