



(51) МПК
F02B 33/02 (2006.01)
F01L 9/02 (2006.01)
F01L 1/46 (2006.01)
F02B 41/00 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010104110/06, 17.07.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 17.07.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
 13.08.2007 US 60/964,525

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2011 Бюл. № 26

(45) Опубликовано: 20.05.2012 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 2004255882 A1, 23.12.2004. US 4930464 A, 05.06.1990. RU 2251005 C2, 07.04.2003. SU 1132034 A1, 30.12.1984. US 5572961 A, 12.11.1996.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 15.03.2010

(86) Заявка РСТ:
 US 2008/008760 (17.07.2008)

(87) Публикация заявки РСТ:
 WO 2009/023080 (19.02.2009)

Адрес для переписки:

119034, Москва, Пречистенский пер., 14, стр. 1, Гоулингз Интернэшнл Инк., пат.пов. В.Н. Дементьеву, рег.№ 001

(72) Автор(ы):

**СКАДЕРИ Стивен П. (US),
 МЕЛДОЛЕСИ Риккардо (GB)**

(73) Патентообладатель(и):

СКАДЕРИ ГРУП, ЭлЭлСи (US)

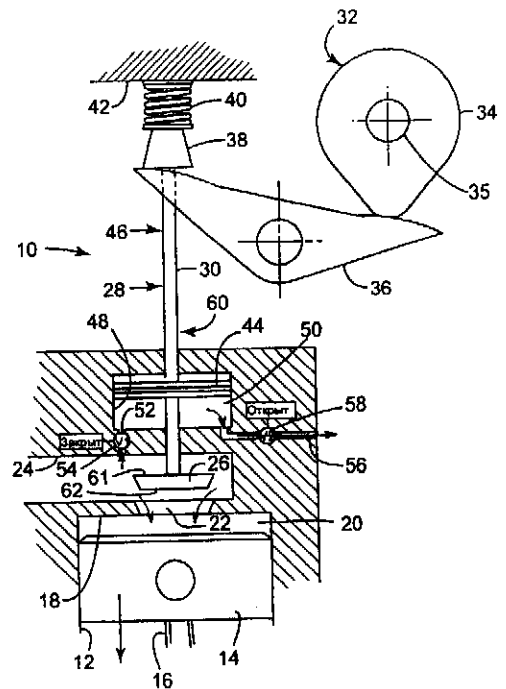
(54) ДВИГАТЕЛЬ С РАЗДЕЛЕННЫМ ЦИКЛОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к клапанам двигателей с уравниванием давления, а именно к клапанам уравнивающего типа. Двигатель внутреннего сгорания содержит коленчатый вал, цилиндры сжатия (2) и расширения (3), поршни сжатия и расширения, перепускной канал (4) и устройство уравнивания давления текущей среды (60). Поршень сжатия осуществляет такты впуска и сжатия за один оборот коленчатого вала. Поршень расширения осуществляет такты расширения и выпуска за один оборот

коленчатого вала. Перепускной канал (4) соединяет цилиндры сжатия (2) и расширения (3). Перепускной канал (4) содержит перепускные клапана сжатия (8) и расширения (6). Между перепускными клапанами (6, 8) сформирована полость высокого давления. По меньшей мере, один из перепускных клапанов (6, 8) является уравнивающим клапаном. По меньшей мере, один из перепускных клапанов (6, 8) открывается наружу в перепускной канал (4), в направлении от цилиндров (2, 3). Устройство (60) при помощи давления текущей

среды в перепускном канале (4) уравнивает давления текучей среды, действующие на, по меньшей мере, один перепускной клапан (6, 8) в направлениях открытия и закрытия. Технический результат заключается в уменьшении расстояний между поршнями и головкой блока цилиндров и в уменьшении сил, необходимых для привода клапанов. 14 з.п. ф-лы, 23 ил.



Фиг. 2

RU 2 4 5 1 1 9 0 C 2

RU 2 4 5 1 1 9 0 C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к клапанам двигателей с уравниванием давления, а именно к клапанам уравнивающего типа (далее "уравнивающие клапаны"), в частности для применения в двигателях с разделенным циклом между перепускными каналами и цилиндрами расширения, хотя изобретение не ограничивается только таким применением.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Термин "двигатель с разделенным циклом", как он используется в настоящем описании, возможно, еще не приобрел общепринятого значения, хорошо известного всем специалистам в области двигателей. Соответственно, для ясности, для термина "двигатель с разделенным циклом", относящегося к уже известным двигателям, а также к двигателю, являющемуся объектом настоящего изобретения предлагается следующее определение.

Двигатель с разделенным циклом, указываемый в настоящем описании, содержит: коленчатый вал, установленный с возможностью вращения вокруг своей оси; поршень расширения (рабочего хода), установленный в цилиндре расширения с возможностью скольжения в нем и функционально соединенный с коленчатым валом, так что поршень расширения совершает возвратно-поступательное движение, осуществляя такты расширения и выпуска за один оборот коленчатого вала;

поршень сжатия, установленный в цилиндре сжатия с возможностью скольжения в нем и функционально соединенный с коленчатым валом, так что поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение, осуществляя такты впуска и сжатия за один оборот коленчатого вала; и

перепускной канал, который соединяет цилиндры сжатия и расширения и содержит перепускной клапан сжатия и перепускной клапан расширения с полостью высокого давления, сформированной между ними.

На фигуре 1 показана схема известной конструкции двигателя 1 с разделенным циклом, содержащей цилиндр 2 сжатия и цилиндр 3 расширения (сгорания), соединенные перепускным каналом 4, в котором поддерживается высокое давление. Другой вариант конструкции такого двигателя раскрывается в патенте US 6543225, полное содержание которого вводится здесь ссылкой. На фигуре 1 (так же, как и в указанном патенте) показаны открывающиеся внутрь тарельчатые клапаны: впускной клапан 5 цилиндра сжатия, перепускной клапан 6 цилиндра расширения и выпускной клапан 7. В качестве перепускного клапана 8 цилиндра сжатия, показанного на фигуре 1, может использоваться любой подходящий запорный клапан, в том числе открывающийся внутрь тарельчатый клапан, аналогичный другим клапанам, которые при открытии перемещаются в направлении поршня.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В настоящем изобретении предлагаются различные варианты открывающихся наружу клапанов с уравниванием давления, которые могут использоваться в различных местах цилиндров двигателя с разделенным циклом, например, в качестве перепускных клапанов сжатия и расширения, а также и в других применениях. Открывающиеся наружу клапаны при открытии перемещаются в сторону от поршня и/или от цилиндра. В двигателе с разделенным циклом они могут способствовать достижению максимальных значений степени сжатия и расширения за счет уменьшения расстояний между поршнями и головкой блока цилиндров. В выбранных вариантах осуществления изобретения уравнивающие клапаны обеспечивают уменьшение сил, необходимых для привода клапанов, в частности в момент

приоткрытая клапана, когда давления в перепускных каналах высоки, а давления в цилиндрах сжатия или расширения низки.

В соответствии с настоящим изобретением двигатель с разделенным циклом содержит коленчатый вал, который может вращаться вокруг своей оси. В двигателе 5 имеется поршень сжатия, установленный в цилиндре сжатия с возможностью скольжения и функционально соединенный с коленчатым валом, так что поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение, осуществляя такты впуска и сжатия за один оборот коленчатого вала. В двигателе имеется также поршень 10 расширения, установленный в цилиндре расширения с возможностью скольжения и функционально соединенный с коленчатым валом, так что поршень расширения совершает возвратно-поступательное движение, осуществляя такты расширения и выпуска за один оборот коленчатого вала. Цилиндры сжатия и расширения 15 соединяются перепускным каналом. В этом канале имеется перепускной клапан сжатия и перепускной клапан расширения, между которыми формируется полость высокого давления. По меньшей мере перепускной клапан сжатия или перепускной клапан расширения является уравновешенным клапаном. Используется устройство 20 компенсации давления текущей среды, смещающее клапан для уравнивания давлений текущей среды, действующих на него в направлениях открытия и закрытия, в результате чего уменьшаются силы, необходимые для привода этого клапана.

В рассмотренных ниже вариантах осуществления изобретения предлагаются открывающиеся наружу перепускные клапаны расширения, которые управляют 25 интервалом подачи порции воздуха и/или топлива из перепускного канала в цилиндр расширения двигателя с разделенным циклом.

На фигурах 2, 3 представлен первый вариант осуществления изобретения, который содержит тарельчатый клапан, прижимаемый к седлу пружиной и приводимый в 30 действие механизмом, содержащим кулачок и рычаг клапана, причем на конце штока клапана расположена дисковидная тарельчатая головка. Головка клапана имеет верхнюю и нижнюю поверхности. Верхняя поверхность может указываться также как внутренняя поверхность, поскольку она обращена в перепускной канал, в то время как нижняя поверхность может указываться также как внешняя поверхность, 35 поскольку она обращена в сторону от перепускного канала и находится вне этого канала. На средней части штока тарельчатого клапана установлен уравнивающий поршень, который вместе с клапаном формирует узел тарельчатого клапана. Уравнивающий поршень установлен с возможностью 40 совершения им возвратно-поступательного движения в закрытой уравнивательной камерой с управлением синхронизированными клапанами, причем обеспечивается передача в уравнивательную камеру давления перепускного канала ниже уравнивающего поршня для уравнивания давления перепускного канала, действующего на верхнюю поверхность головки тарельчатого клапана перед его 45 открытием. После открытия клапана уравнивательная камера отсоединяется от перепускного канала, и уравнивающее давление стравливается в атмосферу. После этого тарельчатый клапан уравнивается равными давлениями, действующими на обе стороны головки клапана.

На фигурах 4, 5 иллюстрируется второй вариант осуществления изобретения, 50 отличающийся от первого варианта только тем, что вместо цилиндрической механической пружины используется пневмопружина и изменено место ее установки. Однако при необходимости в модификациях этих вариантов могут использоваться другие типы пружин или механизмов посадки клапана.

На фигурах 6, 7 и 8 представлен третий вариант осуществления изобретения, который содержит прижимаемый пружиной к седлу поршневой клапан (узел поршневого клапана) с цилиндрической поршневой головкой, приводимый в действие механизмом, содержащим кулачок и рычаг клапана, причем поршневая головка расположена на конце штока клапана. Поршневая головка входит в цилиндрическую полость, которая формирует уравнительную камеру между головкой и концом полости. Поршневая головка заменяет головку тарельчатого клапана и уравнивающий поршень, используемые в первом варианте. Управляющие клапаны сбрасывают давление в полости перед открытием клапана. В отличие от тарельчатой головки тарельчатого клапана поршневая головка не требует избыточного усилия, необходимого для приоткрытия клапана, поскольку давление перепускного канала действует на цилиндрический корпус поршневой головки только в радиальном направлении. После открытия клапана управляющие клапаны соединяют перепускной канал с уравнительной камерой для уравнивания давления перепускного канала, действующего на нижнюю поверхность поршневой головки.

Представленный на фигурах 9, 10 и 11 четвертый вариант осуществления изобретения отличается от третьего варианта использованием альтернативных приводных механизмов уравнишенных поршневых клапанов, таких как электрические, гидравлические, пневматические или механические. Кроме того, вместо управляющих клапанов, обеспечивающих передачу в уравнительную камеру давления перепускного клапана и стравливание этого давления, используются управляющие каналы в поршневой головке и в двигателе.

