

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035912**(13) **B1**

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.08.31**

(21) Номер заявки  
**201800439**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.06.11**

(51) Int. Cl. **F02G 1/043** (2006.01)  
**F02G 1/044** (2006.01)  
**F02G 3/02** (2006.01)

---

### (54) ДВИГАТЕЛЬ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ

---

(43) **2019.12.30**

(96) **KZ2018/036 (KZ) 2018.06.11**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и  
патентовладелец:

**МЕХТИЕВ АЛИ  
ДЖАВАНШИРОВИЧ;  
ЮГАЙ ВЯЧЕСЛАВ  
ВИКТОРОВИЧ; АЛЬКИНА АЛИЯ  
ДАУЛЕТХАНОВНА; ТУРДЫБЕКОВ  
ДАСТАН МУХТАРОВИЧ;  
ТАТТИМБЕК ГУЛЕРКЕ;  
КАЛИАСКАРОВ НУРБОЛ  
БАЛТАБАЕВИЧ; ЕСЕНЖОЛОВ  
УЛАН СЕРИКОВИЧ (KZ)**

(56) **KR-1-101133043  
WO-A1-2016/113059  
SU-A3-504511  
GB-A-1395266  
RU-C2-2443888**

**МЫШИНСКИЙ Э.Л., РЫЖКОВ-  
ДУДОНОВ М.А., "Судовые поршневые двигатели  
внешнего сгорания (двигатели Стерлинга)",  
"Судостроение", Ленинград, 1976 г. стр. 15-26; фиг.  
10, 14**

(57) Изобретение относится к машиностроению и двигателестроению и может быть использовано в качестве привода электрического синхронного генератора для микроэлектростанции. Задачей изобретения является ликвидация недостатков прототипа, повышение мощности двигателя, тепловой эффективности, коэффициента полезного действия. Использование жидкостной системы охлаждения позволяет увеличить мощность двигателя. Отказ от использования коленчатого вала позволяет снизить металлоёмкость конструкции, есть возможность увеличения числа цилиндров с 4 до 8 и более, что повышает развиваемый двигателем рабочий момент, а также снижает показатели единицы массы на единицу развиваемой мощности практически в 2 раза и приближает к показателям дизельного двигателя внутреннего сгорания. Технический результат достигается за счет ряда отличий от прототипа в конструкции поршней и цилиндров, регенератора, механизма фазного распределения и системы охлаждения с автомобильным антифризом, циркулирующим в системе охлаждения при помощи насоса, а также за счет использования в качестве рабочего тела гелия или воздуха с содержанием 10% водяного пара.

**B1****035912****035912****B1**

Изобретение относится к машиностроению и двигателестроению и может быть использовано в качестве привода электрического синхронного генератора для когенерационной микроэлектростанции.

Известен многоцилиндровый двигатель с внешним подводом теплоты, работающий по известному физическому циклу Стирлинга, который содержит по крайней мере четыре поршня с теплообменными цилиндрами, которые соединены с нагревателем. Получен патент GB1263048A (09.02.1972) Великобритания, автор Срен Лидере Самауэль Хаканссон, компания Коммандитболагет Юнайтед Стирлинг, АБ экд Ко, Швеция. Двигатель предназначен для установки на автомобилях в качестве силовой установки.

Однако известный двигатель громоздкий и имеет низкую экономичность, а также при значительной массе имеет невысокую мощность, его показатели единицы массы на единицу развиваемой мощности практически в 3 раза превышают те же показатели атмосферного дизельного двигателя внутреннего сгорания. Нет системы контроля давления рабочего тела и подкачки в случае его утечки, что не позволяет двигателю работать на давлении более 3 МПа, которое может обеспечить его габариты и мощность, сопоставимые с атмосферным дизельным двигателем внутреннего сгорания. При слабой компрессии двигатель не может достичь КПД более 25%.

