

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044860**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.06

(21) Номер заявки
202292667

(22) Дата подачи заявки
2021.05.04

(51) Int. Cl. *F25J 1/00* (2006.01)
F25B 9/14 (2006.01)
F25J 1/02 (2006.01)

(54) **СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ, СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА,
МОТОРНЫЙ УЗЕЛ И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ**

(31) **2004428**

(32) **2020.05.05**

(33) **FR**

(43) **2023.01.31**

(86) **PCT/FR2021/050768**

(87) **WO 2021/224574 2021.11.11**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЭОСЖЕН-ТЕКНОЛОЖИ (FR)

(72) Изобретатель:
Верне Жан-Филипп Жорж (FR)

(74) Представитель:
**Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.,
Галухина Д.В., Алексеев В.В. (RU)**

(56) US-A1-2014157823
WO-A2-2016091903
EP-A2-2837873

(57) Изобретение относится к системе (1) охлаждения, содержащей, по меньшей мере, тепловой насос (2) Стирлинга, приспособленный для охлаждения входного газа (G_c) до криогенной температуры с образованием криогенной жидкости (L), первичный электродвигатель (3), предназначенный для обеспечения работы указанного теплового насоса (2) Стирлинга, первичный насос (4), предназначенный для обеспечения циркуляции указанной криогенной жидкости (L) под давлением, и охлаждающее средство (5), предназначенное для охлаждения указанного первичного электродвигателя (3) с помощью криогенной жидкости (L), выходящей из указанного первичного насоса (4). Изобретение, в частности, подходит для производства криогенной жидкости и ее применений.

B1

044860

044860

B1

Область техники

Изобретение относится в целом к области охлаждения изначально газообразного компонента до сжижения, если точнее - до очень низкой температуры, в частности, криогенной температуры.

Таким образом, изобретение относится к системе охлаждения.

Изобретение также относится к системе кондиционирования воздуха, моторному узлу и соответствующему способу адаптации, способу охлаждения и способу сжигания в кислородной среде.

Уровень техники

Традиционно, регулируемое использование, транспортировка и хранение газообразного компонента требует проведения концентрирования этого газообразного компонента, например, посредством компрессора. Операция концентрирования может также выполняться путем сжижения исходного газообразного компонента.

Для осуществления сжижения газообразного компонента, как известно, используются системы охлаждения и системы компрессии.

Эти системы, предназначенные для сжижения газа, хотя и в целом удовлетворительны в использовании, тем не менее, имеют некоторые недостатки.

Так, известные системы охлаждения, предназначенные для сжижения газа, страдают от высокой стоимости энергии, низкой эффективности в лучшем случае, сложной реализации и значительных размеров при относительно небольшом количестве сжиженного газа, производимом за единицу времени.

Известные системы компрессии, в частности, предназначенные для сжижения газа, также страдают от высокой стоимости энергии, особенно потому, что они дополнительно страдают от значительных потерь калорий из-за сжатия газа и трения, присущего движению их элемента сжатия, например поршня в случае поршневого компрессора. Такая конфигурация на практике ограничивает скорость сжатия каждой ступени, в частности, когда необходимо достичь высокого давления. Поэтому компрессоры могут нуждаться в охлаждении на каждой из их ступеней, что приводит к потреблению еще большей энергии. Наконец, известные системы компрессии подвержены значительным рискам безопасности, связанным с хранением сжатого газа, и, как правило, сами по себе не приспособлены к сжижению определенных газов, в частности, к сжижению газообразных компонентов воздуха.

Следовательно, даже если системы сжижения газа известны и реализуемы как таковые, вышеупомянутые недостатки показывают, что они не приспособлены к простой, эффективной и полностью безопасной реализации концентрации газа, тем более сжижения газа.

В конечном счете, известные системы сжижения газа, в частности, системы охлаждения или сжижения при сжатии, являются особенно дорогими, энергоемкими и громоздкими и представляют высокий риск с точки зрения безопасности изделий и людей. Их трудно использовать за пределами промышленной установки, которая не очень модулируема и относительно неэффективна.

Раскрытие сущности изобретения

Таким образом, задачи, поставленные перед настоящим изобретением, направлены на устранение различных недостатков, перечисленных выше, и предложение новой системы охлаждения, которая, будучи особенно эффективной, особенно проста в реализации, недорога и компактна.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения, работу которой особенно легко адаптировать к различным видам применения.

Другой задачей изобретения является предложение новой системы охлаждения с прочной конструкцией, которая проста в применении и обладает превосходной энергоэффективностью.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения, которая является одновременно надежной и экономически конкурентоспособной.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения с уменьшенными затратами на техническое обслуживание.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения, которая является особенно износостойкой и имеет по существу постоянную временную эффективность, даже если она подвергается длительному и/или последовательному использованию.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения, имеющую оптимизированную производительность, с обеспечением возможности выбора наиболее точных размеров в соответствии с ее использованием.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения, которая является особенно эффективной, компактной и легко адаптируемой для использования в различных масштабах.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения, которая особенно полезна в области механических транспортных средств, особенно в отношении эффективности использования топлива и борьбы с загрязнением.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения, которая работает в оптимальных условиях безопасности.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему охлаждения, которая оказывает лишь незначительное воздействие на окружающую среду или не оказывает никакого воздействия на окружающую среду и обладает превосходным углеродным следом.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новую систему кондиционирования воздуха, обладающую, в частности, большой энергоэффективностью, а также превосходной производительностью кондиционирования воздуха.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новый моторный узел, который является особенно экологически чистым, простым в реализации и имеющим высокую энергоэффективность.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новый простой в реализации способ адаптации двигателя внутреннего сгорания, позволяющий улучшить общую производительность двигателя, в частности, в отношении энергоэффективности и контроля за выбросами.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новый способ охлаждения, который является особенно энергоэффективным, простым в реализации и адаптированным к широкому спектру применений.

Другая задача изобретения заключается в том, чтобы предложить новый способ сжигания в кислородной среде, который является особенно эффективным, контролируемым, очень мало-загрязняющим и имеющим превосходную общую энергоэффективность.

Задачи, поставленные перед изобретением, решаются системой охлаждения, содержащей, по меньшей мере,

тепловой насос Стирлинга, приспособленный для охлаждения входящего газа до криогенной температуры с целью образования криогенной жидкости,

первичный электродвигатель, предназначенный для обеспечения работы указанного теплового насоса Стирлинга,

первичный насос, предназначенный для циркуляции указанной криогенной жидкости под давлением, и

охлаждающее средство, предназначенное для охлаждения указанного первичного электродвигателя посредством криогенной жидкости, поступающей от указанного первичного насоса.

Задачи, поставленные перед изобретением, также решаются высокомогущей системой кондиционирования воздуха, отличающейся тем, что она содержит систему охлаждения, описанную выше и далее, причем энергия охлаждения высокомогущей системы кондиционирования воздуха подается через испаритель.

Задачи, поставленные перед изобретением, также решаются моторным узлом, отличающемся тем, что он содержит, по меньшей мере,

систему охлаждения как описано выше и далее, причем указанная система охлаждения приспособлена для производства сжиженного диоксида, и

двигатель внутреннего сгорания, расположенный ниже по потоку от указанной системы охлаждения и содержащий камеру сгорания,

при этом система охлаждения соединена с указанным двигателем внутреннего сгорания с обеспечением возможности впрыскивать указанный сжиженный диоксид в указанную камеру сгорания.

Задачи, поставленные перед изобретением, также достигаются способом адаптации двигателя внутреннего сгорания, содержащего, по меньшей мере, впускной коллектор и камеру сгорания, причем указанный способ адаптации отличается тем, что содержит, по меньшей мере,

этап закрытия или удаления указанного впускного коллектора двигателя,

этап установки, на котором система охлаждения как описано выше и далее соединена с указанным двигателем внутреннего сгорания, на указанном закрытом или удаленном впускном коллекторе и, таким образом, выше по потоку от указанной камеры сгорания, с обеспечением возможности впрыскивать в последнюю сжиженный диоксид, производимый указанной системой охлаждения.

Задачи, поставленные перед изобретением, решаются способом охлаждения, содержащим, по меньшей мере,

этап охлаждения входящего газа посредством по меньшей мере одного теплового насоса Стирлинга для образования криогенной жидкости, причем указанный тепловой насос Стирлинга приводят в действие первичным электродвигателем,

этап накачивания для циркуляции указанной криогенной жидкости под давлением, и

этап охлаждения, на котором указанный первичный электродвигатель охлаждают посредством криогенной жидкости, поступающей с указанного этапа накачивания.

Задачи, поставленные перед настоящим изобретением, также решаются способом сжигания в кислородной среде, включающего способ охлаждения как описано выше, причем способ сжигания в кислородной среде дополнительно включает этап впрыска диоксида, сжиженного во время способа охлаждения, в камеру сгорания двигателя внутреннего сгорания.

