

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2434149

### СИСТЕМА И СПОСОБ РЕКУПЕРАЦИИ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ С РАСЩЕПЛЕННЫМ ЦИКЛОМ

Патентообладатель(ли): *ДЗЕ СКАДЕРИ ГРУП, ЭлЭлСи (US)*

Автор(ы): *ФОРНЕР Чарльз К. (US), СКАДЕРИ Сальваторе С. (US), СКАДЕРИ Стефен П. (US)*

Заявка № 2008142173

Приоритет изобретения 24 марта 2006 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 ноября 2011 г.

Срок действия патента истекает 15 марта 2027 г.

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам*

*Б.П. Симонов*



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2008142173/06, 15.03.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.03.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
24.03.2006 US 60/785,435

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2010 Бюл. № 12

(45) Опубликовано: 20.11.2011 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: US 5215044 A, 01.06.1993. US 4176630 A,  
04.12.1979. RU 2151891 C1, 04.12.1979. SU  
1320475 A, 30.06.1987.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 24.10.2008(86) Заявка РСТ:  
US 2007/006459 (15.03.2007)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2007/111839 (04.10.2007)

Адрес для переписки:

119034, Москва, Пречистенский пер., 14,  
стр.1, 4 этаж, "Гоулингз Интернэшнл Инк.",  
пат.пов. В.Н.Дементьеву, рег.№ 1

(72) Автор(ы):

ФОРНЕР Чарльз К. (US),  
СКАДЕРИ Сальваторе С. (US),  
СКАДЕРИ Стефен П. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ДЗЕ СКАДЕРИ ГРУП, ЭлЭлСи (US)

**(54) СИСТЕМА И СПОСОБ РЕКУПЕРАЦИИ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ С РАСЩЕПЛЕННЫМ ЦИКЛОМ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к двигателям с разделенным циклом. В изобретении предлагается система рекуперации отходящего тепла для двигателя с разделенным циклом. Воздушный компрессор связан с блоком теплообмена. Заборник окружающего воздуха, соединенный с воздушным компрессором, всасывает воздух в воздушный компрессор. Выпускной элемент сжатого воздуха на воздушном компрессоре, связанный с цилиндром сжатия двигателя, подает сжатый

воздух из воздушного компрессора в двигатель. Отходящее тепло двигателя подают в блок теплообмена, а энергию отходящего тепла используют для приведения в действие воздушного компрессора, который всасывает окружающий воздух через заборник, сжимает воздух и подает его в двигатель через выпуск сжатого воздуха. Изобретение обеспечивает повышение КПД двигателя, снижение потребления топлива и более полно утилизировать тепловую энергию, выделяемую двигателем. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 4 3 4 1 4 9 C 2

RU 2 4 3 4 1 4 9 C 2

Область применения изобретения

Настоящее изобретение в общем имеет отношение к двигателям с расщепленным циклом, а более конкретно к рекуперации сбросной теплоты в таких двигателях.

Предпосылки к созданию изобретения

5 Термин «двигатель с расщепленным циклом», используемый в описании настоящего изобретения, еще не имеет постоянного значения (смысла), обычно используемого специалистами в области конструирования двигателей. В связи с этим для большей ясности далее приводится определение термина «двигатель с  
10 расщепленным циклом», которое может быть применено как к известным ранее двигателям, так и к двигателям в соответствии с настоящим изобретением.

Двигатель с расщепленным циклом в соответствии с этим определением содержит коленчатый вал, выполненный с возможностью вращения относительно оси коленчатого вала;

15 силовой поршень, введенный в силовой цилиндр с возможностью скольжения и оперативно соединенный с коленчатым валом, так что силовой поршень совершает возвратно-поступательное движение в течение рабочего такта (или такта расширения) и такта выпуска, при одном обороте коленчатого вала;

20 поршень сжатия, введенный в цилиндр сжатия с возможностью скольжения и оперативно соединенный с коленчатым валом, так что поршень сжатия совершает возвратно-поступательное движение в течение такта впуска и такта сжатия, при одном обороте коленчатого вала; и

25 газовый канал, соединяющий силовой цилиндр и цилиндр сжатия, причем газовый канал содержит впускной клапан и выпускной (или переходный) клапан, образующие между собой напорную камеру.