Наиболее близким по заявленному изобретению по техническому решению является двигатель с поршнями двойного действия и внешним подводом теплоты. Патент SU 504511 (25.02.76). Двигатель с поршнями двойного действия и внешним подводом теплоты содержит по крайней мере четыре рабочих цилиндра с поршнями и четыре теплообменных цилиндра, теплообменные цилиндры установлены между рабочими, имеется соединительная магистраль для связи теплообменника, нагревателя и регенератора с рабочим цилиндром. Каждый из четырех объемов рабочего тела (газ) разделяется поршнями и вытесняется через промежуток времени, определяемый поворотом коленчатого вала, с фазным сдвигом 90°, имеется всего четыре охладителя, регенератора и нагревателя по числу цилиндров. С целью повышения экономичности цилиндры имеют V-образное расположение и работают на один коленчатый вал, а нагреватель частично охватывает цилиндры и теплообменник. Пространство под поршнем связано со смежным цилиндром через теплообменник и пространство над поршнем тоже связано, но с другим смежным цилиндром, чем обеспечивается двойное действие поршня при перекачивании рабочего тела из одного цилиндра в другой. Для синхронизации работы поршней в цилиндрах используется коленчатый вал. В пространстве между цилиндрами двигателя и теплообменниками размещается камера сгорания и часть предварительного нагревателя. Двигатель работает по известному циклу Стирлинга с циркуляцией рабочего тела в замкнутом контуре через охладитель, регенератор, нагреватель. Двигатель предназначен для установки на автомобилях в качестве силовой установки.

В данном двигателе есть следующие недостатки: сложная конструкция приводного механизма; наличие коленчатого вала с вкладышами и шатунами; сложная система смазки. Важным недостатком является система естественного воздушного охлаждения, которая не способна эффективно охлаждать рабочее тело и создавать значительный перепад температуры в охладителе по сравнению с нагревателем, а значит создается опасность теплового перегрева двигателя, а также ограниченность конструкции по числу цилиндров и громоздкость конструкции из-за коленчатого вала и масляного картера мало отличают двигатель от рассмотренного выше аналога. Двигатель имеет также низкую экономичность, а так как при значительной массе имеет невысокую мощность, его показатели единицы массы на единицу развиваемой мощности тоже практически в 3 раза превышают те же показатели атмосферного дизельного двигателя внутреннего сгорания. Нет системы контроля давления рабочего тела и подкачки в случае его утечки, что не позволяет двигателю работать на давлениях более 3 МПа, которое может обеспечить его габариты и мощность, сопоставимые с атмосферным дизельным двигателем внутреннего сгорания. При слабой компрессии двигатель не может достичь КПД более 25%.

Он предназначен для установки на автомобилях в качестве силовой установки, но до сих пор не востребован в промышленности. Вторым моментом является низкая эффективность его использования для привода генератора микроэлектростанции.

Задачей изобретения является ликвидация указанных недостатков прототипа, повышение мощности двигателя, его эффективности и коэффициента преобразования энергии от источника теплоты (пламени газовой горелки), а также разработка конструкции, позволяющей обеспечить хорошее охлаждение и отказаться от использования коленчатого вала и увеличить число цилиндров с 4 до 8, а при необходимости и более. Разработка высокоэффективной конструкции двигателя с внешним подводом теплоты для привода электрического синхронного генератора микроэлектростанции с показателями единицы массы на единицу развиваемой мощности, близкими к показателям атмосферного дизельного двигателя внутреннего сгорания (ДВС), но при этом по крутящему моменту превосходящего ДВС на 15-20%.

Технический результат достигается за счет ряда конструктивных отличий, позволяющих упростить конструкцию и снизить ее металлоемкость, а также за счет наличия жидкостной системы охлаждения с автомобильным антифризом, циркулирующим в системе охлаждения при помощи насоса. Результат достигается также за счет изменения конструкции поршней и цилиндров, теплообменника, регенератора, охладителя, механизма фазного распределения, разработанной системы топливоподачи и сгорания топлива.

На фиг. 1 показано условное изображение конструкции двигателя с внешним подводом теплоты; на

фиг. 2 - детализация схемы цилиндров и теплообменников, взаимодействие шестерней и кривошипно-шатунного механизма.