Краткое описание фигур

Другие признаки и преимущества изобретения станут более понятны по прочтении описания, приведенного ниже со ссылкой на чертежи, прилагаемые в качестве чисто иллюстративных и неограничивающих примеров, на которых:

фиг. 1 представляет собой упрощенную схематическую иллюстрацию общего принципа системы охлаждения согласно изобретению;

фиг. 2 представляет собой схематическое изображение конкретного варианта осуществления системы охлаждения согласно настоящему изобретению, с гелиевым охлаждением;

фиг. 3 представляет собой схематическое изображение другого конкретного варианта осуществления системы охлаждения согласно настоящему изобретению, с сепаратором, полностью интегрированным в пример моторного узла согласно настоящему изобретению;

фиг. 4 представляет собой схематическое изображение еще одного конкретного варианта осуществления системы охлаждения согласно настоящему изобретению, с электролизом воды и метанированием, полностью интегрированного в другой пример моторного узла согласно настоящему изобретению;

фиг. 5 представляет собой схематическую иллюстрацию сепаратора с фиг. 3;

фиг. 6 представляет собой схематическую иллюстрацию увеличенной детали с фиг. 5;

фиг. 7 представляет собой схематическую иллюстрацию части сепаратора с фиг. 3;

фиг. 8 представляет собой вид в поперечном сечении вдоль плоскости В сепаратора с фиг. 7;

фиг. 9 представляет собой подробную схематическую иллюстрацию примера принципа действия магнитного сепаратора в соответствии с настоящим изобретением;

фиг. 10 представляет собой схематическое изображение двигателя с фиг. 3.

Осуществление изобретения

Как проиллюстрировано на фигурах, изобретение относится, в соответствии с первым аспектом, проиллюстрированным на фигурах, к системе 1 охлаждения, содержащей, по меньшей мере,

тепловой насос 2 Стирлинга, приспособленный для охлаждения входящего газа G_e до криогенной температуры с целью образования криогенной жидкости L, первичный электродвигатель 3, предназначенный для обеспечения работы указанного теплового насоса 2 Стирлинга.

Таким образом, система 1 охлаждения согласно настоящему изобретению предпочтительно приспособлена для охлаждения указанного входящего газа G_e до ожизнения последнего и, более точно, для достижения криогенной температуры (также называемой криотемпературой) с образованием указанной криогенной жидкости L. Разумеется, указанный входящий газ G_e предпочтительно образован по меньшей мере из одного компонента, способного достигать в жидкой форме криогенной, то есть довольно низкой температуры. Указанная криогенная жидкость L и ссылки на криогенность в целом предпочтительно относятся к температурам ниже -50°C , более предпочтительно -100°C , еще более предпочтительно -150°C или также $-153,15^{\circ}\text{C}$ (т.е. 120 K). Другими словами, указанная криогенная температура предпочтительно ниже -50°C , более предпочтительно -100°C , еще более предпочтительно -150°C или еще более предпочтительно $-153,15^{\circ}\text{C}$ (т.е. 120 K). Например, криогенная температура, до которой, таким образом, предпочтительно доводится криогенная жидкость L благодаря указанному тепловому насосу 2 Стирлинга, составляет от -150°C до -270°C , более предпочтительно от -170°C до -250°C и более предпочтительно от -196°C до -210°C .

Указанный тепловой насос 2 Стирлинга предпочтительно представляет собой холодильную машину и, таким образом, предпочтительно приспособлен для генерирования холода (иногда называемого «холодом Стирлинга») в соответствии с циклом Стирлинга, но в обратном направлении работы двигателя Стирлинга, поскольку цикл Стирлинга является обратимым. Предпочтительно указанному тепловому насосу 2 Стирлинга, таким образом, требуется, с целью производства холода, механический привод, обеспечиваемый указанным первичным электродвигателем 3. Таким образом, указанный тепловой насос 2 Стирлинга предпочтительно сконструирован таким образом, чтобы, отдельно или в комбинации с возможными другими охлаждающими устройствами, охлаждать указанный входящий газ G_e , по меньшей мере, до его сжижения и предпочтительно до его затвердевания, а точнее до указанной криогенной температуры.

Изобретение также относится, как таковое, согласно второму аспекту, проиллюстрированному на фигурах, к способу охлаждения, включающему по меньшей мере один этап охлаждения входящего газа G_e посредством по меньшей мере одного теплового насоса 2 Стирлинга для образования криогенной жидкости L, причем указанный тепловой насос 2 Стирлинга приводится в действие первичным электродвигателем 3. Способ охлаждения, конечно, предпочтительно реализуется посредством системы 1 охлаждения, упомянутой выше и более подробно описанной ниже. Следовательно, предпочтительно последующее и предшествующее описание системы 1 охлаждения, таким образом, также относится к способу охлаждения согласно настоящему изобретению, и наоборот.

Согласно изобретению система 1 охлаждения дополнительно содержит, по меньшей мере,

первичный насос 4, предназначенный для циркуляции указанной криогенной жидкости L под давлением, и

охлаждающее средство 5, предназначенное для охлаждения указанного первичного электродвигателя 3 посредством криогенной жидкости L, поступающей от указанного первичного насоса 4.

Согласно изобретению способ охлаждения дополнительно включает:

этап накачивания для циркуляции указанной криогенной жидкости L под давлением, и

этап охлаждения, на котором указанный первичный электродвигатель 3 охлаждают посредством криогенной жидкости L, поступающей с указанного этапа накачивания.

Естественно, что указанный этап накачивания предпочтительно осуществляется посредством ука-

занного первичного насоса 4. Разумеется, указанный этап охлаждения предпочтительно осуществляется с помощью указанного средства 5 охлаждения, которое может, например, содержать теплообменник (не показан), охватывающий первичный электродвигатель 3. Указанное средство 5 охлаждения дополнительно предпочтительно содержит средство рециркуляции, например трубу, приспособленную для сбора криогенной жидкости L на выходе теплового насоса 2 Стирлинга и для нагнетания ее в указанный теплообменник. Указанный первичный насос 4 предпочтительно представляет собой насос высокого давления, способный нагнетать указанную криогенную жидкость L при давлении более 40 бар, предпочтительно более 70 бар, более предпочтительно более 100 бар и, например, от 100 до 3000 бар. Таким образом, указанный этап накачивания является предпочтительно этапом накачивания с высоким давлением, для доведения криогенной жидкости L до одного из вышеупомянутых диапазонов давления. Опционально, охлаждающее средство 5 также приспособлено для охлаждения указанного теплового насоса 2 Стирлинга посредством указанной криогенной жидкости L, поступающей из указанного первичного насоса 4, ускоряя таким образом конденсацию криогенной жидкости L в указанном тепловом насосе 2 Стирлинга и позволяя последнему минимизировать потери (например, путем нагревания).

Одним из преимуществ конфигурации охлаждения, предусмотренной изобретением, является то, что криогенные жидкости часто имеют очень низкую вязкость, так что вязкость сжиженного воздуха (образующего, например, указанную криогенную жидкость L), например, примерно в 20 раз ниже вязкости воды в жидком состоянии. Таким образом, благодаря системе 1 охлаждения и способу охлаждения согласно изобретению можно легко нагнетать криогенную жидкость L с помощью указанного первичного насоса 4, и это при контролируемой стоимости энергии не только из-за низкой вязкости реализованных криогенных жидкостей, но и рабочих температур первичного насоса 4, которые предпочтительно являются очень низкими и позволяют реализовать указанный первичный насос 4 в условиях ограничений сверхпроводимости, благодаря охлаждению самого указанного первичного насоса 4 указанной криогенной жидкостью L.

Другим преимуществом конфигурации охлаждения, предусмотренной изобретением, является то, что нагнетание (предпочтительно при высоком давлении) криогенной жидкости L, которое, таким образом, может быть осуществлено практически без потери (в частности, электрической энергии) указанным первичным насосом 4, позволяет максимизировать эффективность использования указанной криогенной жидкости L в широком спектре применений. Одним из преимуществ такого нагнетания криогенной жидкости L является то, что это позволяет последней достаточно быстро охлаждать указанный первичный электродвигатель 3.

Указанный первичный насос 4 содержит, например, насосное средство, которое может быть, в частности, центробежным, объемным или вакуумным. В особо предпочтительном варианте первичный насос 4 содержит вторичный электродвигатель (не показан), а система 1 охлаждения приспособлена для охлаждения указанного вторичного электродвигателя посредством криогенной жидкости L, поступающей от указанного теплового насоса 2 Стирлинга. Таким образом, предпочтительно на этапе охлаждения криогенная жидкость L, поступающая от указанного теплового насоса 2 Стирлинга, охлаждает указанный вторичный электродвигатель.

В соответствии с этой конфигурацией, в системе 1 охлаждения криогенная жидкость L предпочтительно обеспечивает возможность работы первичного электродвигателя 3, и предпочтительно также вторичного электродвигателя, при криогенных температурах. Указанный электродвигатель(электродвигатели), таким образом, предпочтительно работает в условиях, близких к сверхпроводимости, из-за их низкой рабочей температуры, и эта конфигурация значительно уменьшает потери в магнитном контуре (называемые "железными" потерями) и потери от эффекта Джоуля (называемые "медными" потерями, из-за электрического сопротивления) электродвигателя(электродвигателей) 3. Таким образом, с энергетической точки зрения, система 1 охлаждения работает почти без потерь, отличных от потерь на трение, которые в ином случае очень низки в первичном насосе 4 и даже в тепловом насосе 2 Стирлинга, когда указанная криогенная жидкость L имеет низкую вязкость. Таким образом, система 1 охлаждения и способ охлаждения могут быть реализованы с минимальной электрической энергией без существенных потерь последней.

Указанные первичный электродвигатель 3 и вторичный электродвигатель предпочтительно отличны друг от друга, чтобы обеспечить лучшее управление системой охлаждения и способом охлаждения, но, в качестве альтернативы, они могут быть образованы одним и тем же, единственным электродвигателем, который выполняет две функции: ввод в работу указанного теплового насоса 2 Стирлинга и ввод в работу указанного первичного насоса 4 или, точнее, его насосных средств.