В пятом варианте осуществления изобретения, представленном на фигурах 12, 13 и 14, вместо поршневой головки третьего варианта используется уравнивающий поршень и головка тарельчатого клапана. Управляющие клапаны соединяют с атмосферой уравнительную камеру выше уравнивающего поршня для компенсации давления перепускного канала, действующего на нижнюю поверхность уравнивающего поршня и верхнюю поверхность головки тарельчатого клапана, когда тарельчатый клапан закрыт или начинает приоткрываться. Управляющие клапаны соединяют уравнительную камеру с перепускным каналом для компенсации давления перепускного канала, действующего на нижнюю поверхность головки тарельчатого клапана, когда тарельчатый клапан полностью открыт.

В шестом варианте осуществления изобретения, представленном на фигурах 15, 16 и 17, вместо поршневой головки четвертого варианта используется уравнивающий поршень и головка тарельчатого клапана на штоке клапана. Каналы в уравнивающем поршне и в двигателе работают так же, как и в четвертом варианте. Хотя в описанных вариантах осуществления изобретения используется механический механизм с кулачком, рычагом клапана и пружиной, однако вместо него может использоваться подходящий механизм любого другого типа.

Фигуры 18-22 относятся к нескольким модификациям седьмого варианта осуществления изобретения, в которых может использоваться узел тарельчатого клапана, состоящий из тарельчатого клапана с тарельчатой головкой и штоком и уравнивающего поршня, или поршневой клапан, однако на фигурах 18-22 иллюстрируется только вариант с узлом тарельчатого клапана. Общим признаком для всех модификаций является уравнительный канал, который выполнен в двигателе и который обеспечивает соединение между камерой сгорания цилиндра расширения и

уравнительной камеры, расположенной выше уравнивающего поршня.

В первой модификации, представленной на фигуре 18, уравнивательный канал всегда открыт. Узел тарельчатого клапана будет уравниваться как в открытом, так и в закрытом положениях. При этом может использоваться любая подходящая форма привода уравнивающего клапана.

Во второй модификации, представленной на фигуре 19, уравнивающий канал содержит управляющий клапан, который может быть закрыт в течение периода сгорания смеси для предотвращения выхода потока газов в уравнивательную камеру при сгорании смеси.

В третьей модификации, представленной на фигурах 20, 21 и 22, между перепускным каналом и уравнивательной камерой имеется первый уравнивательный канал. Вторым уравнивательным каналом, аналогичным каналу, используемому в первой и второй модификациях, соединяет камеру сгорания (расширения) и уравнивательную камеру. Управляющие клапаны закрывают первый уравнивательный канал и открывают второй уравнивательный канал в такте выпуска и во время приоткрытия клапана двигателя. Управляющие клапаны открывают первый уравнивательный канал и закрывают второй уравнивательный канал в положении верхней мертвой точки и возле нее и в такте сгорания и расширения.

Таким образом, в такте выпуска и во время приоткрытия клапана узел тарельчатого клапана уравнивается действием давления перепускного канала на внутренние поверхности головки клапана и уравнивающего поршня и давления в цилиндре расширения в такте выпуска на их внешние поверхности, так что открытие тарельчатого клапана не затрудняется неуравновешенным высоким давлением. Когда тарельчатый клапан полностью открыт, давление перепускного канала будет действовать на внутренние и внешние поверхности уравнивающего цилиндра и головки клапана, в результате чего достигается полное уравнивание узла клапана. Когда тарельчатый клапан закрыт в такте расширения, давление перепускного канала содействует удерживанию тарельчатого клапана в закрытом положении во время сгорания смеси. Хотя в описании рассматривается механический привод клапана, однако вместо него может использоваться любой другой подходящий тип привода.

В восьмом варианте осуществления изобретения, представленном на фигуре 23, используется уравнивательный канал внутри узла тарельчатого клапана, в отличие от седьмого варианта, в котором уравнивательный канал устроен отдельно в двигателе. В частности, уравнивательный канал проходит из камеры расширения (сгорания) через центр головки клапана и в продольном направлении в штоке клапана. Канал продолжается за пределами перепускного канала и соединяется с уравнивательной камерой с помощью поперечных проходов в штоке клапана. Таким образом, уравнивательный канал способствует постоянному выравниванию давлений в уравнивательной камере и камере расширения. Хотя в восьмом варианте описывается только узел тарельчатого клапана, однако может использоваться также и узел поршневого клапана.

Эти и другие признаки и достоинства изобретения можно будет понять в более полной степени из нижеприведенного подробного описания изобретения вместе с прилагаемыми чертежами.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На чертежах показано:

фигура 1 - схематический вид сечения известной конструкции двигателя с

разделенным циклом;

фигуры 2 и 3 - схематические виды сечений первого варианта конструкции предлагаемого в изобретении узла уравновешенного тарельчатого клапана, показанного в открытом и закрытом рабочих положениях, соответственно;

фигуры 4 и 5 - схематические виды сечений, аналогичные видам, приведенным на фигурах 2 и 3, на которых иллюстрируется второй вариант конструкции предлагаемого в изобретении узла уравновешенного тарельчатого клапана с пневмопружиной, показанного в открытом и закрытом рабочих положениях,

соответственно;

фигуры 6, 7 и 8 - схематические виды сечений, иллюстрирующие третий вариант предлагаемого в изобретении уравновешенного цилиндрического поршневого клапана, показанного в момент приоткрытия, в полностью открытом и в закрытом положениях, соответственно;

фигуры 9, 10 и 11 - схематические виды сечений, иллюстрирующие четвертый вариант предлагаемой в изобретении конструкции, содержащей приводной механизм и уравновешенный цилиндрический поршневой клапан с отверстием управления в головке поршня, показанного в момент приоткрытия, в полностью открытом и в закрытом положениях, соответственно;

фигуры 12, 13 и 14 - схематические виды сечений, иллюстрирующие пятый вариант предлагаемой в изобретении конструкции узла тарельчатого клапана, содержащего уравнивательные каналы с клапанами, причем узел тарельчатого клапана показан в момент приоткрытия, в полностью открытом и в закрытом положениях,

соответственно;

фигуры 15, 16 и 17 - схематические виды сечений, иллюстрирующие шестой вариант предлагаемой в изобретении конструкции узла тарельчатого клапана, содержащего уравнивательные каналы в уравновешивающем поршне узла тарельчатого клапана и в двигателе, причем узел тарельчатого клапана показан в момент приоткрытия, в полностью открытом и в закрытом положениях, соответственно;

фигура 18 - схематический вид сечения первой модификации седьмого варианта конструкции в соответствии с изобретением, в которой так же, как и в других модификациях, используется узел тарельчатого клапана и отдельный уравнивательный канал, соединяющий уравнительную камеру и камеру сгорания (расширения);

фигура 19 - схематический вид сечения, иллюстрирующий вторую модификацию седьмого варианта конструкции в соответствии с изобретением, в которой уравнивательный канал содержит управляющий клапан, который может закрываться в такте сгорания и/или расширения в камере сгорания;

фигуры 20, 21 и 22 - схематические виды сечений, иллюстрирующие третью модификацию седьмого варианта конструкции в соответствии с изобретением, в которой используется первый уравнивательный канал с клапаном между перепускным каналом и уравнительной камерой и второй уравнивательный канал между камерой сгорания и уравнительной камерой, причем узел тарельчатого клапана снова показан в момент приоткрытия, в полностью открытом и в закрытом положениях, соответственно;

фигура 23 - схематический вид сечения, иллюстрирующий восьмой вариант предлагаемой в изобретении конструкции узла тарельчатого клапана с одним уравнивательным каналом, который проходит в продольном направлении через шток и головку тарельчатого клапана.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

На фигурах 2 и 3 ссылочным номером 10 в целом указывается первый вариант соответствующей части двигателя с разделенным циклом, который описан, например, в уже упоминавшемся патенте US 6542225. Часть двигателя 10 показана схематически и поэтому не ограничивает объем изобретения конкретным вариантом конструкции.

5 Одинаковые ссылочные номера указывают одинаковые или аналогичные компоненты для различных вариантов осуществления изобретения.

Двигатель 10 содержит цилиндр 12 сгорания (расширения), в котором силовой поршень 14 через шатун 16 соединен с выходной частью, такой как, например, коленчатый вал (не показан), для осуществления возвратно-поступательного движения. Переменный объем между поршнем 14 и закрытым концом 18 цилиндра 12 формирует камеру 20 сгорания (расширения). Камера сгорания сообщается через отверстие в седле 22 клапана с перепускным каналом 24, в котором удерживается сжатый воздух из цилиндра сжатия (не показан) для подачи в камеру 20 сгорания. В перепускном канале поддерживается переменное давление, превышающее атмосферное.

В соответствии с изобретением седло 22 клапана может расширяться наружу для посадки дисковидной тарельчатой головки 26 открывающегося наружу тарельчатого клапана 28 со штоком 30. Тарельчатая головка 26 совершает возвратно-поступательное движение в перепускном канале 24 и управляет доступом в камеру 20 сгорания, отсекая поток воздуха и/или топлива от камеры 20 сгорания, когда головка 26 садится на седло 22 клапана. Головка 26 клапана имеет верхнюю поверхность 61 и нижнюю поверхность 62. Верхняя поверхность 61 может указываться также как внутренняя поверхность, поскольку она обращена в перепускной канал 24, в то время как нижняя поверхность может указываться также как внешняя поверхность, поскольку она обращена в сторону от перепускного канала 24 и находится вне этого канала.

Тарельчатый клапан 28 приводится в действие любым подходящим приводным механизмом 32, механическим, электрическим, гидравлическим, пневматическим или механизмом, в котором могут сочетаться разные принципы действия. Приводной механизм 32 клапана представлен на фигурах 2, 3 кулачком, установленным на распределительном валу 35 и приводящим поворотный рычаг 36 клапана, который взаимодействует с толкателем 38 на штоке 30 клапана. Толкатель 38 действует также в качестве упора пружины 40 клапана, которая взаимодействует с неподвижным элементом 42 двигателя и толкает клапан 28 в направлении закрытого положения.

На штоке 30 клапана между головкой 26 клапана и толкателем 38 установлен уравнивающий поршень 44 (или "уравнитель давления текучей среды"). Головка 26, шток 30 и уравнивающий поршень 44 могут быть указаны как узел 46 тарельчатого клапана. Уравнивающий поршень 44 совершает возвратно-поступательное движение в отдельном закрытом уравнительном цилиндре 48 двигателя, расположенном над перепускным каналом 24. Часть уравнительного цилиндра 48 под уравнивающим поршнем 44 может быть указана как уравнительная камера 50. Уравнительная камера сообщается с перепускным каналом 25 через первый уравнительный канал 52, управляемый первым управляющим клапаном 54 (V1), в качестве которого может использоваться электромагнитный клапан или другой подходящий клапан. Уравнительная камера 50 сообщается с внешней средой (атмосферное давление) через второй уравнительный канал 56, управляемый вторым управляющим клапаном 58 (V2). Узел 46 тарельчатого клапана, приводной механизм 32, уравнительная камера 50, каналы 52, 56 и

клапаны 54 (V1), 58 (V2) могут быть указаны вместе как устройство 60 уравновешенного клапана.

На фигуре 2 показано устройство 60, в котором узел 46 тарельчатого клапана находится в открытом положении. Силовой поршень 14 двигателя начинает опускаться, когда заряд воздуха под давлением выталкивается через седло 22 клапана в камеру 20 сгорания. Давление в перепускном канале действует на верхнюю 61 и нижнюю 62 поверхности головки 26 клапана, первый управляющий клапан 54 (V1) закрыт, в то время как второй управляющий клапан 58 (V2) открыт, соединяя уравнительную камеру 60 с атмосферой.