Заявленный двигатель с внешним подводом теплоты содержит восемь рабочих цилиндров 1, цилиндр условно разделен на полость расширения 1А (нагрева) и полость сжатия 1Б (охлаждения). Цилиндры идентичны по своей конструкции, с одинаковыми поршнями двойного действия 2 и восемью одинаковыми теплообменными цилиндрами 3 (теплообменниками), теплообменные цилиндры установлены между рабочими, имеется соединительная магистраль 4 для связи теплообменника с рабочим цилиндром. На каждой магистрали 4 установлен клапан 5 (8 шт. на каждый рабочий цилиндр) для подкачки и нагнетания рабочего тела (гелий) в цилиндр до давления более 20 МПа. Рабочее тело должно содержать 5-10% воды, что позволяет создавать необходимое давление. Каждый из восьми объемов рабочего тела (гелий) разделяется поршнями 2 и вытесняется через промежуток времени, определяемый поворотом шестерни и кривошипа с фазным сдвигом 45°. Каждый поршень 2 рабочего цилиндра 1 снабжен двумя кольцевыми уплотнениями 6. В восьми теплообменных цилиндрах 3 имеется всего восемь жидкостных охладителей 7, стальных проволоочных регенераторов 8 и трубчатых нагревателей 9 по числу цилиндров. Пространство под поршнем связано со смежным цилиндром через теплообменник и пространство над поршнем тоже связано, но с другим смежным цилиндром, чем обеспечивается двойное действие поршня при перекачивании рабочего тела из одного цилиндра в другой. Каждый рабочий цилиндр 1 содержит теплоаккумулирующую насадку 10, расположенную в зоне нагревателя 9, каждый поршень двойного действия 2 имеет термоаккумулирующую насадку 11. Каждый поршень имеет шток 12, который соединяется через крейцкопф 13 (перемещающееся шарнирное соединение с подшипником для центровки штока), шатун 14 и кривошип 15, который соединяется с конической зубчатой шестерней 16, вращающейся вокруг оси 17, направления вращения указаны стрелками. Все конические шестерни (одинакового размера) крепятся на кольцевой станине 18, должны иметь взаимное зацепление между собой и вращаться одновременно. Топливная система состоит из общей для всех цилиндров камеры сгорания 19, топливной магистрали 20, нагнетателя воздуха (турбины) 21, резервуара (баллона) с топливом 22. Имеются промежуточные шестерни 23 для вращения насоса системы охлаждения (помпы) 24 и 25 для вращения генератора. Система выработки электрической энергии состоит из трехфазного синхронного генератора переменного тока 26, кабельной линии переменного тока 27, трехфазного выпрямителя переменного тока 28, контроллера заряда аккумулятора с реле 29, аккумуляторной батареи 30. Имеется распределительное устройства 31 для разделения нагрузки на переменный ток с питанием от инвертора и на постоянный ток для питания нагрузки постоянного тока напрямую от аккумуляторной батареи. Жидкостная система охлаждения содержит подающую магистраль 32 и обратную магистраль 33, к которым параллельно подключены все охладители, которые связаны с радиатором охлаждения 34. В обратную магистраль 33 врезан насос (помпа) 35. Для регулировки и отключения прямых и обратных магистралей используются врезанные в них шаровые краны 37. Насос (помпа) и вентилятор механически связаны через ременчатую фрикционную передачу 38.

Двигатель с внешним подводом теплоты работает следующим образом.

При нагреве рабочего тела в верхней части любого из восьми рабочих цилиндров 1, а именно в полости расширения 1А (нагрева), поршень двойного действия 2 начинает движение вниз, в область 1Б, толкая при этом шток 12, который одним концом соединяется с поршнем 2, а другим концом - с крейцкопфом 13, который перемещается, скользит по внутренним стенкам рабочего цилиндра, обеспечивая центровку штока 12 и передавая момент шатуну 14. Шатун 14, двигаясь, приводит во вращение кривошип 15, который жестко соединяется с конической зубчатой шестерней 16, вращающейся вокруг оси 17. На фиг. 1 двойной стрелкой показано направление поступательного движения поршня и штоков (вверх и вниз). Поршень 2 передает развиваемый момент силы конической зубчатой шестерне 16 через кривошип 15, при этом заставляя кривошип 15 вращаться. Чем больше энергии подводится к рабочему телу, тем быстрее двигается поршень, а значит быстрее вращается шестерня. Все шестерни закреплены на единой кольцевой станине 18. Пространство под поршнем 2 связано со смежным цилиндром через магистраль 4 и теплообменный цилиндр (теплообменник) 3, а пространство над поршнем тоже связано, через магистраль 4 с другим смежным цилиндром через теплообменник, чем обеспечивается двойное действие поршня при перекачивании рабочего тела из одного цилиндра в другой. Как сказано ранее, рабочее тело расширяется и толкает поршень из области расширения (нагрева) 1А в область сжатия (охлаждения) 1Б. При этом остывшее рабочее тело из области 1Б по магистрали 4 перекачивается через теплообменник 3 в смежный цилиндр, в область нагрева 1А смежного цилиндра (на фиг. 2 показано движение рабочего тела из цилиндра в цилиндр пунктирной линией с двойной стрелкой), где оно нагревается и толкает поршень смежного цилиндра вниз, при этом совершается работа, совершается перемещение частей кривошипно-шатунного механизма и вращение шестерни. Находясь в крайнем положении области 1Б, поршень начинает двигаться вверх, так как он соединен с кривошипно-шатунным механизмом и конической шестерней и его движение синхронизировано с другими поршнями. Поршень при движении вверх вытесняет рабочее тело в смежный цилиндр через промежуток времени, определяемый поворотом шестерни и кривошипа с фазным сдвигом 45°, так как их восемь шток и восемь положений. Фазный сдвиг в 45° обеспечивает хороший самозапуск двигателя без стартерного устройства.