В соответствии с конкретным вариантом осуществления изобретения система 1 охлаждения также содержит устройство для генерации электрической энергии из возобновляемого источника энергии (не показано), причем указанный первичный электродвигатель 3 и/или указанный первичный насос 4 приспособляются для питания (таким образом, электрической энергией) указанным устройством, генерирующим энергию. Указанное генерирующее устройство относится, например, к устройствам прерывистого производства и может, в частности, содержать одну или несколько ветровых турбин, а также одну или несколько солнечных панелей (в частности, фотоэлектрических). Таким образом, в соот-

ветствии с этим конкретным вариантом осуществления, способ охлаждения включает в себя этап генерирования электрической энергии из возобновляемого источника энергии, например, прерывистого, такого как источник ветровой или солнечной энергии, для питания (таким образом, электрической энергией) указанного первичного электродвигателя 3 и/или для обеспечения указанного этапа накачивания. Естественно, указанный этап генерирования энергии предпочтительно осуществляют посредством указанного устройства генерирования энергии. Такая конфигурация является особенно предпочтительной, поскольку обеспечивает оптимизированный углеродный след, низкий общий нагрев и, следовательно, оптимизированное воздействие на окружающую среду, то есть уменьшенное или даже почти нулевое или нулевое воздействие.

Особенно предпочтительным образом система 1 охлаждения дополнительно содержит испаритель 6, предназначенный для испарения по меньшей мере части указанной находящейся под давлением криогенной жидкости L, поступающей от указанного первичного электродвигателя 3, для образования выходного газа G_s и для сбора охлаждающей энергии. Указанный испаритель 6 может быть образован одним блоком или множеством блоков, причем каждый блок предпочтительно образует конкретный теплообменник. Указанный испаритель 6 может рассматриваться как общий теплообменник, одной из основных функций которого является нагрев указанной криогенной жидкости L для ее испарения в виде указанного выходного газа G_s . Указанный испаритель 6 также может быть приспособлен для передачи охлаждающей энергии от указанного выходного газа G_s (который остается относительно холодным в испарителе 6, например, от -10 до -120°C) к другому компоненту или, другими словами, передачи тепла от этого другого компонента к указанному выходному газу G_s .

В соответствии с некоторыми конкретными вариантами осуществления изобретения, примеры которых проиллюстрированы на фиг. 1-4, указанный испаритель 6 содержит по меньшей мере один первичный теплообменник 7, предназначенный для сбора, с одной стороны, указанного входящего газа G_e для охлаждения его перед его поступлением в указанный тепловой насос 2 Стрилинга, и, с другой стороны, по меньшей мере части указанной криогенной жидкости L, поступающей от указанного первичного электродвигателя 3, для ее нагревания. Предпочтительно, указанный испаритель 6 дополнительно содержит по меньшей мере один вторичный теплообменник 8, предназначенный для нагревания указанного выходного газа G_s или по меньшей мере части указанной криогенной жидкости L, поступающей от указанного первичного теплообменника 7, посредством источника тепла Q.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения, проиллюстрированным на фиг. 1, система 1 охлаждения содержит модуль 9 для питания указанного источника тепла Q. Особенно предпочтительным образом указанный модуль 9 питания образован устройством 10 производства солнечной энергии, системой 51 для рекуперации тепла сгорания, например, от двигателя 50 внутреннего сгорания, или системой рекуперации отработанного тепла от системы 1 охлаждения или от другой системы.

Согласно варианту осуществления изобретения, показанному на фиг. 2, система 1 охлаждения содержит устройство 30 сжижения гелия, которое содержит, по меньшей мере,

теплообменник (31), предназначенный для сбора, с одной стороны, газообразного гелия He для его охлаждения до криотемпературы, например, 120 K или менее (или другой уже упомянутой криогенной температуры), и, с другой стороны, криогенной жидкости L под давлением, поступающей от первичного электродвигателя (3), для ее нагревания,

модуль 32 изоэнтальпийного расширения, предназначенный для осуществления изоэнтальпийного расширения охлажденного газообразного гелия He, поступающего от теплообменника 31, для сжижения указанного газообразного гелия He.

Таким образом, указанный теплообменник 31 является частью указанного испарителя 6 и может быть образован, например, указанным первичным теплообменником 7 или указанным вторичным теплообменником 8, или же быть отдельным блоком. Другими словами, указанный испаритель (6) содержит указанный теплообменник (31).

Предпочтительно, указанное устройство 30 сжижения гелия дополнительно содержит по меньшей мере одно или более из перечисленного:

контур 33 для охлаждения магнитного элемента 34, такого как магнит медицинской визуализации, с использованием сжиженного гелия He, поступающего от указанного модуля изоэнтальпийного расширения, так, что сжиженный гелий He может быть нагрет достаточно, чтобы испариться в газообразный гелий He,

вторичный компрессор 36, предназначенный для сжатия газообразного гелия He, поступающего с указанного контура 33 охлаждения, и для направления его в указанный теплообменник 31, и

вторичная турбина 35, расположенная выше по потоку от указанного модуля 32 изоэнтальпийного расширения и предназначенная для рекуперации механической энергии из охлажденного газообразного гелия He, поступающего с теплообменника 31, причем указанная вторичная турбина 35 приводит в действие (по меньшей мере, частично) указанный вторичный компрессор 36 (с механической энергией, непосредственно, или с электрической энергией, опосредованно, например, через электрогенератор).

В соответствии с вариантами осуществления изобретения, проиллюстрированными на фиг. 1-4, система 1 охлаждения содержит устройство 12 рекуперации механической энергии для рекуперации меха-

нической энергии, производимой вытеснением указанного выходного газа G_s . Предпочтительно способ охлаждения, таким образом, включает в себя, ниже по потоку от указанного этапа охлаждения, этап рекуперации механической энергии, производимой вытеснением указанного выходного газа G_s . Предпочтительно, указанное смещение выходного газа G_s вызвано прохождением по меньшей мере части указанной криогенной жидкости L в газообразное состояние в качестве указанного выходного газа G_s и/или нагреванием и/или расширением указанного второго компонента выходного газа G_s . Таким образом, вытеснение указанного выходного газа G_s является предпочтительно источником механической работы, эксплуатируемой указанным устройством 12 рекуперации механической энергии.

Такая конфигурация позволяет получить особо благоприятный энергетический баланс, т.е. с небольшими тратами и потерями и максимальной энергоэффективностью. Например, указанный основной насос 4, по меньшей мере, частично приводится в действие посредством указанного устройства 12 рекуперации механической энергии. Следовательно, в соответствии с последним примером, указанный этап накачивания, по меньшей мере, частично осуществляется посредством энергии, рекуперированной на этапе рекуперации механической энергии.

Согласно варианту осуществления изобретения, показанному на фиг. 4, указанное устройство 12 рекуперации механической энергии содержит по меньшей мере один электрический генератор 13. Указанное устройство 12 рекуперации механической энергии дополнительно содержит, например, первичную турбину 14, соединенную с упомянутым электрическим генератором 13, причем первичная турбина 14 вращается упомянутым выходным газом G_s . В качестве альтернативы, механическую энергию, рекуперированную указанным устройством 12 рекуперации механической энергии, повторно используют в механической форме. Таким образом, указанное устройство 12 рекуперации механической энергии, а точнее, указанный электрический генератор 13, предпочтительно приспособлен для производства производимой электрической энергии E_{ep} из рекуперированной механической энергии.

Предпочтительно, система 1 охлаждения содержит, выше по потоку от указанного теплового насоса 2 Стирлинга, первичный компрессор 15, приспособленный для сжатия указанного входящего газа G_e , как показано на фиг. 1-4. Данный компрессор 15 предпочтительно позволяет облегчить поступление входящего газа G_e , например воздуха, в систему 1 охлаждения для получения указанной криогенной жидкости L . Предпочтительно, указанный первичный компрессор 15, по меньшей мере, частично управляется посредством указанного устройства 12 рекуперации механической энергии, например, путем передачи механической и/или электрической энергии $E_{m/e}$. Таким образом, предпочтительно, способ охлаждения включает, выше по потоку от указанной стадии охлаждения, этап сжатия, на котором указанный входящий газ G_e сжимается, причем указанный этап сжатия более предпочтительно, по меньшей мере, частично осуществляется посредством энергии, рекуперированной на указанном этапе рекуперации механической энергии. Таким образом, энергетический баланс и общая эффективность системы 1 охлаждения дополнительно улучшаются.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения с фиг. 4, система охлаждения дополнительно содержит модуль 16 для электролиза воды H_2O в диводород H_2 и диоксиген O_2 , приводимый в действие, по меньшей мере, указанным электрогенератором 13. Таким образом, указанный электрический генератор 13 подает произведенную электрическую энергию E_{ep} в модуль 16 электролиза предпочтительно непрерывно, что позволяет экономить значительные количества энергии, потому что больше нет необходимости питать указанный модуль 16 электролиза полностью независимо. Такая конфигурация является особенно предпочтительной, поскольку электролиз воды является очень дорогим с точки зрения электрической энергии.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения, проиллюстрированным на фиг. 4, система 1 охлаждения предпочтительно содержит теплообменный модуль 17, приспособленный для охлаждения, по меньшей мере, до сжижения диоксида O_2 , поступающего от модуля 16 электролиза, для образования сжиженного диоксида O_2 , и

нагревания выходного газа G_s , поступающего от устройства 12 рекуперации механической энергии.

Также в соответствии с вариантом осуществления изобретения с фиг. 4, система 1 охлаждения также содержит блок 18 риформинга метана, приспособленный для обеспечения реакции диоксида углерода CO_2 с дигидрогеном H_2 , поступающим от указанного модуля 16 водного электролиза, с образованием метана CH_4 и воды H_2O . Образовавшийся таким образом метан CH_4 может предпочтительно впрыскиваться в двигатель 50 внутреннего сгорания в качестве топлива, тогда как сжиженный диоксиген O_2 может впрыскиваться в указанный двигатель 50 внутреннего сгорания в качестве окислителя.