На фигуре 3 показано устройство 60, когда узел 46 тарельчатого клапана находится в закрытом положении. Второй управляющий клапан 58 (V2) закрыт, а первый управляющий клапан 54 (V1) открыт, в результате чего давление перепускного канала будет передаваться в уравнительную камеру 50, так что давление на головку 26 клапана будет уравновешено. Таким образом, величина силы, которую должен развить приводной механизм 32 для того, чтобы приоткрыть головку 26 клапана, снижается.

На фигурах 4, 5 иллюстрируется второй вариант двигателя 68 и устройства 70 уравновешенного клапана, аналогично тому, как это показано на фигурах 2, 3. Устройство 70 уравновешенного клапана по второму варианту осуществления изобретения отличается от устройства 60 уравновешенного клапана тем, что вместо цилиндрической механической пружины 40, показанной на фигурах 2, 3, используется пневмопружина 74 (в составе приводного механизма 72 клапана). Пневмопружина 74 также перемещена таким образом, что она воздействует на рычаг 36 клапана в противоположном направлении по сравнению с направлением действия пружины в первом варианте, но принцип действия остается таким же. Необходимо отметить, что для обеспечения работы узла 46 уравновешенного клапана в соответствии с изобретением может использоваться любая другая подходящая пружина или приводной механизм. Кроме того, пневмопружина может использоваться вместо других пружин в любой другой форме механического приводного механизма.

На фигурах 6, 7 и 8 иллюстрируется третий вариант двигателя 78 с устройством 80 уравновешенного клапана. Устройство 80 содержит поршневой клапан (узел поршневого клапана) 84 с цилиндрической головкой 82 клапана, установленной на штоке 83. Поршневой клапан 84 заменяет узел 46 тарельчатого клапана, используемый в первом варианте осуществления изобретения. Поршневой клапан 84 показан с механическим приводным механизмом 32, но могут использоваться и другие типы приводных механизмов. Поршневой клапан 84 совершает возвратно-поступательное движение в цилиндрической полости 86, открывающейся в перепускной канал 24, но отделенной от него поршневой головкой 82.

Головка 82 может быть полой для минимизации ее массы. Фаска 88 на нижней кромке поршневой головки 82 обеспечивает ее посадку на седло 22 клапана. Верхняя (внутренняя) поверхность 90 поршневой головки 82 и конец 92 полости 86 формируют уравнительную камеру 94 (или "уравнитель давления текучей среды"). Уравнительная камера 94 соединена с перепускным каналом 24 через первый уравнительный канал 96, управляемый первым управляющим клапаном (V1) 98. Уравнительная камера 50 сообщается с внешней средой (атмосферное давление) через второй уравнительный канал 100, управляемый вторым управляющим клапаном 58 (V2).

В процессе работы, когда силовой поршень 14 поднимается в такте выпуска и выбрасывает отработавшие газы через выпускной клапан (не показан), поршневой

клапан 84 закрыт (сидит на седле клапана). Когда поршневой клапан 84 закрыт, давление в перепускном канале 24 может действовать только в радиальном направлении на цилиндрическую внешнюю поверхность поршневой головки 82. Поскольку в этом случае отсутствует вертикальная компонента давления в перепускном канале 24, действующая на поршневую головку 82, то это давление не увеличивает силу, необходимую для того, чтобы приоткрыть головку.

Кроме того, в такте выпуска силового поршня 14 клапан (V1) 98 закрыт, а клапан (V2) 102 открыт. Таким образом, атмосферное давление в уравнильной камере 94 в значительной мере обеспечивает уравнивание давления отработавших газов в камере 20 сгорания двигателя. Поэтому, когда поршневой клапан 84 начинает приоткрываться, как показано на фигуре 6, приводной механизм 32 может открыть клапан 84, преодолевая только силу действия пружины 40.

Как показано на фигуре 7, давление в перепускном канале действует на нижнюю (внешнюю) поверхность 106 поршневой головки 82, когда поршневой клапан 84 полностью открыт. Таким образом, клапан V1 (98) открыт, а клапан V2 (102) закрыт для передачи давления из перепускного канала в уравнильную камеру 94. После этого давление, действующее на поршневой клапан 84, остается уравнившимся, пока поршневой клапан 84 не будет закрыт пружиной 40 клапана, как показано на фигуре 8. Это состояние продолжается в течение такта сгорания и расширения, когда в уравнильной камере 94 поддерживается давление перепускного канала, содействующее удерживанию поршневого клапана 84 пружиной 40 клапана в закрытом положении, когда необходимо преодолеть действие давления сгорания и расширения.

В течение следующего такта выпуска поршневой клапан 84 снова приоткрывается, как показано на фигуре 6, и цикл работы повторяется.

На фигурах 9, 10 и 11 иллюстрируется четвертый вариант двигателя 108 и устройства уравнившегося клапана 110, аналогичного конструкции, представленной на фигурах 6, 7 и 8. Четвертый вариант отличается тем, что на фигурах 9, 10 и 11 показан схематически в общем виде альтернативный приводной механизм 114, который может быть электромагнитным, пневматическим, гидравлическим, механическим или же в нем могут использоваться в сочетании указанные принципы действия. Поршневой клапан 116 со штоком 117 и модифицированной головкой 119 поршня расположен в цилиндрической полости 124, формирующей уравнильную камеру 94. Давление в уравнильной камере 94 регулируется уравнильными каналами 118 (P1), 120 (P2) и 122 (P3).

Каналы P1 и P2 расположены в двигателе 108 и в головке 119 поршня, соответственно, и соединяются, когда поршневой клапан 116 полностью открыт, для передачи давления в перепускном канале 24 в уравнильную камеру 94. В этот момент канал P3, расположенный в двигателе 108, закрывается головкой 119 поршня, как показано на фигуре 10, для поддержания давления в уравнильной камере. Когда поршневой клапан полностью закрыт (фигура 11) или приоткрыт (фигура 9), каналы P1 и P2 разъединяются, поток воздуха из перепускного канала 24 перекрывается, в то время как канал P3 открыт и соединяет уравнильную камеру 94 с атмосферой. Устройство каналов P1 и P2 может варьироваться, так чтобы они соединялись раньше и разъединялись позже для получения более длительного временного интервала уравнивания давлений.

На фигурах 12, 13 и 14 иллюстрируется пятый вариант двигателя 128 с устройством 130 уравнившегося клапана, в котором используется узел 132

тарельчатого клапана, открываемого и закрываемого приводным механизмом 32 клапана. В данном случае используется механический приводной механизм 32, хотя могут использоваться и другие типы привода.

5 Узел 132 тарельчатого клапана содержит тарельчатый клапан 133 с тарельчатой головкой 134, расположенной на нижнем конце штока 135 клапана. Узел 132 тарельчатого клапана также содержит уравнивающий поршень 136, установленный в средней части штока 135 тарельчатого клапана 133. Уравнивающий поршень 136 имеет нижнюю поверхность 131 и верхнюю
10 поверхность 137. Нижняя поверхность 131 может указываться также как внутренняя поверхность, поскольку она обращена в перепускной канал 24, в то время как верхняя поверхность может указываться также как внешняя поверхность, поскольку она обращена в сторону от перепускного канала 24 и находится вне этого канала.

15 Уравнивательная камера 94, уравнивательные каналы 96, 100 и управляющие клапаны 98, 102 аналогичны вышеописанным компонентам, указанным одинаковыми ссылочными номерами, и действуют аналогичным образом. Соответственно, в такте выпуска силового поршня 14 клапан (V1) 98 закрыт, а клапан (V2) 102 открыт. Таким образом, атмосферное давление в уравнивательной камере 94 в значительной мере
20 обеспечивает уравнивание давления отработавших газов в камере 20 сгорания двигателя. Кроме того, вертикальная компонента давления в перепускном канале 24, действующая сверху вниз на верхнюю (внутреннюю) поверхность 129 тарельчатой головки 134, компенсируется этой же величиной давления в перепускном канале, действующего снизу вверх на нижнюю (внутреннюю) поверхность 131
25 уравнивающего поршня 136. Поэтому, когда узел 132 тарельчатого клапана начинает приоткрываться, как показано на фигуре 12, приводной механизм 32 может открыть узел 132 тарельчатого клапана, преодолевая только силу действия пружины 40.

30 Как показано на фигуре 13, давление в перепускном канале действует снизу вверх на нижнюю (внешнюю) поверхность 139 тарельчатой головки 134, когда узел 132 тарельчатого клапана полностью открыт. Таким образом, клапан V1 (98) открыт, и клапан V2 (102) закрыт для передачи в уравнивательную камеру 94 давления в перепускном канале, действующего вниз на верхнюю (внешнюю) поверхность 137
35 уравнивающего поршня 136. После этого давление, действующее на узел 132 тарельчатого клапана, остается уравновешенным, пока узел не будет полностью закрыт пружиной 40 клапана, как показано на фигуре 14. Это состояние продолжается в течение такта сгорания и расширения, когда в уравнивательной камере 94
40 поддерживается давление перепускного канала, содействующее удерживанию узла 132 тарельчатого клапана пружиной 40 клапана в закрытом положении, когда необходимо преодолевать действие давления сгорания и расширения.

В течение следующего такта выпуска узел 132 тарельчатого клапана снова приоткрывается, как показано на фигуре 12, и цикл работы повторяется.

45 На фигурах 15, 16 и 17 иллюстрируется шестой вариант двигателя 138 с устройством 140 уравнивающего клапана, в котором используется узел 142 тарельчатого клапана, открываемого и закрываемого приводным механизмом 32 клапана. В данном случае используется механический приводной механизм 32, хотя
50 могут использоваться и другие типы привода.

Узел 142 тарельчатого клапана содержит тарельчатый клапан 143 с тарельчатой головкой 141, расположенной на нижнем конце штока 145 клапана. Узел 142 тарельчатого клапана также содержит уравнивающий поршень 144,

установленный на средней части штока 145 тарельчатого клапана 143.

Канал 120 (P2), расположенный в уравнивающем поршне 144, так же, как и каналы 118 (P1) и 122 (P3), расположенные в двигателе 138, аналогичны вышеописанным компонентам, указанным одинаковыми ссылочными номерами, и действуют аналогичным образом. Соответственно, каналы 118 (P1) и 122 (P3) соединяются, когда узел 142 тарельчатого клапана полностью открыт, для передачи давления в перепускном канале 24 в уравнительную камеру 94. В этот момент канал P3, расположенный в двигателе 138, закрывается головкой 144 уравнивающего поршня, как показано на фигуре 16, для поддержания давления в уравнительной камере. Когда узел 142 тарельчатого клапана полностью закрыт (фигура 17) или приоткрыт (фигура 15), каналы P1 и P2 разъединяются, поток воздуха из перепускного канала 24 перекрывается, в то время как канал P3 открыт и соединяет уравнительную камеру с атмосферой. В любой момент времени давление перепускного канала уравнивается действием на внутренние поверхности 146 и 147 тарельчатой головки 141 и уравнивающего поршня 144, соответственно.

На фигурах 18-22 представлен седьмой вариант осуществления изобретения (три модификации), причем общим признаком модификаций является уравнительный канал 152, который расположен в двигателе 148 и обеспечивает сообщение между уравнительной камерой 94 и камерой сгорания 20 двигателя 148. Хотя во всех трех модификациях используется узел 149 тарельчатого клапана, необходимо отметить, что также может использоваться простой поршневой клапан, такой как, например, поршневой клапан 84 в третьем варианте.