Когда рабочее тело из смежного цилиндра перекачивается назад с области 1А в область 1Б (рабочее тело возвращается обратно), оно отдает тепло регенератору 8 и охлаждается в охладителе 7, при этом создавая в области 1Б разрежение, чем заставляя поршень 2 спускаться вниз. Так как рабочее тело из 1Б выталкивается поршнем в смежный цилиндр, оно проходит через охладитель 7 и регенератор 8, где забирает накопленное регенератором тепло и поступает уже предварительно нагретым в трубчатый нагреватель 9, где снова нагревается до рабочей температуры 600-1000°C, расширяется и двигает поршень вниз. Регенератор повышает КПД двигателя до 2-2,5 раз [1], а дополнительные теплоаккумулирующие насадки 10 и 11, расположенные в зоне нагревателя 9, а также на поршне двойного действия позволяют аккумулировать тепло и сокращают потери в окружающую среду, чем сокращается расход топлива и повышается КПД двигателя более чем в 3 раза. Дополнительные теплоаккумулирующие насадки 10 и 11 позволяют сократить мертвый объем цилиндра, что тоже повышает КПД двигателя. На каждой магистрали 4 установлен клапан 5 (8 шт. на каждый рабочий цилиндр), так как в цилиндрах создается высокое давление рабочего тела (гелий) более 3 МПа, это позволяет существенно повысить мощность двигателя и его КПД в целом и снизить массогабаритные размеры, так как работа в пределах атмосферного давления делает данный тип двигателя втрое тяжелее по массе и габаритам, чем аналогичный по мощности атмосферный дизельный двигатель внутреннего сгорания. При потере давления в цилиндре снижается компрессия и соответственно падает мощность, поэтому предусмотрена система автоматического контроля давления и при его утечке возможна подкачка для восстановления давления или подается сигнал персоналу о необходимости ремонта уплотнений. Каждый поршень 2 рабочего цилиндра 1 снабжен двумя кольцевыми уплотнениями 6 для обеспечения компрессии и недопущения утечки рабочего тела, от работы уплотнений тоже зависит мощность двигателя. Как сказано ранее, в восьми теплообменных цилиндрах 3 имеется всего восемь жидкостных охладителей 7, выполненных из меди или латуни (дюралюминия), стальных проволочных регенераторов 8 и трубчатых нагревателей 9 из нержавеющей стали по числу цилиндров, это необходимо чтобы при перекачке рабочего тела из цилиндра в цилиндр обеспечить его быстрый нагрев и охлаждение, от работы теплообменника напрямую зависит мощность и КПД двигателя. Рабочее тело постоянно перекачивается двусторонними поршнями из одного цилиндра в другой, проходя через регенератор 8, выполненный из стальных тонких проволок (стальной ваты), рабочее тело отдает пористой структуре регенератора большую часть своего тепла, регенератор аккумулирует отданное рабочим телом тепло, благодаря чему рабочее тело быстро остывает в охладителе до 20-100°C (в зависимости от режима работы системы охлаждения). Это позволяет обеспечить большую разницу температур рабочего тела в области 1А и 1Б, что напрямую влияет на мощность и КПД двигателя, работающего по известному циклу Стирлинга.

Нагрев рабочего тела обеспечивается за счет тепловой энергии, полученной от пламени газовой горелки, которая находится в камере сгорания 19, топливная смесь по магистрали 20 нагнетается туда под давлением турбины 21, топливо подается из резервуара 22 (баллон с топливом), турбина обеспечивает оптимальный вариант обогащения топлива кислородом из атмосферного воздуха и предварительно сжимает смесь топлива и воздуха, что повышает температуру пламени горелки и увеличивает выделение тепловой энергии.