Изобретение также относится как таковое, в соответствии с третьим аспектом, проиллюстрированным на примерах на фиг. 3 и 4, к моторному узлу 60, содержащему, по меньшей мере,

систему 1 охлаждения как описано выше и опционально далее, причем указанная система 1 охлаждения приспособлена для производства сжиженного диоксида O_2 , и

двигатель 50 внутреннего сгорания, расположенный ниже по потоку от указанной системы 1 охлаждения и содержащий камеру 25 сгорания.

Моторный узел 60, разумеется, предпочтительно реализован посредством системы 1 охлаждения, упомянутой выше и более подробно описанной ниже. Следовательно, предпочтительно, приведенное

выше (и, необязательно, следующее) описание системы 1 охлаждения и способа охлаждения, таким образом, также применимо к моторному узлу 60 согласно настоящему изобретению, и наоборот.

В соответствии с этим третьим аспектом изобретения, система 1 охлаждения соединена с указанным двигателем 50 внутреннего сгорания, чтобы иметь возможность впрыскивать указанный сжиженный диоксиген O_2 в указанную камеру 25 сгорания.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения, проиллюстрированным на фиг. 3, сжиженный диоксиген O_2 поступает от модуля 16 водного электролиза.

Предпочтительно, система 1 охлаждения также приспособлена для впрыскивания указанного метана CH_4 в указанную камеру 25 сгорания.

Например, двигатель 50 внутреннего сгорания представляет собой четырехтактный двигатель, двухтактный двигатель, роторно-поршневой двигатель (как проиллюстрировано), газовую турбину или двигатель Стирлинга. Таким образом, указанный двигатель 50 внутреннего сгорания предпочтительно предназначен для подачи окислителя и топлива, причем любой из них может поступать от указанной системы 1 охлаждения.

Согласно конкретному варианту осуществления, пример которого проиллюстрирован на фиг. 3, совместно, в частности, с третьим аспектом изобретения и/или только с первым и вторым аспектами, указанная криогенная жидкость L, поступающая от указанного первичного электродвигателя 3, образована, по меньшей мере, из первого компонента C_1 и второго компонента C_2 , отличных друг от друга и в жидком состоянии.

Согласно варианту осуществления изобретения, показанному на фиг. 3, система 1 охлаждения дополнительно содержит сепаратор 19, приспособленный для разделения посредством магнетизма указанного первого и второго компонентов C_1 , C_2 в жидком состоянии, причем один из указанного первого и второго компонентов C_1 , C_2 в жидком состоянии имеет парамагнитный характер намного больше, чем другой из указанного первого и второго компонентов C_1 , C_2 . Таким образом, согласно этому последнему варианту осуществления, способ охлаждения дополнительно включает этап разделения посредством магнетизма указанных первого и второго компонентов C_1 , C_2 в жидком состоянии. Разумеется, указанный этап разделения предпочтительно осуществляется посредством указанного сепаратора 19.

Согласно первому примеру, как показано на фиг. 3, указанный входящий газ G_e образован воздухом, причем указанный первый компонент C_1 образован в основном диоксигеном O_2 , тогда как указанный второй компонент C_2 образован в основном диазотом N_2 . Предпочтительно, указанный второй компонент C_2 , таким образом, дополнительно содержит аргон Ar и/или диоксид углерода CO_2 , которые оба находятся в воздухе в пропорции, значительно меньшей, чем у диазота N_2 . Согласно второму примеру, указанный входящий газ G_e в основном образован природным газом или биометаном (т.е. в результате по существу биологического процесса получения метана), причем указанный первый компонент C_1 преимущественно образован из метана CH_4 , тогда как указанный второй компонент C_2 , в частности, в жидком состоянии, образован из природного газа или биометановых стоков, причем указанные стоки в данном случае преимущественно образованы из жидкой фракции природного газа или биометана, высвобождаемой в результате обработки входящего газа G_e (охлаждение до сжижения), очищенного от его основного ценного продукта, т.е. в данном случае метана CH_4 . Действительно, природный газ и биометан обычно образуются из смеси нескольких химических соединений, среди которых обычно преобладает метан CH_4 .

Указанный сепаратор 19 предпочтительно дополнительно содержит индукционный насос 20, например, однофазный или трехфазный, приспособленный для вытеснения из сепаратора 19 указанного наиболее парамагнитного компонента, из указанных первого и второго компонентов C_1 , C_2 , предпочтительно при его нагнетании под давлением. Предпочтительно, указанный сепаратор 19 содержит магнитную ловушку 21, приспособленную для излучения магнитного поля 100 для удержания наиболее парамагнитного компонента, из указанных первого и второго компонентов C_1 , C_2 , по существу внутри части ловушки 22 указанного сепаратора 19. Предпочтительно, указанный этап разделения, таким образом, содержит этап магнитного улавливания, на котором магнитное поле 100 излучается так, чтобы удерживать наиболее парамагнитный компонент, из указанных первого и второго компонентов C_1 , C_2 , по существу в области 23 улавливания, которая предпочтительно сформирована или окружена указанной частью 22 улавливания. Естественно, что указанный этап магнитного улавливания предпочтительно реализуется посредством указанной магнитной ловушки 21. Предпочтительно указанный сепаратор 19 содержит средство 24 осаждения указанной криогенной жидкости L, причем часть, по меньшей мере, указанных средств 24 осаждения образует указанную часть 22 ловушки. Таким образом, способ охлаждения предпочтительно включает этап осаждения указанной криогенной жидкости L, причем указанный этап осаждения предпочтительно осуществляется посредством указанного средства 24 осаждения, которое содержит, например, осадочную камеру. Предпочтительно указанные этапы осаждения и улавливания являются, по меньшей мере, частично сопутствующими. Предпочтительно, указанная магнитная ловушка 21 и указанный индукционный насос 20 используются в комбинации, причем указанный индукционный насос 20 располагается ниже по потоку от магнитной ловушки 21 и позволяет завершить этап разделения указанного первого и второго компонентов C_1 , C_2 . В соответствии с примером операции, приведенным

только в качестве иллюстративного и неограничивающего примера, для завершения этого разделения первый компонент C_1 в жидком состоянии (жидкий диоксиген O_2 в случае, когда входящий газ G_e представляет собой воздух) всасывается в магнитную ловушку 21 с помощью индукционного насоса 20, магнитное поле которого, благодаря фазовому сдвигу, генерирует магнитную волну, которая движется вдоль дренажной трубы, образуя выпускное отверстие для указанного первого компонента C_1 в жидком состоянии, таким образом, привлекая первый компонент C_1 в жидком состоянии (образованный, например, жидким диоксигеном O_2) за пределы отстойного средства 24, при этом создавая давление. Скорость перемещения первого компонента C_1 в жидком состоянии предпочтительно пропорциональна частоте тока, питающего индукционный насос 20, и силам Лоренца.

Как проиллюстрировано на фиг. 9, магнитная ловушка 21, а точнее, указанная часть 22 ловушки, предпочтительно содержит магнитную сеть из небольших магнитов 26, которые образуют небольшие трехмерные ячейки и обеспечивают излучение указанного магнитного поля 100. Набор указанных магнитов 17 может образовывать куб, цилиндр или конус, причем ячейки становятся меньше по мере приближения к нижней части. Такая конфигурация аналогична магнитному фильтру с уменьшающимися сетками. На фиг. 9 индексы P+ и P- предпочтительно представляют градиенты парциального давления из-за концентрации жидкого диоксида азота O_2 (или, в более общем смысле, первого компонента C_1) и жидкого диоксида азота N_2 (или, в более общем смысле, указанного второго компонента C_2), соответственно, в магнитной ловушке 21, тогда как горизонтальные стрелки от символов O_2 и N_2 представляют соответствующие гидравлические скорости жидкого диоксида азота O_2 и жидкого диоксида азота N_2 , причем кривая слева представляет распределение скоростей первого и второго компонентов C_1 , C_2 , смешанных в жидком состоянии непосредственно перед их магнитной сепарацией. Предпочтительно, под действием магнитного поля 100 указанный жидкий диоксид азота O_2 (или, в более общем смысле, указанный первый компонент C_1) приближается к первой стенке 27 магнитной ловушки 21, за которой расположены указанные магниты 26, тогда как диоксид азота N_2 (или, в более общем смысле, второй компонент C_2) приближается ко второй стенке 28 магнитной ловушки 21, противоположной первой стенке 27 и не имеющей магнита, причем магнитное поле 100 оказывает магнитную силу F_m только на парамагнитные молекулы диоксида азота O_2 (или, в более общем смысле, на наиболее парамагнитные из указанных первого и второго компонентов C_1 , C_2 , предпочтительно, указанный первый компонент C_1), а не на молекулы диоксида азота N_2 . Таким образом, в соответствии с этим альтернативным вариантом с магнитным сепаратором 19, этап разделения и/или сепаратор 19 согласно изобретению использует парамагнитную емкость жидкого диоксида азота O_2 (и, в более общем плане, указанного первого компонента C_1 в жидком состоянии), который, следовательно, удерживается между магнитными полюсами и/или притягивается магнитным полем 11, чтобы отделить его от диоксида азота N_2 и аргона Ag (и, в более общем плане, от указанного второго компонента C_2 в жидком состоянии). Действительно, жидкий аргон Ag и жидкий диоксид азота N_2 , будучи в основном немагнитными, предпочтительно не удерживаются магнитным полем 100.