На фигуре 18 представлена первая модификация, в которой двигатель 148 содержит устройство 150 уравнивающего клапана с узлом 149 тарельчатого клапана. Узел 149 тарельчатого клапана содержит тарельчатый клапан 155 с отдельной тарельчатой головкой 157 и уравнивающим поршнем 159. Тарельчатая головка 157 и уравнивающий поршень 159 имеют внутренние поверхности 151 и 153, соответственно, открытые в перепускной канал 24. Когда тарельчатый клапан 155 закрыт, головка 157 клапана сидит на седле 22 клапана, отделяя перепускной канал 24 от камеры 20 сгорания двигателя. Уравнивающий поршень 159 формирует уравнительную камеру 94 с концом 92 цилиндрической полости 86.

В первой модификации уравнительный канал 152 внутри двигателя 148 обеспечивает соединение между уравнительной камерой 94 и камерой 20 сгорания в цилиндре расширения. Канал 152 всегда открыт для компенсации действия давления на внешнюю поверхность 160 тарельчатой головки 157 действием давления на внешнюю поверхность 161 уравнивающего поршня 159. Кроме того, вертикальная компонента давления в перепускном канале 24, действующая вниз на внутреннюю поверхность 151 тарельчатой головки 157, всегда компенсируется действием вертикальной компоненты давления в перепускном канале, действующей вверх на внутреннюю поверхность 153 уравнивающего поршня 159.

Когда тарельчатый клапан 155 открыт, давления на всех поверхностях 151, 153, 160 и 161 будут уравниваться. Тарельчатый клапан 155 открывается и закрывается основным приводным механизмом 114 клапана.

На фигуре 19 иллюстрируется вторая модификация, в которой в канале 152 используется управляющий клапан 154. Клапан 154 может быть закрыт на период сгорания в камере 20 сгорания для предотвращения загрязнения камеры продуктами сгорания и снижения степени сжатия в процессе горения.

На фигурах 20, 21 и 22 иллюстрируется третья модификация, в которой также

используется уравнительный канал 152 и управляющий клапан 154 и дополнительно вводится уравнительный канал 156, управляемый другим управляющим клапаном 158 (указан также как V1), между перепускным каналом 24 и уравнительной камерой 94. Управляющий клапан 154 указан также обозначением V2. В такте выпуска силового поршня 14 и в процессе приоткрытия тарельчатого клапана 155 двигателя клапан (158) закрыт. Однако управляющий клапан (158) открыт в положении верхней мертвой точки силового поршня 14 или возле нее, а также в течение такта выпуска. Клапан (154) открыт в течение такта выпуска и в процессе приоткрытия тарельчатого клапана, однако закрыт, когда тарельчатый клапан 155 полностью открыт, и в течение такта выпуска.

Действие третьей модификации аналогично действию пятого варианта. Давление, действующее на тарельчатый клапан 155, уравнивается в такте выпуска силового поршня 14 и на этапе приоткрытия клапана (начало открытия тарельчатого клапана). При этом давление в уравнительной камере 94 в основном уравнивается давлением в камере 20 сгорания двигателя. Кроме того, вертикальная компонента давления в перепускном канале 24, действующая сверху вниз на верхнюю (внутреннюю) поверхность тарельчатой головки, компенсируется этой же величиной давления в перепускном канале, действующего снизу вверх на нижнюю (внутреннюю) поверхность уравнивающего поршня. Клапан 155 остается уравновешенным в процессе передачи в камеру 20 сгорания давления перепускного канала 24. При этом давление в перепускном канале 24 действует вверх на нижнюю (внешнюю) поверхность головки клапана, и такое же давление в уравнительной камере 94 действует вниз на верхнюю (внешнюю) поверхность уравнивающего поршня. Давление перепускного канала 24 поддерживается в уравнительной камере 94 в течение такта расширения, после того как клапан 155 закроется, для содействия уравнивания давления сгорания в камере 20 сгорания.

На фигуре 23 иллюстрируется восьмой вариант осуществления изобретения, в котором двигатель 168 содержит устройство 170 уравнивающего клапана с узлом 172 тарельчатого клапана, работа которого осуществляется с помощью обычного приводного механизма 114. Для упрощения производства в восьмом варианте осуществления изобретения используется уравнительный канал 178 внутри узла 172 тарельчатого клапана, в отличие от седьмого варианта, в котором уравнительный канал устроен отдельно в двигателе. Хотя в этом варианте используется узел 172 тарельчатого клапана, однако иметь в виду, что также может использоваться простой поршневой клапан, аналогичный поршневому клапану 84, с внутренним уравнительным каналом.

Узел 172 тарельчатого клапана содержит тарельчатый клапан 173 с тарельчатой головкой 174, которая в целом имеет форму диска и находится на нижнем конце штока 176 клапана. Узел 172 тарельчатого клапана также содержит уравнивающий поршень 175, расположенный на средней части штока 176. Уравнивающий поршень 175 совершает возвратно-поступательное движение в цилиндрической полости 177 и формирует уравнительную камеру 182 над уравнивающим поршнем 175.

Узел 172 тарельчатого клапана содержит внутренний уравнительный канал 178, который проходит в продольном направлении от камеры 20 сгорания через головку 174 клапана и шток 176 клапана выше уравнивающего поршня 175. Внутренний уравнительный канал 178 сообщается с уравнительной камерой 182 через боковые проходы 180.

Соответственно, давление в камере 20 сгорания все время уравнивается за счет его действия на внешние поверхности 188 и 190 головки 174 тарельчатого клапана и уравнивающего поршня 175, соответственно. Кроме того, давление в перепускном канале 24 все время уравнивается за счет его действия на
 5 внутренние поверхности 184 и 186 головки 174 тарельчатого клапана и уравнивающего поршня 175, соответственно.

Хотя настоящее изобретение описано со ссылками на предпочтительные варианты его осуществления, должно быть ясно, что возможны различные изменения в пределах
 10 сущности и объема изобретения. Соответственно, необходимо понимать, что изобретение не ограничивается описанными вариантами, и его полный объем определяется формулой изобретения.

Формула изобретения

- 15 1. Двигатель с разделенным циклом, содержащий:
 коленчатый вал, установленный с возможностью вращения вокруг своей оси;
 поршень сжатия, установленный в цилиндре сжатия с возможностью скольжения в
 нем и соединенный с коленчатым валом, так что поршень сжатия совершает
 20 возвратно-поступательное движение, осуществляя такты впуска и сжатия за один оборот коленчатого вала;
 поршень расширения, установленный в цилиндре расширения с возможностью скольжения в нем и соединенный с коленчатым валом, так что поршень расширения
 совершает возвратно-поступательное движение, осуществляя такты расширения и
 25 выпуска за один оборот коленчатого вала;
 перепускной канал, соединяющий цилиндры сжатия и расширения и содержащий перепускной клапан сжатия и перепускной клапан расширения с полостью высокого
 давления, сформированной между ними; причем по меньшей мере один из двух
 30 вышеуказанных перепускных клапанов является уравнивающим клапаном; и по меньшей мере один из двух вышеуказанных перепускных клапанов открывается наружу в перепускной канал и в направлении от цилиндра сжатия и цилиндра
 расширения соответственно; и
 устройство уравнивания давления текущей среды при помощи давления ее в
 35 перепускном канале, уравнивающее давления текущей среды, действующие на указанный по меньшей мере один клапан в направлениях открытия и закрытия, в результате чего уменьшаются силы, необходимые для привода этого клапана.
2. Двигатель с разделенным циклом по п.1, в котором:
 40 перепускной клапан расширения содержит шток с дисковидной тарельчатой головкой на удаленном конце, которая может садиться на седло впускного клапана цилиндра расширения и имеет внутреннюю поверхность, открытую в перепускной канал;
 устройство уравнивания давления текущей среды выполнено в виде
 45 уравнивающего поршня, закрепленного на штоке тарельчатого клапана с возможностью перемещения в отдельном закрытом уравнительном цилиндре, который вместе с уравнивающим поршнем формирует уравнительную камеру, сообщающуюся с перепускным каналом через первый уравнительный канал,
 50 управляемый первым управляющим клапаном, и с внешней средой через второй уравнительный канал, управляемый вторым управляющим клапаном; при этом первый управляющий клапан закрыт, а второй управляющий клапан открыт, когда тарельчатая головка отходит от седла клапана, и первый управляющий клапан

открыт, а второй управляющий клапан закрыт, когда тарельчатая головка сидит на седле клапана; причем давление текучей среды в перепускном канале, действующее на тарельчатую головку, уравнивается для облегчения открытия тарельчатого клапана.

5 3. Двигатель с разделенным циклом по п.1, в котором: перепускной клапан расширения содержит поршневую головку, которая может садиться на седло впускного клапана цилиндра расширения и имеет верхнюю часть и нижнюю часть, причем верхняя часть поршневой головки входит в цилиндрическую полость,
10 открывающуюся в перепускной канал, и устройство уравнивания давления текучей среды состоит из верхней части поршневой головки и цилиндрической полости, формирующих отдельную уравнивательную камеру, которая сообщается с перепускным каналом и с внешней средой для уравнивания давления текучей среды в перепускном канале, действующего на поршневую головку.

15 4. Двигатель с разделенным циклом по п.3, содержащий первый уравнивательный канал, управляемый первым управляющим клапаном, который соединяет уравнивательную камеру с перепускным каналом, и второй уравнивательный канал, управляемый вторым управляющим клапаном, который соединяет уравнивательную
20 камеру с внешней средой; причем первый управляющий клапан открыт, а второй управляющий клапан закрыт, когда поршневая головка отходит от седла клапана, и первый управляющий клапан закрыт, а второй управляющий клапан открыт, когда поршневая головка сидит на седле клапана.

25 5. Двигатель с разделенным циклом по п.3, содержащий первый уравнивательный канал в двигателе и второй уравнивательный канал в поршневой головке, которые вместе управляют соединением перепускного канала с уравнивательной камерой, и третий уравнивательный канал в двигателе, который управляет соединением уравнивательной камеры с внешней средой; причем закрытие и открытие уравнивательных
30 каналов осуществляется при перемещении головки клапана.

6. Двигатель с разделенным циклом по п.1, в котором:
перепускной клапан расширения содержит шток с дисковидной тарельчатой головкой на удаленном конце, которая может садиться на седло впускного клапана цилиндра расширения и имеет внутреннюю поверхность, открытую в перепускной
35 канал; и устройство уравнивания давления текучей среды выполнено в виде уравнивающего поршня, закрепленного на штоке тарельчатого клапана с возможностью перемещения в цилиндрической полости, соединяющейся с перепускным каналом и отходящей от него, причем уравнивающий поршень имеет внутреннюю поверхность, открытую в перепускной канал, и внешнюю
40 поверхность, которая вместе с цилиндрической полостью формирует уравнивательную камеру, сообщающуюся с перепускным каналом и внешней средой для уравнивания давления текучей среды в перепускном канале, действующего на тарельчатую головку.

45 7. Двигатель с разделенным циклом по п.6, содержащий первый уравнивательный канал, управляемый первым управляющим клапаном, который соединяет уравнивательную камеру с перепускным каналом, и второй уравнивательный канал, управляемый вторым управляющим клапаном, который соединяет уравнивательную
50 камеру с внешней средой; причем первый управляющий клапан открыт, а второй управляющий клапан закрыт, когда тарельчатая головка отходит от седла клапана, и первый управляющий клапан закрыт, а второй управляющий клапан открыт, когда тарельчатая головка сидит на седле клапана.

8. Двигатель с разделенным циклом по п.6, содержащий первый уравнительный канал в двигателе и второй уравнительный канал в уравнивающем поршне, которые вместе управляют соединением перепускного канала с уравнительной камерой, и третий уравнительный канал в двигателе, который управляет соединением уравнительной камеры с внешней средой; причем закрытие и открытие уравнительных каналов осуществляется при перемещении уравнивающего поршня.