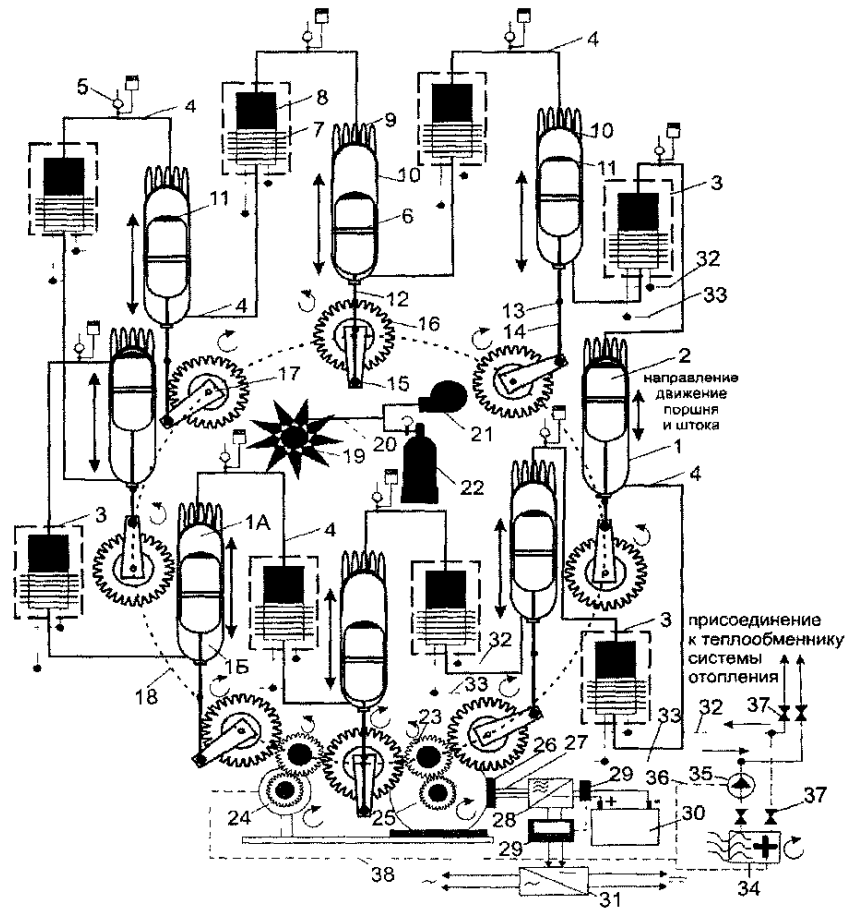
Для обеспечения эффективного охлаждения рабочего тела в зоне 1Б используется полый охладитель 7, через который циркулирует охлаждающая жидкость (автомобильный антифриз). Циркуляция охлаждающей жидкости обеспечивается за счет насоса (помпы) системы охлаждения 35. Насос перегоняет охлаждающую жидкость (автомобильный антифриз) по подающей магистрали 32 к охладителю 7, где она забирает тепло и по обратной магистрали 33 попадает в радиатор охлаждения 34, где она остывает и отдает свое тепло радиатору охлаждения 34. Для регулировки и отключения прямых и обратных магистралей используются врезанные в них шаровые краны 37. Насос (помпа) и вентилятор механически связаны через зубчатую передачу 24. Электрический синхронный генератор имеет промежуточную шестерню 23, которая приводит во вращение шестерню 25, находящуюся на валу трехфазного синхронного генератора переменного тока 26. При вращении вала генератора вырабатывается электрическая энергия, которая от трехфазного синхронного генератора переменного тока 26 поступает по кабельной линии переменного тока 27 на трехфазный выпрямитель переменного тока 28 для зарядки аккумулятора 30. Для исключения ситуации с перезарядом аккумулятора 30 используется контроллер заряда с реле 29, который отключает аккумуляторную батарею при ее полной зарядке, после зарядки аккумулятора электростанция автоматически отключается и запускается снова в случае разрядки аккумулятора. Рекомендованная емкость аккумуляторов на 1 кВт мощности потребителя электрической энергии, подключенного к его клеммам, должна быть от 200 до 300 А/ч (2-3 ч работы для электрической нагрузки мощностью 1 кВт). Распределительное устройство 31 обеспечивает разделение нагрузки на переменный ток с питанием от инвертора и на постоянный ток для питания нагрузки постоянного тока напрямую от аккумуляторной батареи.