Указанный индукционный насос 20 содержит в соответствии с предпочтительным примером, проиллюстрированным на фиг. 7, трехфазную проволочную обмотку 70 для сбора указанного первого компонента C_1 в средстве 6 осаждения и, ниже по потоку от этой обмотки 70, одну или несколько трехфазных катушек 71, как проиллюстрировано на фиг. 6. Такая конфигурация предпочтительно позволяет как улучшить окончательное разделение указанного первого и второго компонентов C_1 , C_2 , так и повысить давление, то есть до значительной степени, причем указанный первый жидкий компонент C_1 окончательно отделяется от указанного второго жидкого компонента C_2 .

Эта конкретная конфигурация с сепаратором 19, работающим благодаря магнетизму, является особенно выгодной, поскольку рабочие температуры магнитного сепаратора 19 и, в частности, указанной магнитной ловушки 21 и указанного индукционного насоса 20 очень низки (криотемпературы). Таким образом, проводящие части сепаратора 19, в частности, в случае магнитов и, более конкретно, электромагнитов, находятся в пределах естественной сверхпроводимости меди или алюминия, поэтому могут быть использованы электрические токи любой величины, с генерацией высоких магнитных сил при небольшом нагреве и, следовательно, небольшими электрическими и тепловыми потерями.

В соответствии с вариантом, проиллюстрированным на фиг. 3, моторный узел 60 выполнен таким образом, что система 1 охлаждения может вводить в указанную камеру 25 сгорания первый компонент C_1 в жидком состоянии, поступающий от сепаратора 19, причем указанный первый компонент C_1 в жидком состоянии предпочтительно образует указанный сжиженный диоксид азота O_2 . Предпочтительно, указанный первый впрыскиваемый компонент C_1 , таким образом, предназначен для использования в качестве окислителя в двигателе 50 внутреннего сгорания.

Таким образом, указанный сепаратор 19 выполнен так, чтобы впрыскивать указанный второй компонент C_2 в жидком состоянии в указанный испаритель 6 и не впрыскивать указанный первый компонент C_1 в жидком состоянии в испаритель 6. Например, моторный узел 60 выполнен так, что второй компонент C_2 образован (в основном) указанным жидким диоксидом азота N_2 и вводится испаритель 6, тогда как первый компонент C_1 образован указанным жидким диоксидом азота O_2 и непосредственно впрыскивается в указанный двигатель 50 внутреннего сгорания для осуществления сжигания в кислородной среде, как показано на фиг. 3.

Следовательно, конкретный альтернативный вариант третьего аспекта изобретения относится к моторному узлу 60, содержащему:

систему охлаждения 1 и

двигатель 50 внутреннего сгорания, расположенный ниже по потоку от указанной системы 1 охлаждения и содержащий камеру 25 сгорания,

система 1 охлаждения, соединенная с указанным двигателем 26 так, чтобы иметь возможность впрыскивать указанный первый компонент C_1 в указанную камеру 25 сгорания. Последнее, конечно, предпочтительно образуется диоксидом O_2 .

Предпочтительно, указанный двигатель 50 содержит выпуск 42 выхлопа, приспособленный для выпуска по меньшей мере одного выхлопного компонента C_e в газообразном состоянии из указанной камеры 25 сгорания. Еще более предпочтительно, ниже по потоку от указанного выпуска (42) выхлопа, указанный испаритель (6) выполнен так, чтобы охлаждать указанный компонент (C_e) выхлопа, поступающий из указанного выпуска (42) выхлопа, и нагревать указанный второй компонент (C_2), поступающий от указанного сепаратора (19). Таким образом, указанный выпуск 42 выхлопа предпочтительно образует часть указанного устройства 51 рекуперации тепла сгорания.

Топливо двигателя 50 внутреннего сгорания может представлять собой, в частности, углеводород, например, метан CH_4 или диводород H_2 . Когда топливо представляет собой углеводород и, в частности, метан CH_4 , выхлопной компонент C_e в газообразном состоянии, который содержит продукты сгорания двигателя 26, будет образован в основном из воды и углекислого газа CO_2 . Когда топливо представляет собой диводород H_2 , выхлопной компонент C_e в газообразном состоянии будет в основном или же почти только образован водой. Отсутствие азота N_2 в камере сгорания, благодаря прямому впрыску чистого жидкого (или потенциально газообразного) диоксида O_2 , является одним из преимуществ моторного узла 60 согласно изобретению (два конкретных варианта которого показаны на фиг. 3 и 4), в частности, в отношении уменьшения загрязнения, связанного с оксидом азота, также называемого " NO_x ". Действительно, двигатель 50 внутреннего сгорания моторного узла 60, в отсутствие азота в камере 25 сгорания, не производит или почти не производит NO_x .

Предпочтительно моторный узел 60 содержит устройство 51 рекуперации тепла сгорания, предпочтительно описанное выше, для рекуперации тепла сгорания выхлопного компонента C_e , поступающего из указанной камеры 25 сгорания.

Предпочтительно, моторный узел 60 выполнен таким образом, что испаритель 6 охлаждает указанный выхлопной компонент C_e , по меньшей мере, до сжижения первичной части последнего, как показано на фиг. 3 и 4. Предпочтительно, моторный узел 60 приспособлен для использования указанной сжиженной первичной части для сжижения вторичной части указанного выхлопного компонента C_e , причем указанная первичная и вторичная части отличны друг от друга. Указанная первичная часть преимущественно образована в основном из углекислого газа CO_2 , тогда как указанная вторичная часть в основном образована из воды, как показано на фиг. 3 и 4. Еще более предпочтительно, указанное одно устройство 51 рекуперации тепла сгорания содержит устройство повторного впрыскивания (не проиллюстрировано), приспособлено для обметания указанной камеры 25 сгорания указанной первичной частью и/или вторичной частью (в жидком или, альтернативно, газообразном состоянии) для удаления указанного выхлопного компонента C_e из камеры 25 сгорания. Такая конфигурация позволяет улучшить работу двигателя 50 внутреннего сгорания за счет эффективного удлинения выхлопного компонента C_e из последнего. Например, в частности, когда топливо представляет собой углеводород, указанное устройство повторного впрыска приспособлено для впрыскивания жидкой первичной части, образованной из диоксида углерода, в указанную камеру 25 сгорания, для оптимизации очистки последней, т.е. для удаления всех газов, сжигаемых при сгорании и образующих выхлопной компонент C_e в газообразном состоянии.

Изобретение также относится как таковое, согласно четвертому аспекту, к способу адаптации двигателя 50 внутреннего сгорания, содержащему, по меньшей мере, впускной коллектор и камеру 25 сгорания, причем указанный способ адаптации включает, по меньшей мере,

этап закрытия или удаления указанного впускного коллектора двигателя 26,

этап установки, на котором система 1 охлаждения как описано выше соединена с указанным двигателем 50 внутреннего сгорания, на указанном закрытом или удаленном впускном коллекторе и, таким образом, выше по потоку от указанной камеры 25 сгорания, с обеспечением возможности впрыскивать в последнюю сжиженный диоксид O_2 , производимый указанной системой 1 охлаждения.

Предпочтительно, в конце указанного этапа установки указанный двигатель 50 внутреннего сгорания и система 1 охлаждения образуют моторный узел 60 как описано выше.

Например, указанный сжиженный диоксид O_2 может быть образован указанным первым компонентом C_1 , поступающим от сепаратора 19, как показано на фиг. 3, или диоксидом O_2 , образованным модулем 16 гидролиза воды и сжиженным указанным теплообменным модулем 17, или же комбинацией обоих компонентов. Разумеется, последующее и предшествующее описание системы 1 охлаждения, моторного узла 60 и способа охлаждения поэтому также применимо к способу адаптации согласно настоящему изобретению, и наоборот.

Изобретение также относится как таковое, согласно пятому аспекту, к способу сжигания в кислородной среде, включающему способ охлаждения как описано выше, причем способ сжигания в кисло-

родной среде дополнительно включает этап впрыскивания диоксида кислорода O_2 , сжиженного во время способа охлаждения, в камеру 25 сгорания двигателя 50 внутреннего сгорания. Разумеется, следующее и предшествующее описание системы 1 охлаждения, моторного узла 60, способа охлаждения и даже способа адаптации, таким образом, также применимо к способу сжигания в кислородной среде согласно настоящему изобретению, и наоборот. Например, указанный входящий газ G_e образован воздухом, указанный первый компонент C_1 образован в основном диоксидом кислорода O_2 , и во время указанного этапа впрыскивания первый компонент C_1 впрыскивается в указанную камеру 25 сгорания.

Например, как проиллюстрировано на фиг. 10, двигатель 50 внутреннего сгорания имеет вращающийся поршень 44 (имеющий форму треугольника Рело). Двигатель 50 внутреннего сгорания с вращающимся поршнем 44 альтернативного варианта, показанного на фиг. 10, содержит две противоположные свечи 39 зажигания, две также противоположных общих впрыска 40, 41 топлива и окислителя, и два также противоположных выпуска 42 выхлопа, приспособленных для выпуска выхлопного компонента C_e в газообразном состоянии, как описано выше. Указанный окислитель предпочтительно образован жидким диоксидом кислорода O_2 , образованным, например, указанным первым компонентом C_1 . Сжигание в кислородной среде в данном случае позволяет преодолеть повторяющиеся проблемы низкого сжатия обычных роторно-поршневых двигателей, в частности, путем адаптации скорости вращения вращающегося поршня 44.

Система 1 охлаждения также адаптирована для получения небольших количеств указанного сжиженного первого компонента C_1 или, после возврата последнего в газообразное состояние, для получения небольших количеств указанного сжиженного первого компонента C_1 в газообразном состоянии, но сжатом (то есть при относительно высоком давлении).