9. Двигатель с разделенным циклом по п.1, в котором:

перепускной клапан расширения содержит шток с дисковидной тарельчатой головкой на удаленном конце, которая может садиться на седло впускного клапана цилиндра расширения и имеет внутреннюю поверхность, открытую в перепускной канал; и

устройство уравнивания давления текучей среды выполнено в виде уравнивающего поршня, закрепленного на штоке тарельчатого клапана с возможностью перемещения в цилиндрической полости, соединяющейся с перепускным каналом и отходящей от него, причем уравнивающий поршень имеет внутреннюю поверхность, открытую в перепускной канал, и внешнюю поверхность, которая вместе с цилиндрической полостью формирует уравнительную камеру, сообщающуюся с цилиндром расширения через уравнительный канал для уравнивания давления текучей среды в перепускном канале, действующего на тарельчатую головку.

10. Двигатель с разделенным циклом по п.9, содержащий управляющий клапан в уравнительном канале для управления потоком через этот канал.

11. Двигатель с разделенным циклом по п.10, в котором управляющий клапан закрыт в течение, по меньшей мере, части интервала горения смеси.

12. Двигатель с разделенным циклом по п.11, содержащий дополнительный уравнительный канал, который управляется дополнительным управляющим клапаном и обеспечивает соединение между уравнительной камерой и перепускным каналом.

13. Двигатель с разделенным циклом по п.12, в котором дополнительный клапан закрыт в течение такта выпуска и открыт в течение такта расширения поршня расширения.

14. Двигатель с разделенным циклом по п.1, в котором:

перепускной клапан расширения содержит шток с дисковидной тарельчатой головкой на удаленном конце, которая может садиться на седло впускного клапана цилиндра расширения и имеет внутреннюю поверхность, открытую в перепускной канал; и

устройство уравнивания давления текучей среды выполнено в виде уравнивающего поршня, закрепленного на штоке тарельчатого клапана с возможностью перемещения в цилиндрической полости, соединяющейся с перепускным каналом и отходящей от него, причем уравнивающий поршень имеет внутреннюю поверхность, открытую в перепускной канал, и внешнюю поверхность, которая вместе с цилиндрической полостью формирует уравнительную камеру, сообщающуюся с цилиндром расширения через уравнительный канал, выполненный в тарельчатом клапане и являющийся его частью, для уравнивания давления текучей среды в перепускном канале, действующего на тарельчатую головку.

15. Двигатель с разделенным циклом по п.14, в котором уравнительный канал проходит в продольном направлении через головку клапана и шток клапана и содержит поперечные проходы, обеспечивающие соединение между цилиндром

расширения и уравнильной камерой.