В патентах США Nos. 6,543,225, 6,609,371 и 6,952,923 описаны примеры двигателей внутреннего сгорания с расщепленным циклом. В этих патентах содержится большой  
30 список патентов США и других патентов и публикаций, использованных в качестве аналогов при выдаче указанных патентов. Термин «двигатель с расщепленным циклом» использован для этих двигателей потому, что они фактически расщепляют четыре такта обычного цикла Отто давление/объем (то есть такт впуска, такт сжатия, рабочий такт и такт выпуска) между двумя назначенными цилиндрами, из которых  
35 один цилиндр предназначен для такта сжатия высокого давления, а другой цилиндр предназначен для рабочего такта высокого давления.

Обычно двигатели внутреннего сгорания выделяют неиспользованную энергию в виде тепла в окружающую среду. Однако некоторая часть этой тепловой энергии  
40 может быть рекуперирована и использована. За счет использования этой тепловой энергии можно утилизировать энергию, которая выделена двигателем, а также снизить потребление топлива, в результате чего повышается КПД двигателя.

Сущность изобретения

Примеры двигателей с расщепленным циклом описаны в патентах США Nos.  
45 6,543,225, 6,609,371 и 6,952,923 содержат блок цилиндров, имеющий первый цилиндр и смежный второй цилиндр, проходящие насквозь через блок цилиндров. Коленчатый вал установлен на цапфах в блоке цилиндров с возможностью вращения относительно оси коленчатого вала. Верхние концы цилиндров закрыты головкой цилиндров.

50 Первый и второй цилиндры имеют внутренние рабочие поверхности, в которые введены с возможностью возвратно-поступательного движения силовой поршень и поршень сжатия, соответственно. Головка цилиндров, силовой поршень и первый цилиндр образуют камеру сгорания переменного объема в силовом цилиндре. Головка

цилиндров, поршень сжатия и второй цилиндр образуют камеру сжатия в цилиндре сжатия. Головка цилиндров также имеет впуск воздуха, соединенный с цилиндром сжатия, для подачи поступившего газа из входного канала в цилиндр сжатия.

5 Газовый канал (или переходный канал) соединяет силовой цилиндр и цилиндр сжатия. Газовый канал имеет впуск и выпуск. Впуск газового канал соединен с цилиндром сжатия, а выпуск газового канал соединен с силовым цилиндром.

10 Коленчатый вал содержит смещенные по оси и смещенные по углу первое и второе колена, имеющие фазовый угол между ними. Первое колено шарнирно соединено при помощи первого шатуна с первым силовым поршнем, а второе колено шарнирно соединено при помощи второго шатуна со вторым поршнем сжатия, так чтобы поршни совершали возвратно-поступательное движение в их цилиндрах, во временной связи, определяемой угловым смещением их колен и геометрическими соотношениями цилиндров, коленчатого вала и поршней.

15 По желанию могут быть использованы альтернативные механизмы, обеспечивающие связь движений и синхронизацию поршней. Синхронизация может быть аналогична описанной в указанных патентах или, по желанию, может быть другой.

20 Режим двигателя внутреннего сгорания (ICE режим) обычно является нормальным рабочим режимом двигателя с расщепленным циклом. Такт впуска, такт сжатия, рабочий такт и такт выпуска цикла обычного поршневого двигателя разделяют (расщепляют) между цилиндром сжатия и силовым цилиндром двигателя с расщепленным циклом. В ICE режиме поршень сжатия всасывает и сжимает  
25 поступающий окружающий воздух для использования в силовом цилиндре. Сжатый воздух поступает в силовой цилиндр вместе с топливом вскоре после того, как силовой поршень доходит до положения своей верхней мертвой точки (ВМТ) в начале рабочего такта. Смесь топлива с воздухом затем воспламеняется, сгорает и расширяется в этом же рабочем такте силового поршня, передавая мощность на  
30 коленчатый вал. Продукты горения выпускают в такте выпуска.

35 Система рекуперации сбросной теплоты для двигателя с расщепленным циклом, имеющим цилиндр сжатия, силовой цилиндр и газовый канал, соединяющий цилиндр сжатия и силовой цилиндр, в соответствии с настоящим изобретением содержит блок теплообмена и воздушный компрессор, имеющий флюидную связь с блоком теплообмена. Система также содержит впуск сбросной теплоты, имеющий флюидную связь с блоком теплообмена, который получает и вводит сбросную теплоту от  
40 двигателя в блок теплообмена. Заборник окружающего воздуха соединен с воздушным компрессором, чтобы всасывать воздух в воздушный компрессор. Элемент выпуска сжатого воздуха на воздушном компрессоре, имеющий флюидную связь с цилиндром сжатия двигателя с расщепленным циклом, позволяет подавать сжатый воздух из воздушного компрессора в двигатель. Сбросная теплота двигателя  
45 поступает в блок теплообмена, а энергия, полученная за счет сбросной теплоты, используется для привода воздушного компрессора, что позволяет воздушному компрессору всасывать окружающий воздух через заборник окружающего воздуха, сжимать окружающий воздух и подавать сжатый воздух в двигатель через выпуск сжатого воздуха.