Изобретение также относится, как таковое, в соответствии с пятым аспектом, не проиллюстрированным в данном документе, к системе кондиционирования воздуха высокой мощности, содержащей описанную выше систему охлаждения, при этом энергия охлаждения системы кондиционирования воздуха высокой мощности подается через указанный испаритель 6.

Условно, чисто для указания и без ограничения, знаки (g) и (liq) используются на фигурах для обозначения газообразного и жидкого состояний, соответственно, различных компонентов. На фигурах стрелки, расположенные по обе стороны непрерывных линий, предпочтительно указывают направление потока, например, потока $He(g)$, то есть потока гелия He в газообразном состоянии.

Термины, такие как первый, второй, третий, четвертый, пятый, первичный, вторичный, третичный по настоящему описанию, предпочтительно используются только для различения, не для обозначения ранга или указания порядкового номера. Например, второй элемент может быть введен без обязательного введения также первого элемента того же характера или его неявного присутствия.

Промышленная применимость

Подводя итог, изобретение относится к проблемам производства сжиженного газа, борьбы с загрязнением и энергоэффективности двигателей внутреннего сгорания, а в более общем плане - к энергосбережению, и возможным применением является получение криогенной жидкости с оптимизированным энергопотреблением.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (1) охлаждения, содержащая, по меньшей мере, тепловой насос (2) Стирлинга, приспособленный для охлаждения входящего газа (G_e) до криогенной температуры с целью образования криогенной жидкости (L), первичный электродвигатель (3), предназначенный для обеспечения работы указанного теплового насоса (2) Стирлинга, первичный насос (4), предназначенный для циркуляции указанной криогенной жидкости (L) под давлением, и охлаждающее средство (5), предназначенное для охлаждения указанного первичного электродвигателя (3) посредством криогенной жидкости (L), поступающей от указанного первичного насоса (4).
2. Система (1) охлаждения по п.1, отличающаяся тем, что первичный насос (4) содержит вторичный электродвигатель, причем система (1) охлаждения приспособлена для охлаждения указанного вторичного электродвигателя посредством криогенной жидкости (L), поступающей от указанного теплового насоса (2) Стирлинга.
3. Система (1) охлаждения по п.1 или 2, отличающаяся тем, что содержит устройство (30) сжижения гелия, которое содержит, по меньшей мере, теплообменник (31), предназначенный для сбора, с одной стороны, газообразного гелия для его охлаждения до криотемпературы, например, 120 К или менее, и, с другой стороны, криогенной жидкости (L) под давлением, поступающей от первичного электродвигателя (3), для ее нагревания, модуль (32) изоэнтальпийного расширения, предназначенный для осуществления изоэнтальпийного расширения охлажденного газообразного гелия (He), поступающего от теплообменника (31), для сжижения указанного газообразного гелия (He).

4. Система (1) охлаждения по п.3, отличающаяся тем, что указанное устройство (30) сжижения гелия дополнительно содержит

контур (33) охлаждения магнитного элемента (34), такого как магнит медицинской визуализации, с использованием сжиженного гелия (He), поступающего от указанного модуля (32) изоэнтальпийного расширения, так что сжиженный гелий (He) нагревается достаточно для испарения в газообразный гелий (He),

вторичный компрессор (36), предназначенный для сжатия газообразного гелия (He), поступающего из указанного контура (30) охлаждения, и для направления его в указанный теплообменник (31), и

вторичную турбину (35), расположенную выше по потоку от указанного модуля (32) изоэнтальпийного расширения и предназначенную для рекуперации механической энергии из охлажденного газообразного гелия (He), поступающего от теплообменника (31), причем указанная вторичная турбина (35) приводит в действие указанный вторичный компрессор (36).

5. Система (1) охлаждения по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что она содержит испаритель (6), предназначенный для испарения по меньшей мере части указанной криогенной жидкости (L) под давлением, поступающей от указанного первичного электродвигателя (3), для образования выходного газа (G_s) и для сбора охлаждающей энергии.

6. Система (1) охлаждения по п.5, отличающаяся тем, что указанный испаритель (6) содержит по меньшей мере один первичный теплообменник (7), предназначенный для сбора, с одной стороны, указанного входящего газа (G_e) для охлаждения его перед его поступлением в указанный тепловой насос (2) Стирлинга, и, с другой стороны, по меньшей мере части указанной криогенной жидкости (L), поступающей от указанного первичного электродвигателя (3), для ее нагрева.

7. Система (1) охлаждения по п.6, отличающаяся тем, что указанный испаритель (6) дополнительно содержит по меньшей мере один вторичный теплообменник (8), предназначенный для нагрева указанного выходного газа (G_s) или по меньшей мере части указанной криогенной жидкости (L), поступающей от указанного первичного теплообменника (7), посредством источника (Q) тепла.

8. Система (1) охлаждения по п.7, отличающаяся тем, что содержит модуль (9) для питания указанного источника (Q) тепла, причем указанный модуль (9) питания образован устройством (10) производства солнечной энергии, системой (51) для рекуперации тепла сгорания или устройством для рекуперации отработанного тепла из системы (1) охлаждения или из другой системы.

9. Система (1) охлаждения по любому из пп.5-8, отличающаяся тем, что содержит устройство (12) рекуперации механической энергии для рекуперации механической энергии, производимой вытеснением указанного выходного газа (G_s).

10. Система (1) охлаждения по п.9, отличающаяся тем, что содержит расположенный выше по потоку от указанного теплового насоса (2) Стирлинга первичный компрессор (15), приспособленный для сжатия указанного входящего газа (G_e), причем указанный первичный компрессор (15), по меньшей мере, частично управляется посредством указанного устройства (12) рекуперации механической энергии.

11. Система (1) охлаждения по п.9 или 10, отличающаяся тем, что указанное устройство (34) рекуперации механической энергии содержит по меньшей мере один электрический генератор (13), причем система (1) охлаждения дополнительно содержит модуль (16) электролиза воды в диазот (H_2) и диоксид (O_2), приводимый в действие, по меньшей мере, указанным электрическим генератором (13).

12. Система (1) охлаждения по п.11, отличающаяся тем, что дополнительно содержит теплообменный модуль (17), приспособленный для

охлаждения, по меньшей мере, до сжижения диоксида (O_2), поступающего от модуля (16) электролиза, для образования сжиженного диоксида (O_2), и

нагрева выходного газа (G_s), поступающего от устройства (12) рекуперации механической энергии.

13. Система (1) охлаждения по п.11 или 12, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит блок (18) риформинга метана, приспособленный для обеспечения реакции диоксида углерода (CO_2) с диоксидом (H_2), поступающим от указанного модуля (16) электролиза воды, для образования метана (CH_4) и воды (H_2O).

14. Система (1) охлаждения по любому из пп.1-13, отличающаяся тем, что указанная криогенная жидкость (L), поступающая от указанного первичного электродвигателя (3), образована, по меньшей мере, из первого компонента (C_1) и второго компонента (C_2), отличных друг от друга и в жидком состоянии, причем система (1) охлаждения дополнительно содержит сепаратор (19), приспособленный для разделения посредством магнетизма указанных первого и второго компонентов (C_1 , C_2) в жидком состоянии, при этом один из указанного первого и второго компонентов (C_1 , C_2) в жидком состоянии имеет парамагнитный характер намного больше, чем другой из указанных первого и второго компонентов (C_1 , C_2).

15. Система (1) охлаждения по пп.5 и 14, отличающаяся тем, что указанный сепаратор (19) выполнен с возможностью впрыскивать указанный второй компонент (C_2) в жидком состоянии в указанный испаритель (6) и не впрыскивать указанный первый компонент (C_1) в жидком состоянии в испаритель (6).

16. Система (1) охлаждения по п.14 или 15, отличающаяся тем, что указанный сепаратор (19) дополнительно содержит индукционный насос (20), например, однофазный или трехфазный, приспособ-

ленный для удаления из сепаратора (19) указанного наиболее парамагнитного компонента, из указанных первого и второго компонентов (C_1 , C_2), предпочтительно с повышением его давления.

17. Система (1) охлаждения по любому из пп.14-16, отличающаяся тем, что указанный сепаратор (19) содержит магнитную ловушку (21), приспособленную для излучения магнитного поля (100), чтобы удерживать наиболее парамагнитный компонент, из указанных первого и второго компонентов (C_1 , C_2), по существу, внутри части (22) ловушки указанного сепаратора (19).

18. Система (1) охлаждения по п.17, отличающаяся тем, что указанный сепаратор (19) содержит средство (24) осаждения указанной криогенной жидкости (L), причем часть, по меньшей мере, указанного средства (24) осаждения образует указанную часть (22) ловушки.

19. Система (1) охлаждения по любому из пп.14-18, отличающаяся тем, что указанный входящий газ (G_e) образован воздухом, причем указанный первый компонент (C_1) образован в основном диоксидом (O_2), тогда как указанный второй компонент (C_2) образован в основном диазотом (N_2).

20. Система (1) охлаждения по любому из пп.14-19, отличающаяся тем, что она соединена с двигателем (50) внутреннего сгорания, содержащим камеру (25) сгорания, причем система (1) охлаждения приспособлена для впрыскивания в указанную камеру (25) сгорания первого компонента (C_1), поступающего от сепаратора (19).

21. Система (1) охлаждения по п.20, отличающаяся тем, что указанный первый впрыскиваемый компонент (C_1) предназначен для использования в качестве окислителя в двигателе (50) внутреннего сгорания.