5

10

15

20

25

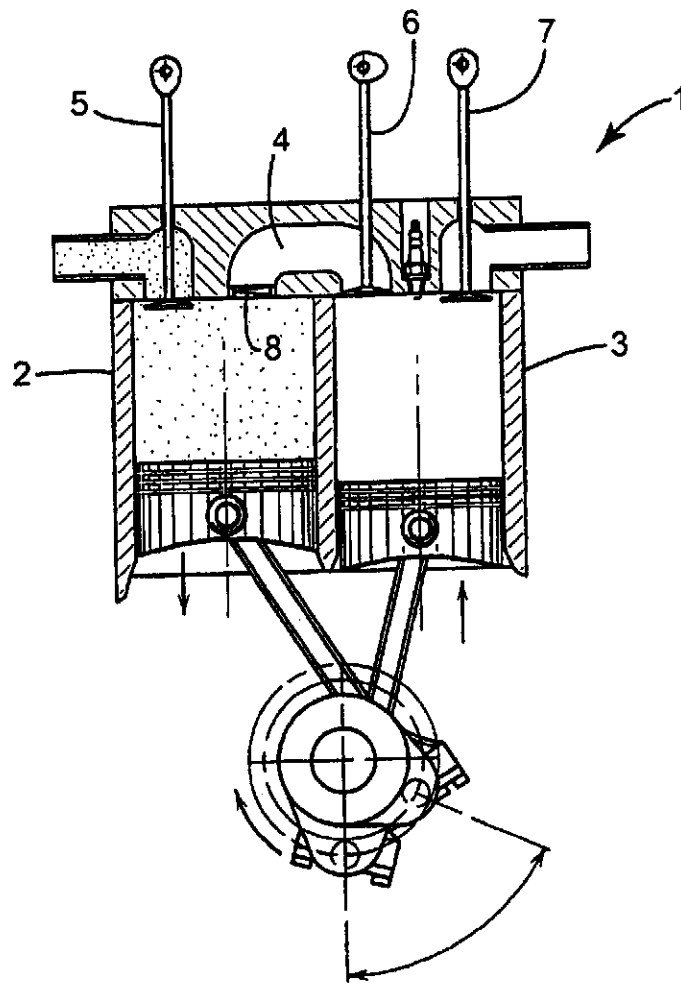
30

35

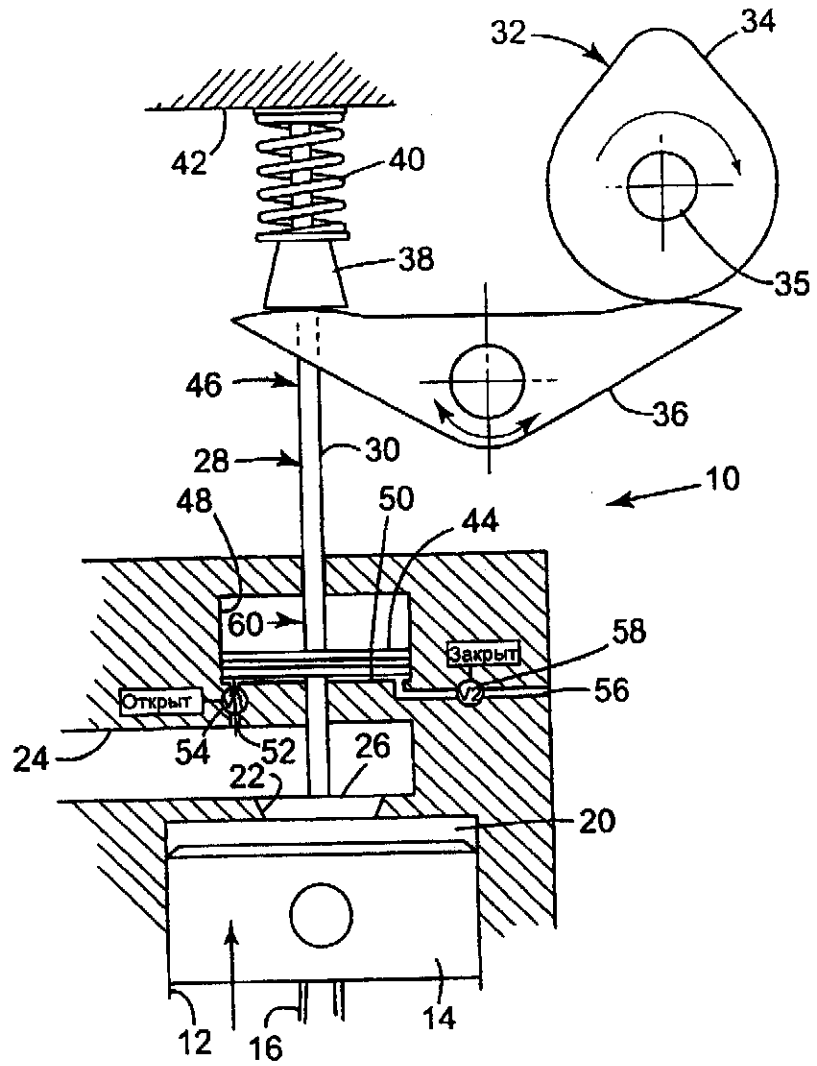
40

45

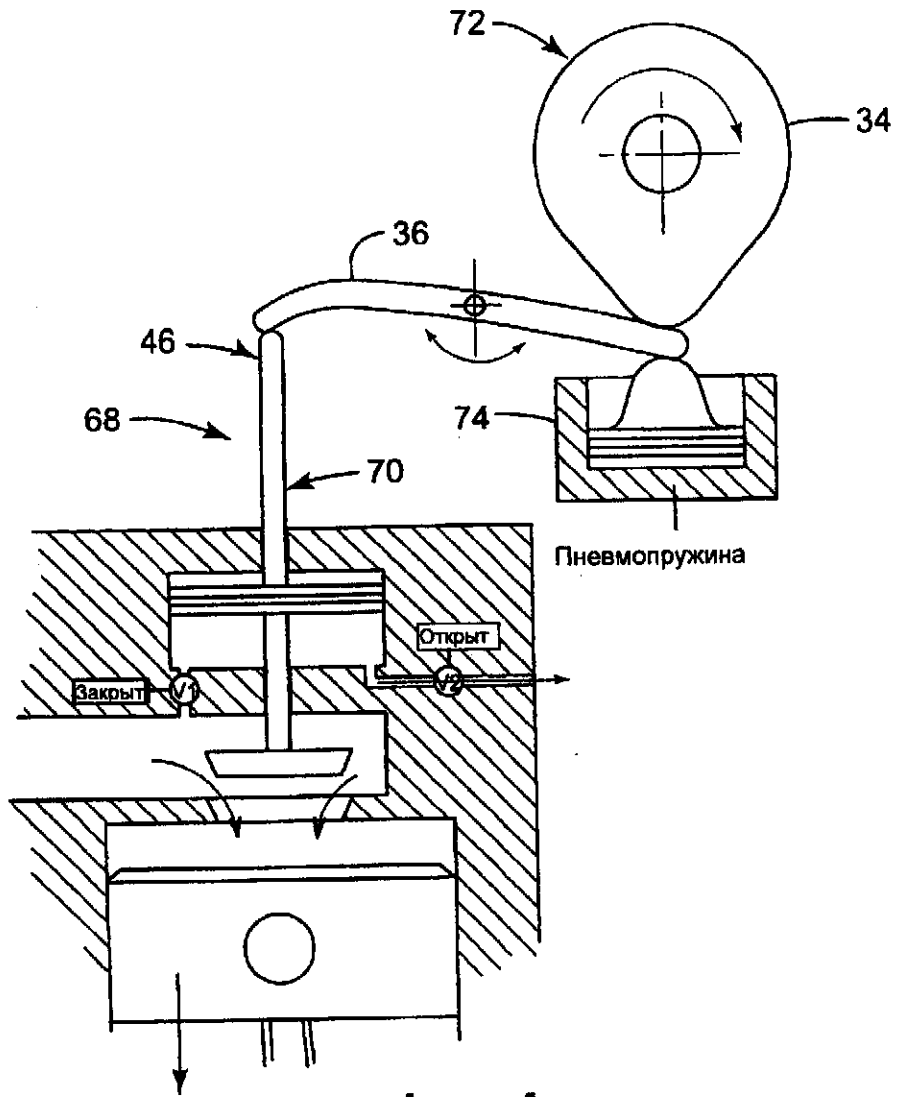
50



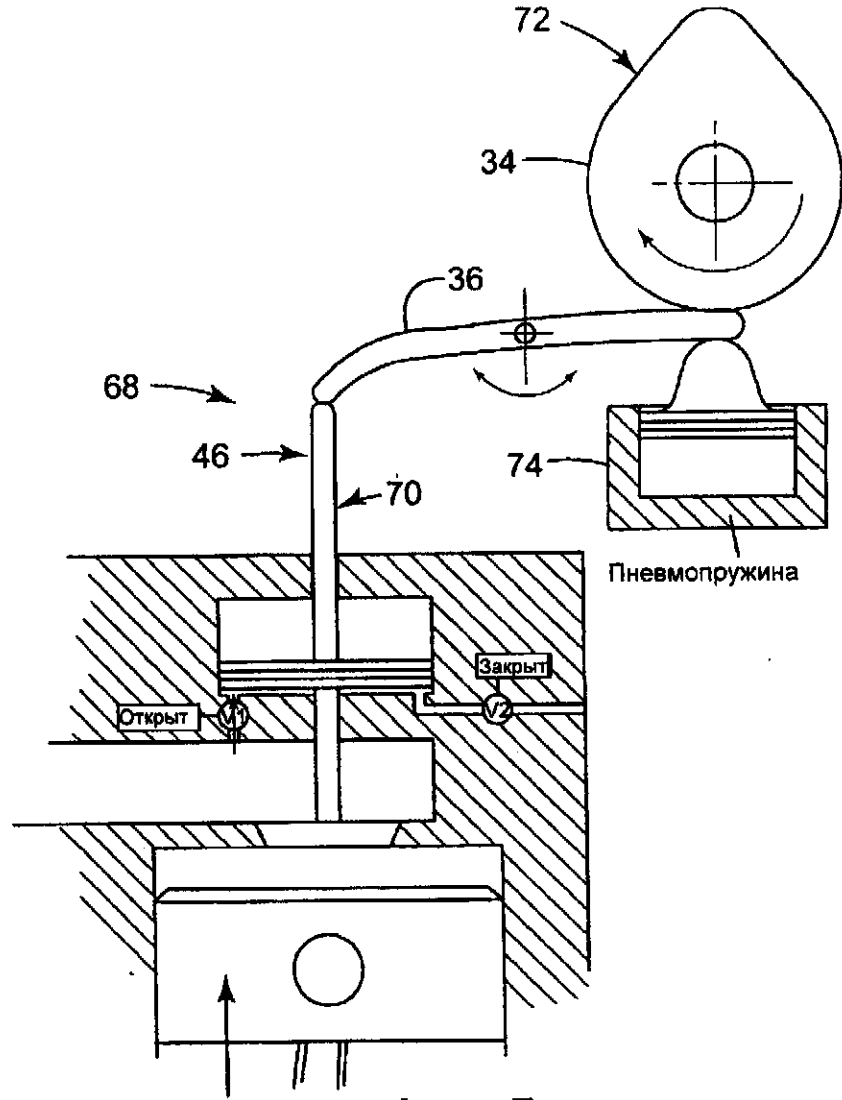
Фиг. 1



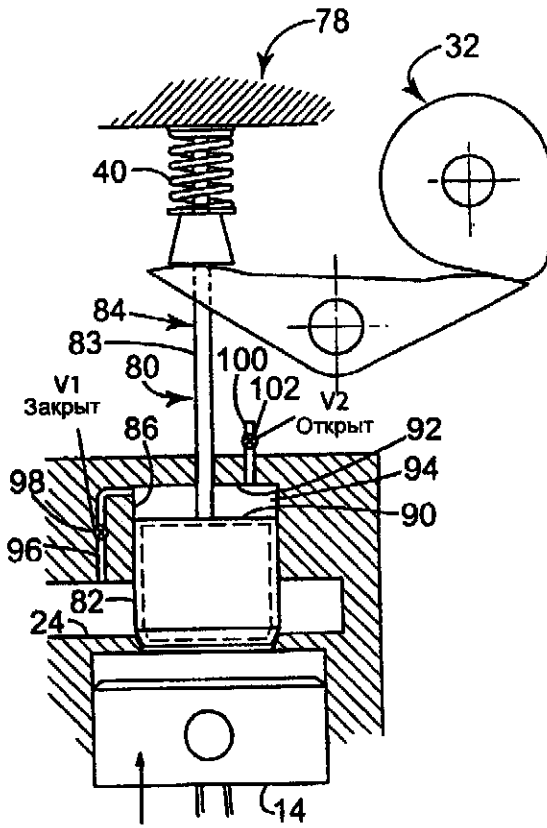
Фиг. 3



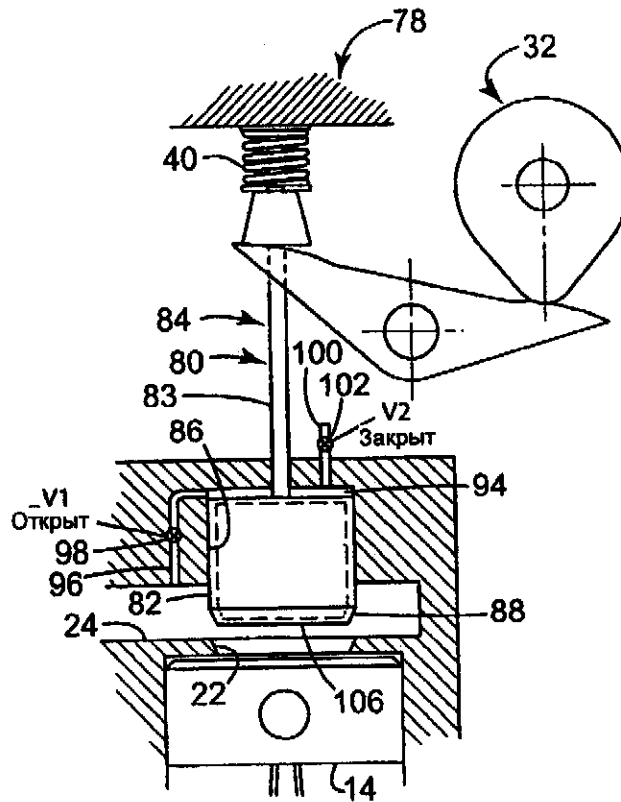
Фиг. 4



Фиг. 5

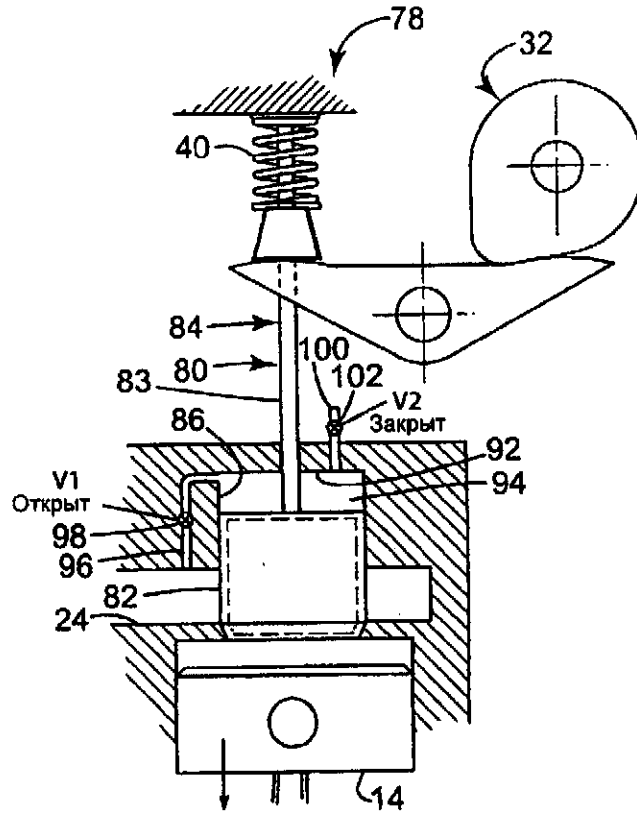


Фиг. 6

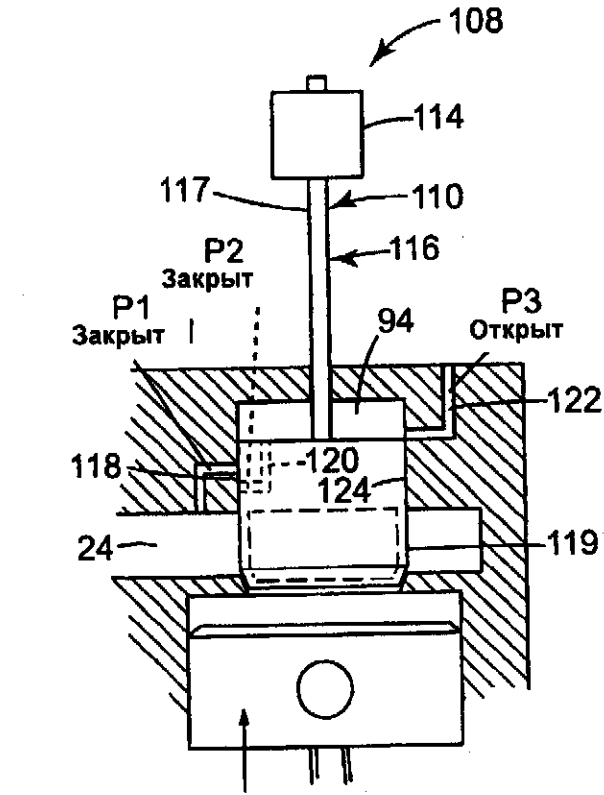