50 В специфическом варианте, подсистема хладагента двигателя может иметь связь с блоком теплообмена, при этом хладагент (охлаждающее средство) двигателя циркулирует от двигателя через блок теплообмена. Кроме того, подсистема выхлопных газов двигателя может иметь связь с блоком теплообмена, чтобы

пропускать выхлопные газы двигателя через блок теплообмена. Система также может иметь линию циркуляции, предназначенную для циркуляции теплообменной среды между блоком теплообмена и воздушным компрессором. Теплообменная среда может быть выбрана из группы, в которую входят хладагент и вода. Конденсатор может быть оперативно соединен с линией циркуляции. Насос может быть оперативно соединен с линией циркуляции, для нагнетания теплообменной среды через линию циркуляции.

Двигатель с расщепленным циклом также может иметь бак-накопитель воздуха, причем сжатый воздух может храниться в баке-накопителе воздуха. Первый клапан может регулировать поток, поступающий в бак-накопитель, второй клапан может регулировать поток, выходящий из бака-накопителя, а третий клапан может регулировать поток, проходящий через газовый канал, что позволяет сжатому воздуху одновременно заряжать бак-накопитель и приводить в действие силовой цилиндр (приводить в движение силовой поршень. - Прим. переводчика), когда открыты первый и второй клапаны, регулирующие поток, поступающий в бак-накопитель, и поток, выходящий из бака-накопителя, соответственно, а третий клапан, регулирующий поток, проходящий через газовый канал, закрыт.

В соответствии с отдельным вариантом система рекуперации сбросной теплоты для двигателя с расщепленным циклом, имеющего цилиндр сжатия и силовой цилиндр, содержит блок теплообмена для переноса тепловой энергии от сбросной теплоты двигателя в теплообменную среду. Блок теплообмена имеет сторону сбросной теплоты и сторону теплообменной среды. Сторона сбросной теплоты блока теплообмена содержит впуск сбросной теплоты, на который поступает сбросная теплота от двигателя, и выпуск полученной сбросной теплоты в блок теплообмена. Сторона теплообменной среды блока теплообмена содержит впуск для приема теплообменной среды. Выпуск сбросной теплоты соединен со стороной сбросной теплоты блока теплообмена, а выпуск теплообменной среды соединен со стороной теплообменной среды блока теплообмена. Система также содержит воздушный компрессор, имеющий впуск теплообменной среды, связанный с выпуском теплообменной среды блока теплообмена, причем выпуск теплообменной среды оперативно соединен в виде петли с впуском теплообменной среды блока теплообмена, заборник окружающего воздуха, предназначенный для всасывания окружающего воздуха в воздушный компрессор, и выпуск сжатого воздуха, соединенный с воздухозаборником цилиндра сжатия двигателя с расщепленным циклом, для подачи сжатого воздуха в двигатель. Энергия, экстрагированная из (отобранная от) теплообменной среды, приводит в действие воздушный компрессор, чтобы всасывать окружающий воздух через заборник окружающего воздуха и подавать сжатый воздух в двигатель.

Способ рекуперирования сбросной теплоты от двигателя с расщепленным циклом, имеющего цилиндр сжатия и силовой цилиндр, включает в себя следующие операции: использование системы сжатия воздуха, которая содержит воздушный компрессор; подача сбросной теплоты от двигателя в систему сжатия воздуха; использование энергии от сбросной теплоты для приведения в действие воздушного компрессора, чтобы получать сжатый воздух; и подача полученного с использованием сбросной теплоты сжатого воздуха от воздушного компрессора в цилиндр сжатия двигателя с расщепленным циклом.

В соответствии со специфически вариантом способа за счет блока теплообмена можно использовать сбросную теплоту для изменения состояния теплообменной

среды из жидкой фазы в газовую фазу. Операция подачи сбросной теплоты от двигателя в систему сжатия воздуха может предусматривать циркуляцию хладагента двигателя через двигатель и блок теплообмена. Кроме того, операция подачи сбросной теплоты от двигателя в систему сжатия воздуха может предусматривать пропускание выхлопных газов от двигателя через блок теплообмена. После пропускания выхлопных газов через блок теплообмена выхлопные газы могут быть выпущены в атмосферу через систему выпуска двигателя.