22. Высококомнатная система кондиционирования воздуха, отличающаяся тем, что она содержит систему охлаждения по любому из пп.1-21, при этом энергия охлаждения высококомнатной системы кондиционирования воздуха обеспечивается посредством указанного испарителя (6).

23. Моторный узел (60), отличающийся тем, что содержит, по меньшей мере, систему (1) охлаждения по любому из пп.1-21, причем указанная система (1) охлаждения приспособлена для получения сжиженного диоксида (O_2), и двигатель (50) внутреннего сгорания, расположенный ниже по потоку от указанной системы (1) охлаждения и содержащий камеру (25) сгорания, причем система (1) охлаждения соединена с указанным двигателем (50) внутреннего сгорания с возможностью впрыскивать указанный сжиженный диоксид (O_2) в указанную камеру (25) сгорания.

24. Моторный узел (60) по п.23, отличающийся тем, что он выполнен так, что система (1) охлаждения способна вводить в указанную камеру (25) сгорания первый компонент (C_1) в жидком состоянии, поступающий от сепаратора (19), причем указанный первый компонент (C_1) в жидком состоянии предпочтительно образует указанный сжиженный диоксид (O_2).

25. Моторный узел (60) по п.24, отличающийся тем, что указанный сжиженный диоксид (O_2) поступает от указанного модуля (16) электролиза воды.

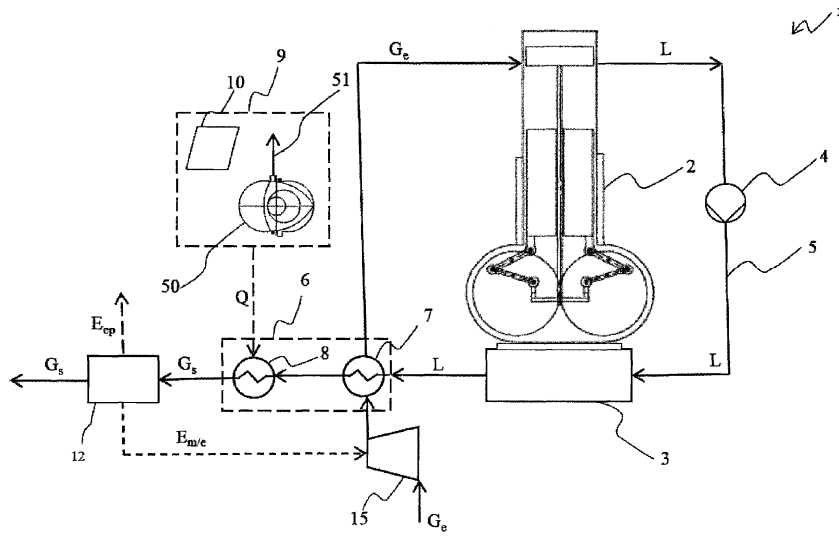
26. Способ адаптации двигателя (50) внутреннего сгорания, содержащего, по меньшей мере, впускной коллектор и камеру (25) сгорания, отличающийся тем, что включает, по меньшей мере, этап закрытия или удаления указанного впускного коллектора двигателя (26), этап установки, на котором систему (1) охлаждения по любому из пп.1-21 соединяют с указанным двигателем (50) внутреннего сгорания, на указанном закрытом или удаленном впускном коллекторе, и, таким образом, выше по потоку от указанной камеры (25) сгорания, чтобы обеспечить возможность впрыскивать в последнюю сжиженный диоксид (O_2), производимый указанной системой (1) охлаждения.

27. Способ адаптации по п.26, отличающийся тем, что в конце указанного этапа установки указанный двигатель (50) внутреннего сгорания и система (1) охлаждения образуют моторный узел (60) по п.24 или 25.

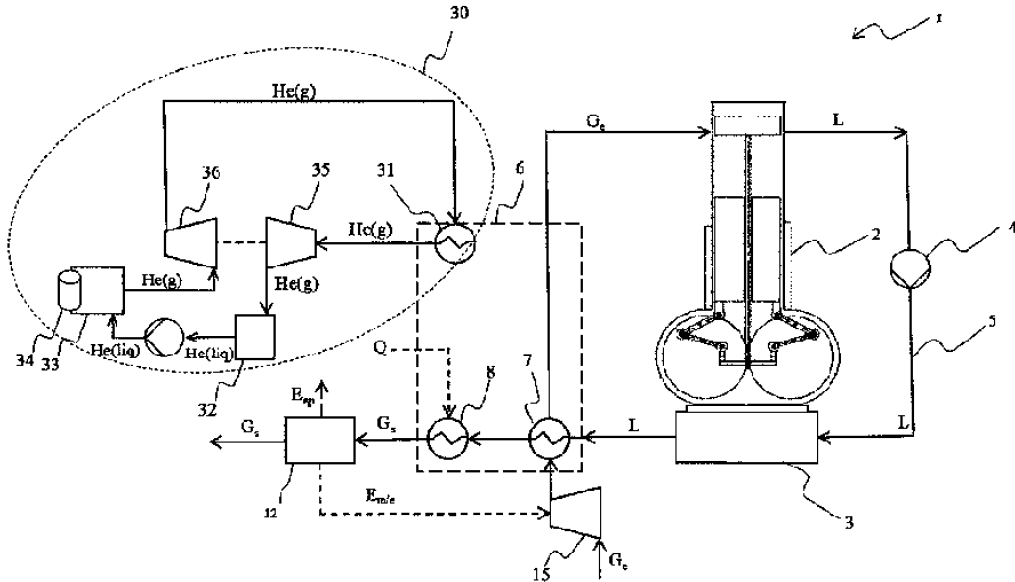
28. Способ охлаждения, включающий, по меньшей мере, этап охлаждения входящего газа (G_e) посредством по меньшей мере одного теплового насоса (2) Стирлинга для образования криогенной жидкости (L), причем указанный тепловой насос (2) Стирлинга приводят в действие первичным электродвигателем (3), этап накачивания для циркуляции указанной криогенной жидкости (L) под давлением и этап охлаждения, на котором указанный первичный электродвигатель (3) охлаждают посредством криогенной жидкости (L), поступающей с указанного этапа накачивания.

29. Способ охлаждения по п.28, отличающийся тем, что указанная криогенная жидкость (L), поступающая от указанного первичного электродвигателя (3), образована, по меньшей мере, из первого компонента (C_1) и второго компонента (C_2), отличных друг от друга и в жидком состоянии, причем способ охлаждения дополнительно включает этап разделения посредством магнетизма указанного первого и второго компонентов (C_1 , C_2) в жидком состоянии, причем один из указанного первого и второго компонентов (C_1 , C_2) в жидком состоянии имеет парамагнитный характер намного больше, чем другой из указанного первого и второго компонентов (C_1 , C_2).

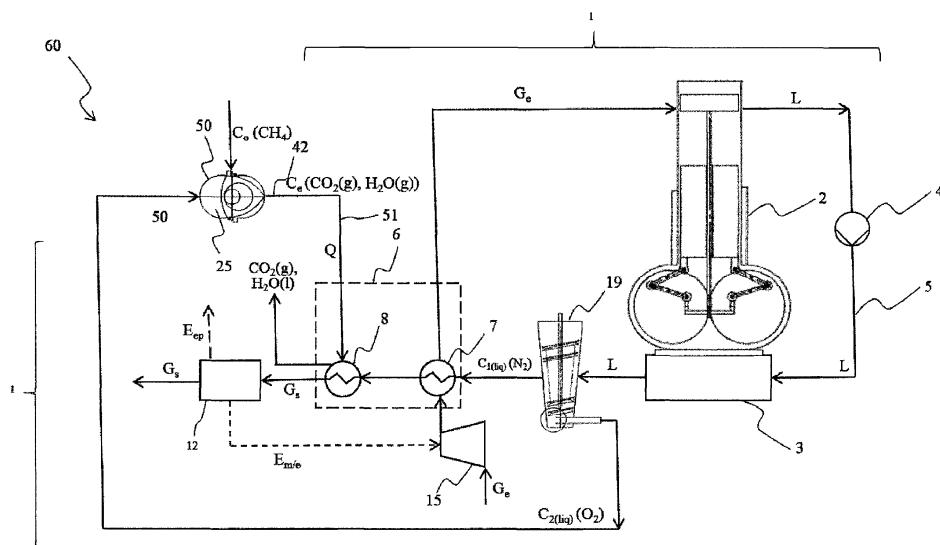
30. Способ сжигания в кислородной среде, отличающийся тем, что он включает способ охлаждения по п.28 или 29, причем способ сжигания в кислородной среде дополнительно включает этап впрыскивания диоксида (O_2), сжиженного во время способа охлаждения, в камеру (25) сгорания двигателя (50) внутреннего сгорания.