ВМТ

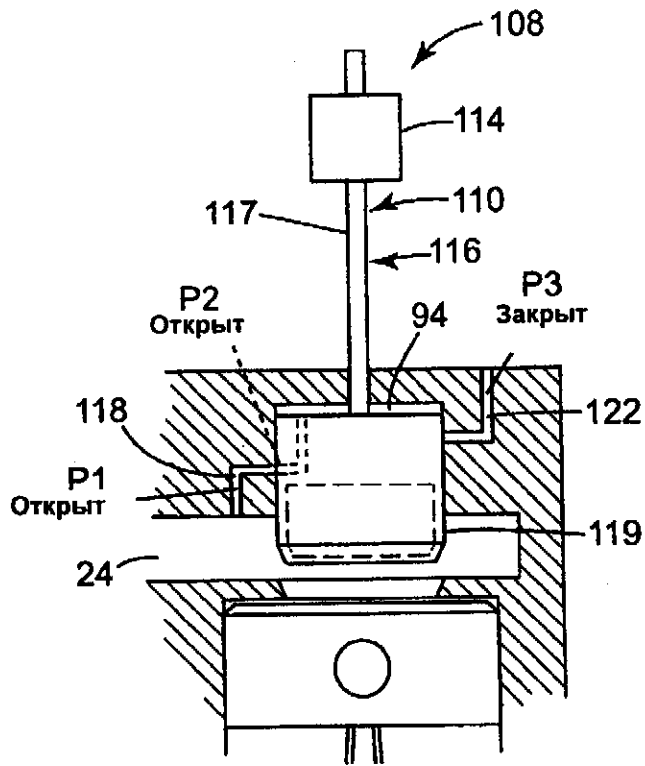
Фиг. 7



Фиг. 8

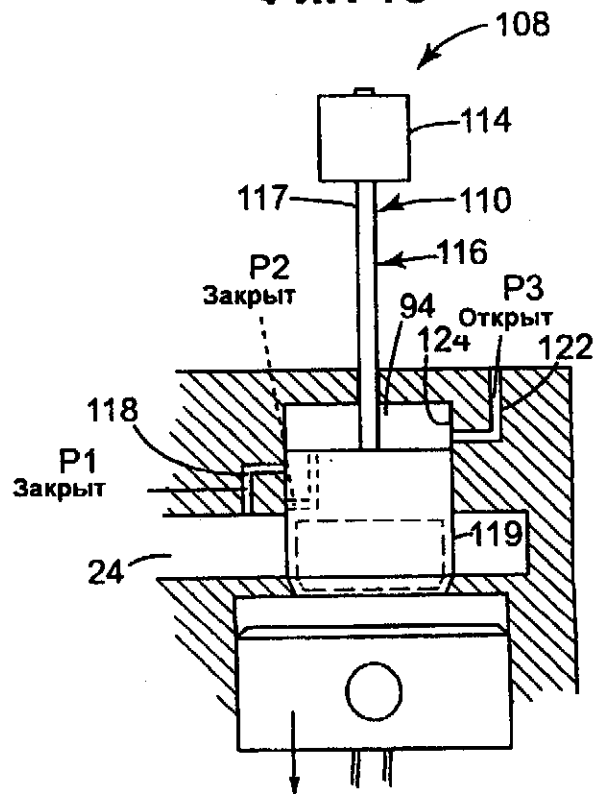


Фиг. 9

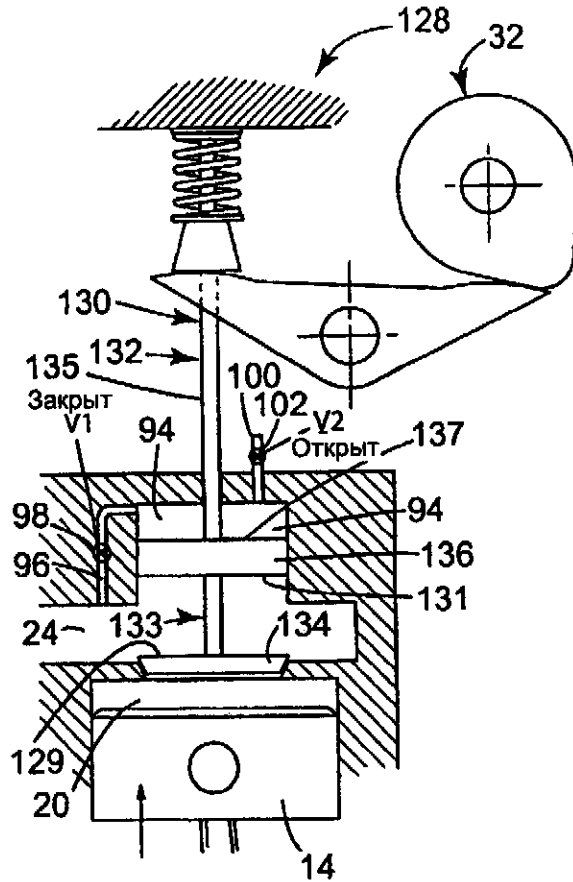


TDC

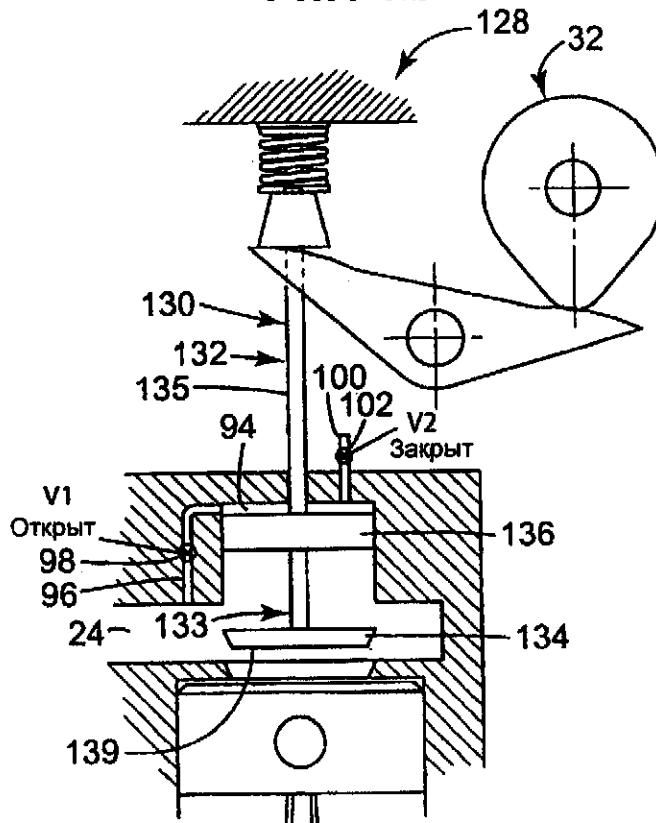
Фиг. 10



Фиг. 11

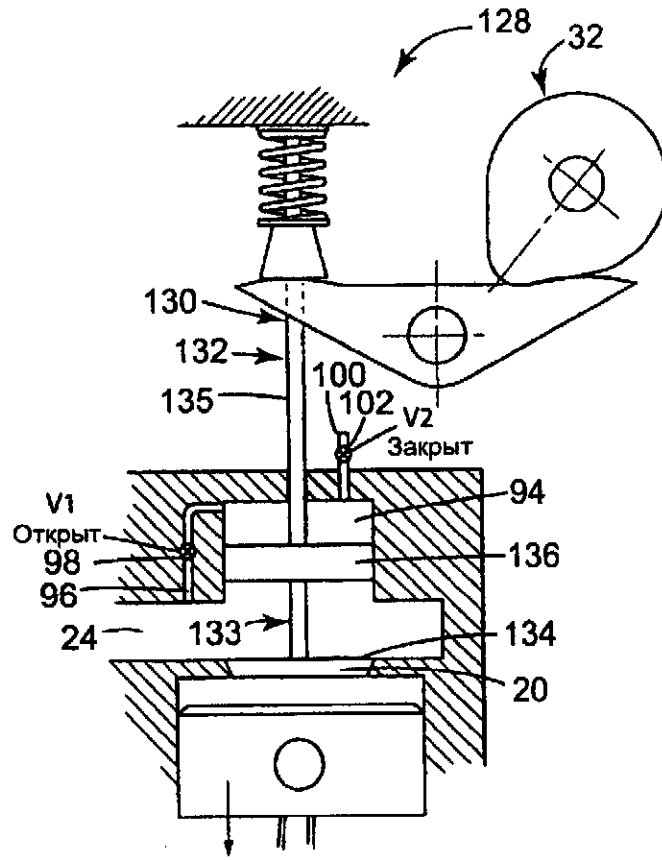


Фиг. 12

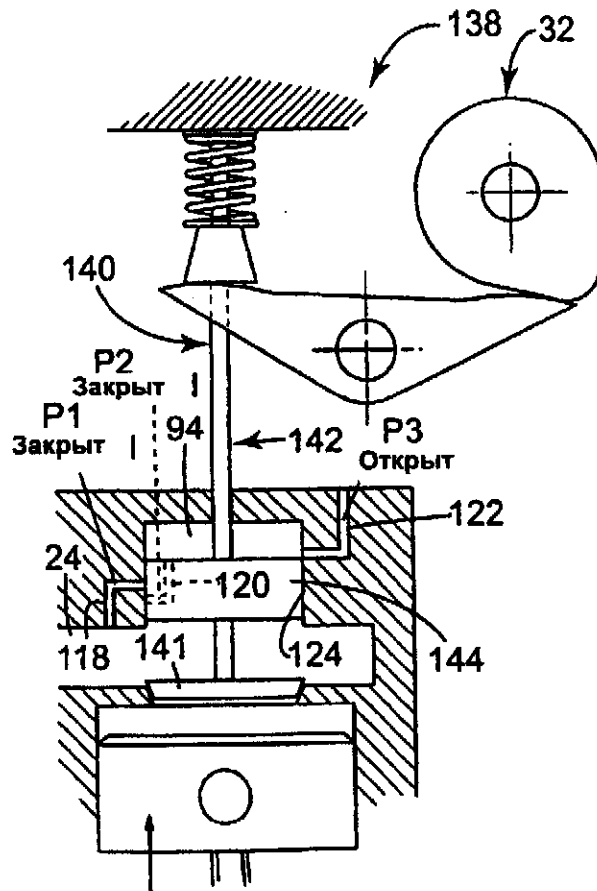


TDC

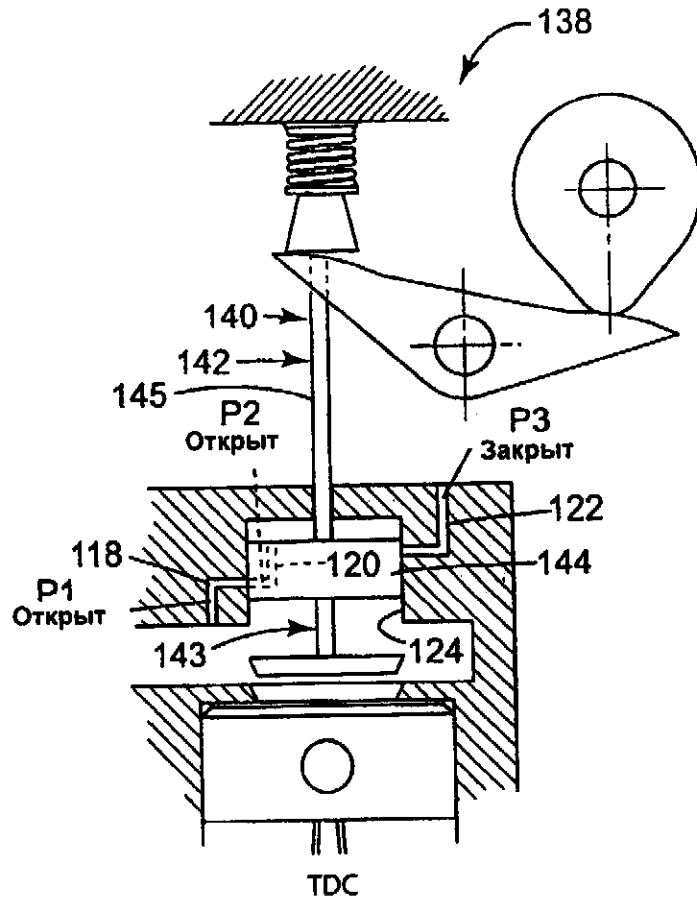
Фиг. 13