Имеется возможность использования системы охлаждения двигателя для нагрева через теплообменный аппарат воды, циркулирующей в системе теплоснабжения жилых и производственных помещений в холодное время года. Для этого нужно заменить радиатор охлаждения 34, на стандартный теплообменник мощностью от 6 до 10 кВт. Это позволяет еще эффективнее охлаждать двигатель и повысить

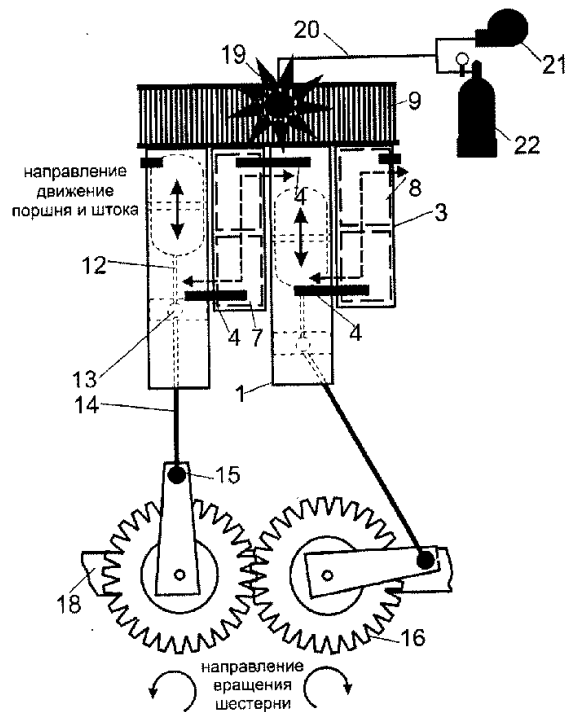
его мощность и КПД в холодный период года, при этом его общий КПД микроэлектростанции увеличится до 80%, с учетом когенерации и совместного производства в пропорции на 1 кВт·ч электрической будет получено 6 кВт·ч тепловой энергии. При этом, если работающая электростанция с заявленным двигателем выработала 1 кВт·ч электрической энергии, то она произвела 6-7 кВт·ч тепловой энергии, достаточной для отопления от 60-80 м<sup>2</sup> жилого помещения (с высотой потолка 2,5-3 м). Данная тепловая энергия раньше просто выбрасывалась в атмосферу через поверхности радиатора охлаждения 34 при охлаждении рабочего тела. Благодаря когенерации можно использовать заявленный двигатель для комплексного производства электрической и тепловой энергии.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Двигатель с поршнями двойного действия и внешним подводом теплоты, который содержит, по крайней мере четыре рабочих цилиндра с поршнями и четыре теплообменных цилиндра, теплообменные цилиндры установлены между рабочими цилиндрами, имеется соединительная магистраль для связи теплообменного цилиндра, нагревателя и регенератора с рабочим цилиндром, каждый из четырех объемов рабочего тела разделяется поршнями и вытесняется через промежуток времени, определяемый поворотом коленчатого вала с фазным сдвигом 90°, имеется четыре охладителя, регенератора и нагревателя по числу цилиндров, при этом пространство под поршнем связано со смежным цилиндром через теплообменный цилиндр, а пространство над поршнем связано, но с другим смежным цилиндром, чем обеспечивается двойное действие поршня при перекачивании рабочего тела из одного цилиндра в другой, также имеется система синхронизации работы поршней в цилиндрах, в пространстве между рабочими цилиндрами двигателя и теплообменными цилиндрами размещена камера сгорания и часть предварительного нагревателя, отличается тем, что, с целью повышения мощности и эффективности двигатель содержит восемь рабочих цилиндров с поршнями, оснащенными дополнительными теплоаккумулирующими насадками и теплообменными цилиндрами, при этом вместо коленчатого вала используется кольцевая шатина и кривошипно-шатунный механизм с вращающимися во взаимном зацеплении коническими шестернями с фазным сдвигом 45°, двигатель также содержит жидкостную систему охлаждения с магистралями, радиатором и принудительной циркуляцией при помощи насоса, в качестве охлаждающей жидкости в охладителях используется автомобильный антифриз, для повышения эффективности сгорания топлива используется турбина, также содержится система выработки и накопления электрической энергии, регенератор выполнен из тонкой стальной проволоки, двигатель выполнен с возможностью работы в режиме когенерации и с возможностью подключения к теплообменникам системы отопления, магистрали для перекачки рабочего тела оснащены клапанами для нагнетания давления более 20 МПа, а также двигатель содержит систему контроля давления в цилиндрах, а при утечке обеспечивается подкачка для восстановления давления и подача сигнала персоналу о необходимости ремонта уплотнений, в качестве рабочего тела используется гелий с содержанием 10% водяного пара, что позволяет создавать необходимое давление.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2