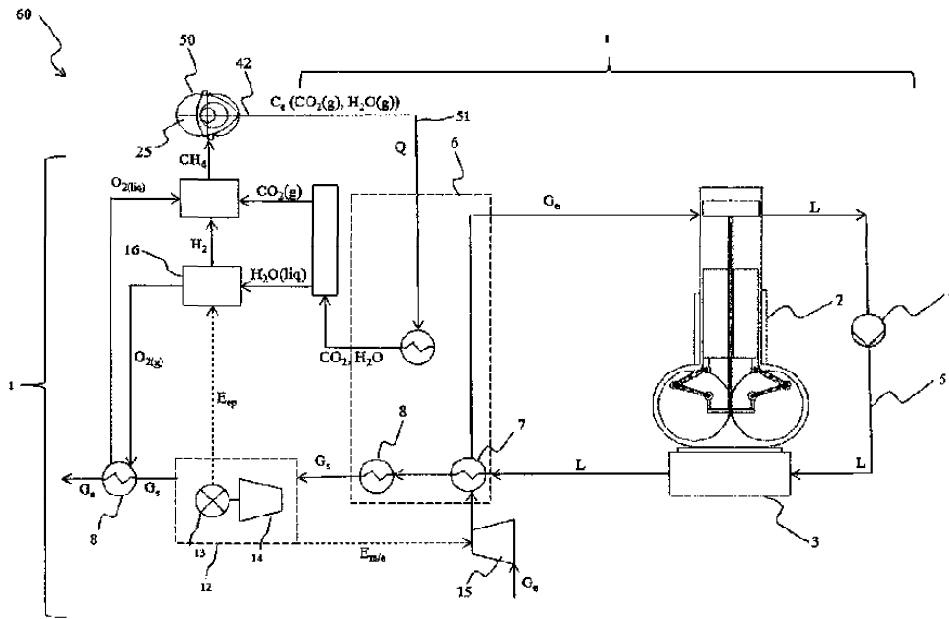
Фиг. 1



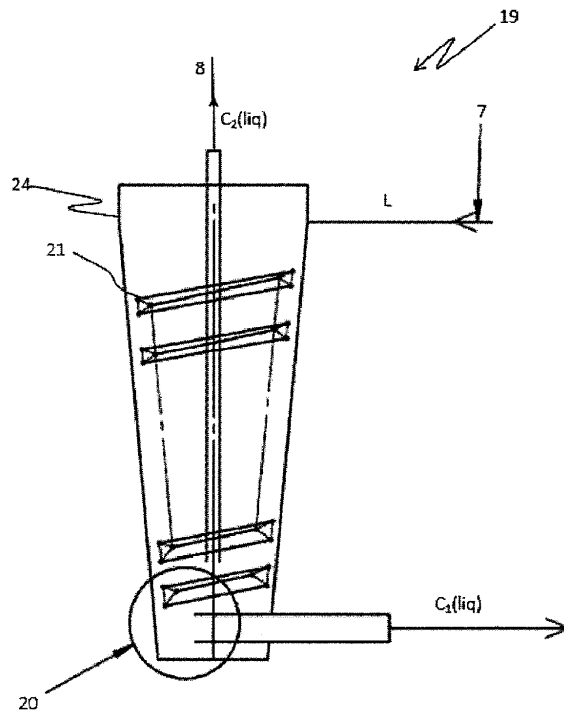
Фиг. 2



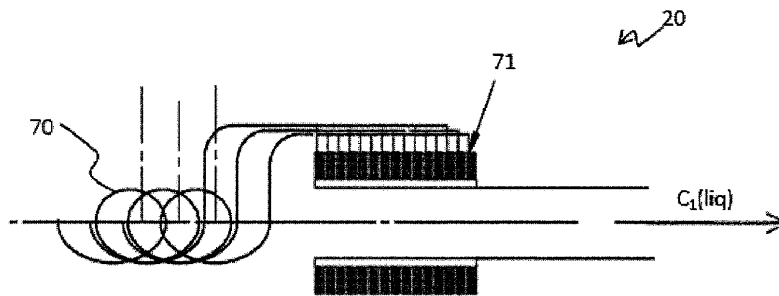
Фиг. 3



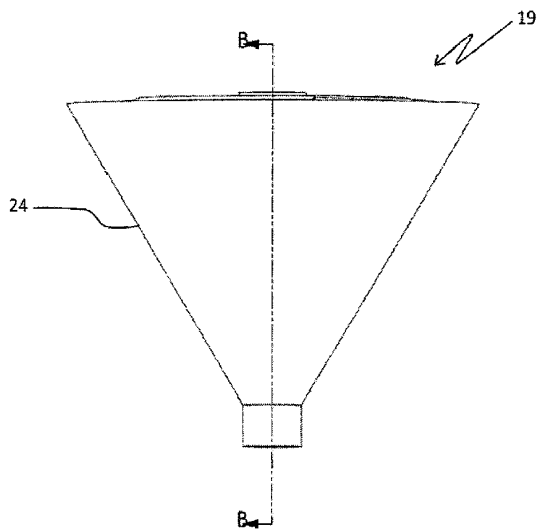
Фиг. 4



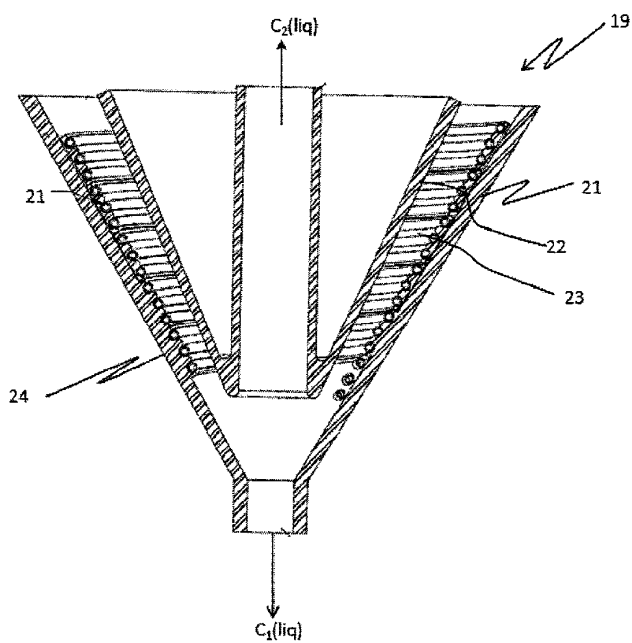
Фиг. 5



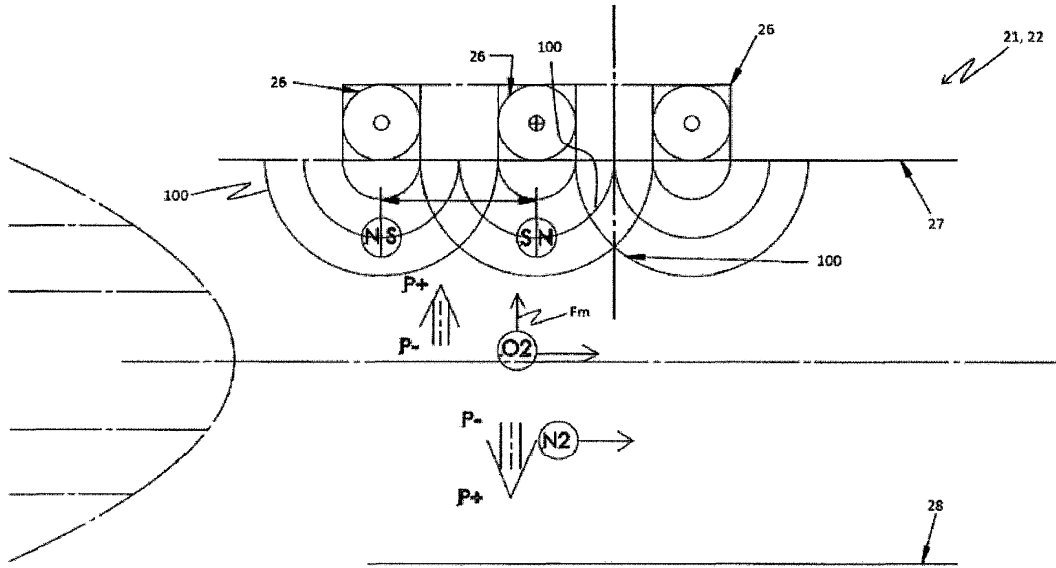
Фиг. 6



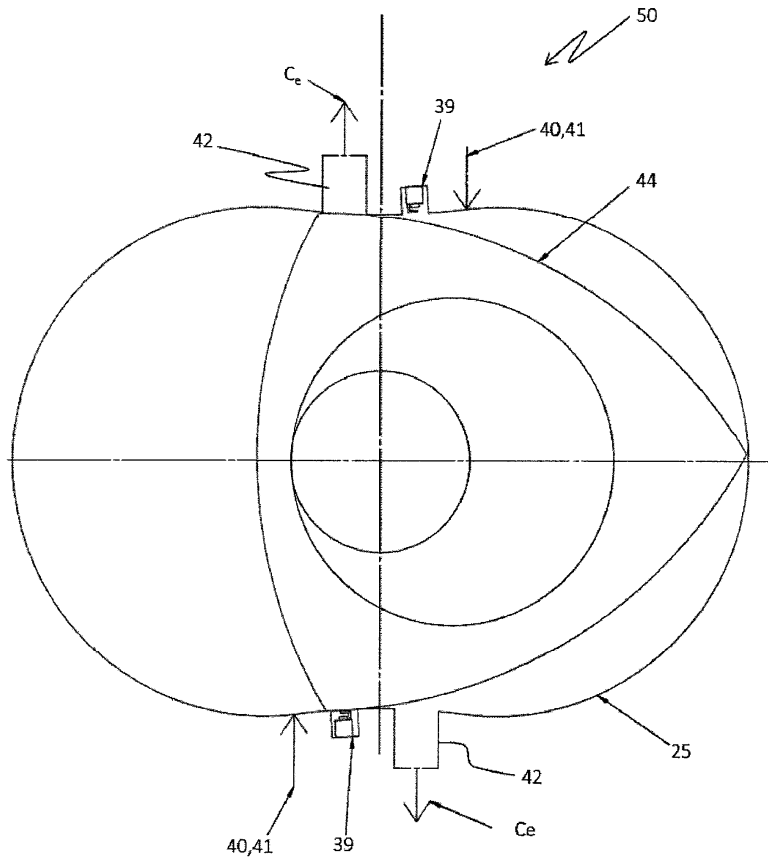
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10