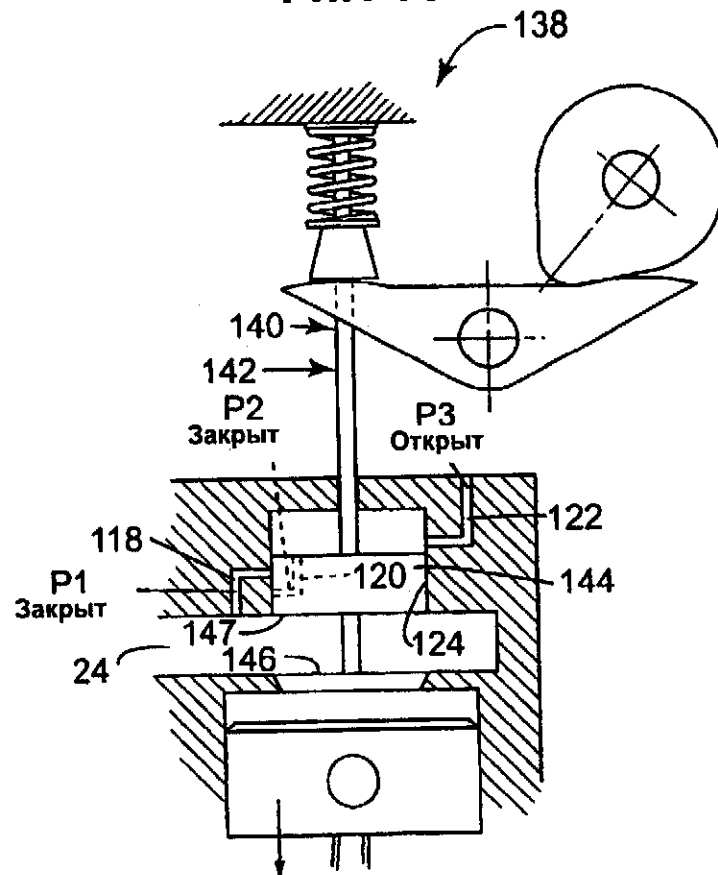
Фиг. 14



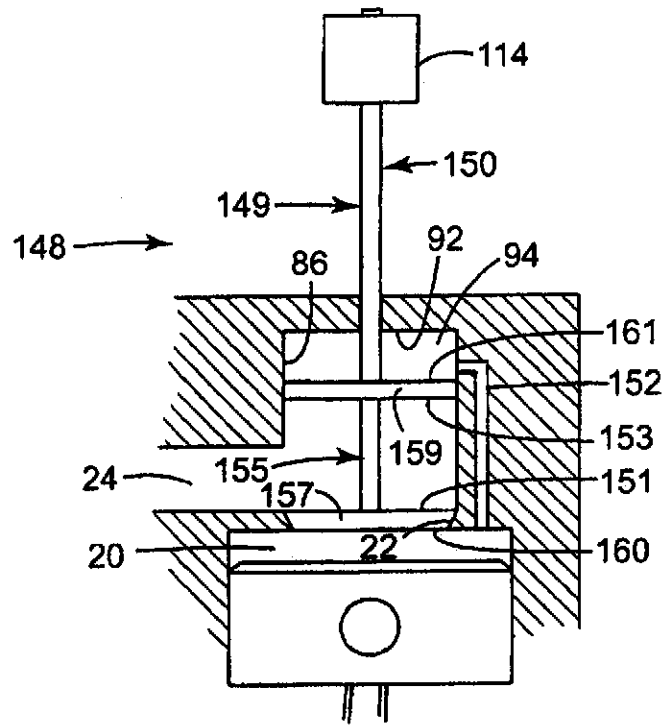
Фиг. 15



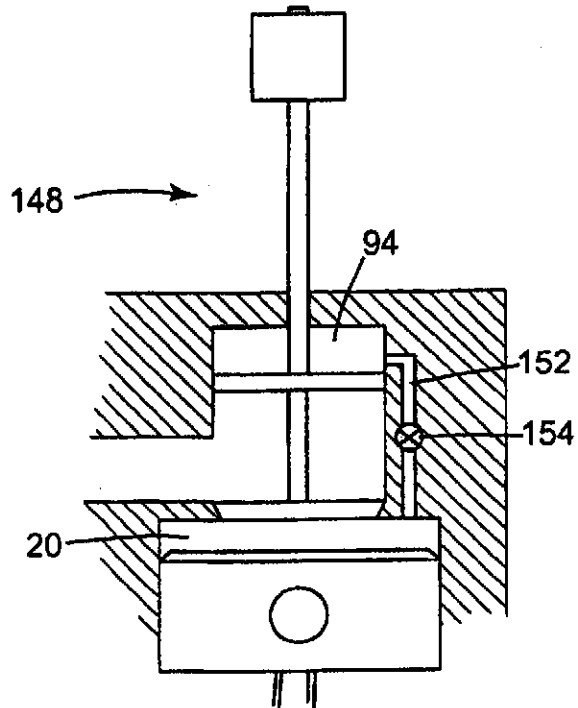
Фиг. 16



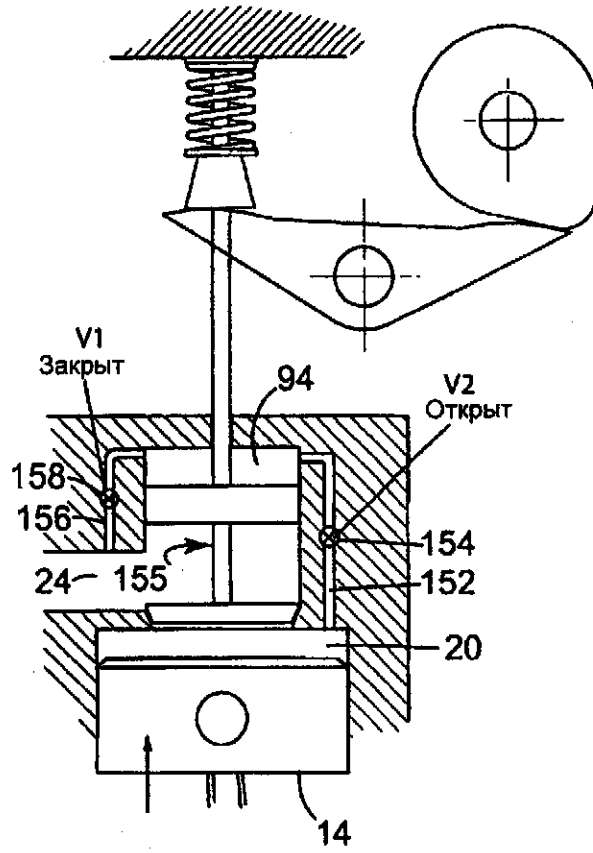
Фиг. 17



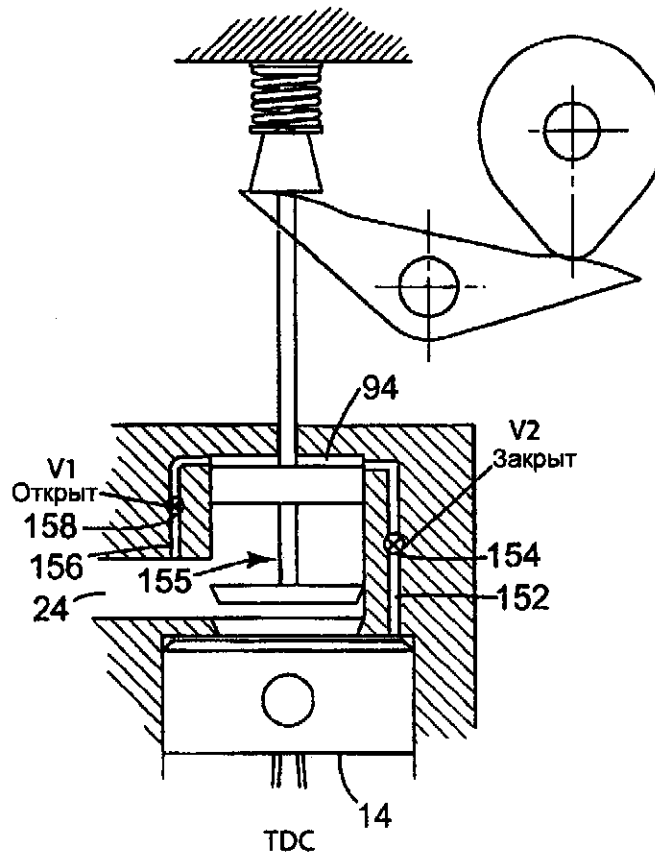
Фиг. 18



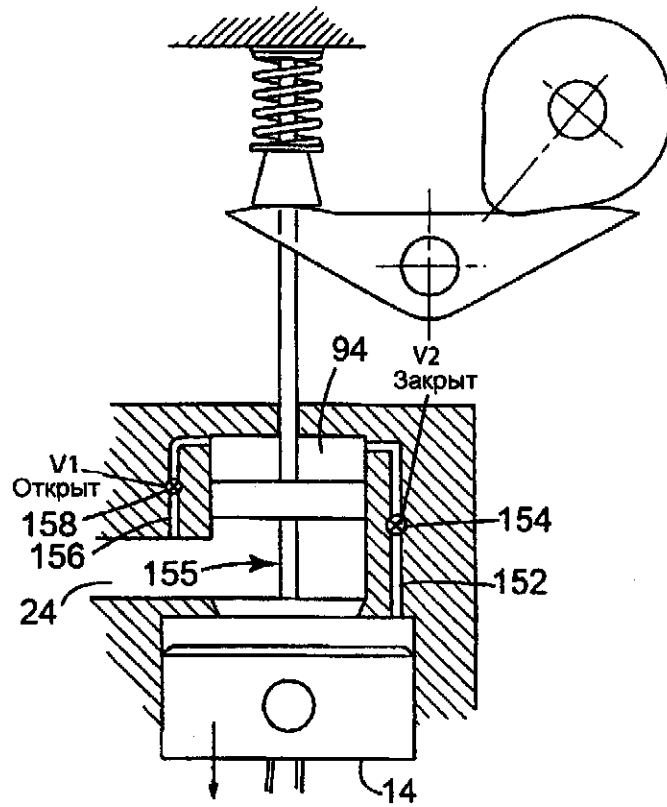
Фиг. 19



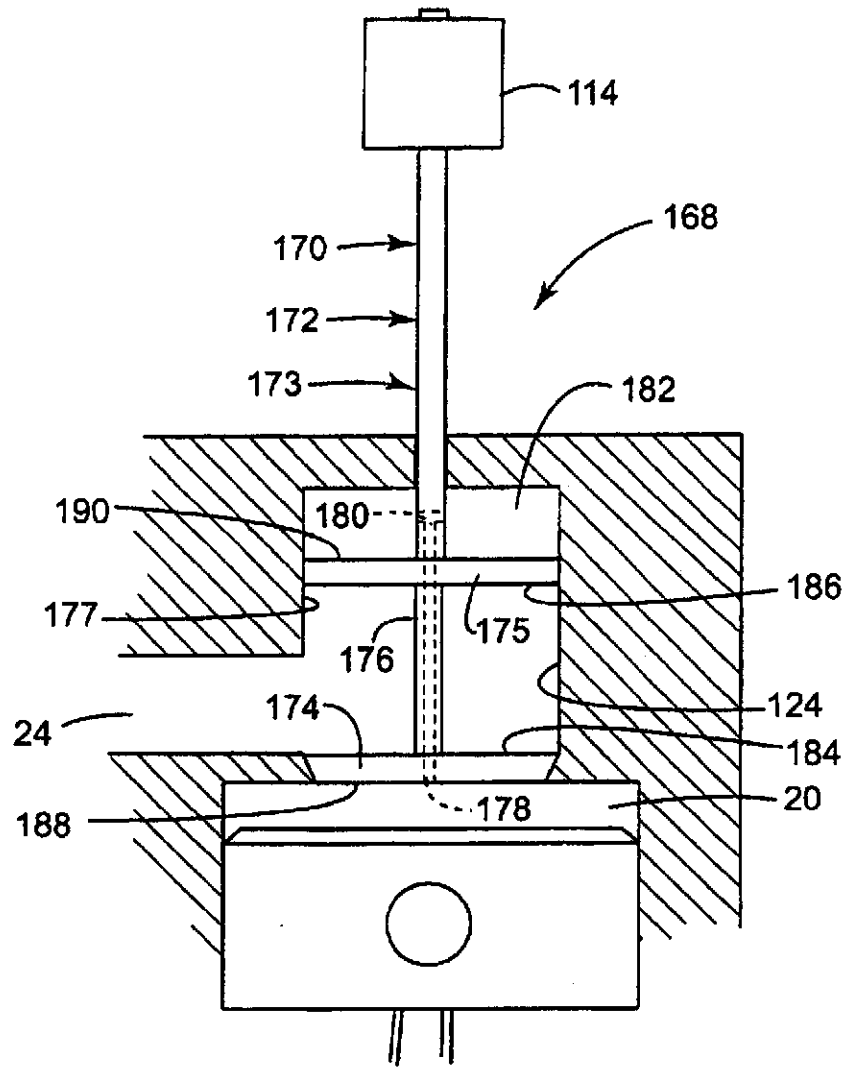
Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22



Фиг. 23