Способ может дополнительно включать в себя операцию циркулирования теплообменной среды через блок теплообмена и воздушный компрессор. Операция циркулирования теплообменной среды может предусматривать нагнетание (насосом) теплообменной среды. Конденсатор может быть предусмотрен ниже по течению от воздушного компрессора, чтобы изменять состояние теплообменной среды из газовой фазы в жидкую фазу. Избыточное тепло из конденсатора может быть удалено в атмосферу. Воздушный компрессор может всасывать окружающий воздух через заборник окружающего воздуха. Полученный с использованием сбросной теплоты сжатый воздух может быть подан в двигатель через выпуск сжатого воздуха, оперативно соединенный с воздухозаборником двигателя. Полученный с использованием сбросной теплоты сжатый воздух также может храниться в баке-накопителе воздуха двигателя с расщепленным циклом. Кроме того, бак-накопитель воздуха двигателя с расщепленным циклом может быть заряжен полученным с использованием сбросной теплоты сжатым воздухом, поступающим из цилиндра сжатия, в то время как силовой цилиндр (силовой поршень. - Прим. переводчика) одновременно приводится в движение полученным с использованием сбросной теплоты сжатым воздухом, поступающим из бака-накопителя воздуха.

Указанные ранее и другие характеристики и преимущества изобретения будут более ясны из последующего детального описания, приведенного со ссылкой на сопроводительные чертежи.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 показана блок-схема системы рекуперация сбросной теплоты для двигателя с расщепленным циклом.

На фиг.2 показана блок-схема системы рекуперация сбросной теплоты, аналогичной показанной на фиг.1, где можно видеть детали подсистемы сжатия воздуха и подсистемы сбросной теплоты двигателя.

На фиг.3 показана блок-схема двигателя с расщепленным циклом, использующего систему рекуперация сбросной теплоты.

На фиг.4 показана альтернативная блок-схема (другого) двигателя с расщепленным циклом, использующего систему рекуперация сбросной теплоты.

Подробное описание изобретения

Обратимся теперь к подробному рассмотрению чертежей, на которых позицией 10 обозначен в целом двигатель с расщепленным циклом, такой как двигатель Скудери с расщепленным циклом. Как это показано на фиг.3, двигатель 10 с расщепленным циклом содержит блок цилиндров двигателя, имеющий по меньшей мере один цилиндр 12 сжатия и спаренный смежный силовой цилиндр 14. Двигатель 10 может иметь любое число пар цилиндров сжатия и силовых цилиндров. Газовый канал 16 (известный также как переходный канал) соединяет цилиндр 12 сжатия и силовой цилиндр 14 каждой пары. Газовый канал имеет впуск и выпуск, образующие между собой камеру давления. Впуск газового канала соединен с цилиндром 12 сжатия, а выпуск газового канала соединен с силовым цилиндром 14.

Поршень 13 сжатия введен в цилиндр 12 сжатия. Аналогично силовой поршень 15 введен в силовой цилиндр 14. Коленчатый вал, выполненный с возможностью вращения относительно оси коленчатого вала, оперативно соединен с поршнем 13 сжатия и с силовым поршнем 15. Поршень 13 сжатия совершает возвратно-  
5 поступательное движение во время такта впуска и такта сжатия во время единственного оборота коленчатого вала, а силовой поршень 15 совершает возвратно-поступательное движение во время рабочего такта (или такта расширения) и такта выпуска во время единственного оборота коленчатого вала.

10 Цилиндр 12 сжатия содержит воздухозаборник 17 для подачи всасываемого газа, такого как окружающий воздух, через входной канал 23 в цилиндр сжатия 12. Силовой цилиндр 14 имеет выхлопное отверстие 19 для выпуска выхлопных газов 20 из силового цилиндра 14 в выхлопной канал 25.

15 Режим двигателя внутреннего сгорания (ICE режим) обычно является нормальным рабочим режимом двигателя 10 с расщепленным циклом. Такт впуска, такт сжатия, рабочий такт и такт выпуска цикла обычного поршневого двигателя разделяют (расщепляют) между цилиндром 12 сжатия и силовым цилиндром 14 двигателя 10 с расщепленным циклом. В ICE режиме поршень 13 сжатия всасывает и сжимает  
20 поступающий окружающий воздух из входного канала 23 для использования в силовом цилиндре 14. Сжатый воздух через газовый канал 16 и топливо, подводимое по топливной магистрали 22 из топливного резервуара 27, поступают в силовой цилиндр 14 вскоре после того, как силовой поршень 15 доходит до положения своей  
25 верхней мертвой точки (ВМТ) в начале рабочего такта. Альтернативно топливо может быть непосредственно впрыснуто в силовой цилиндр 14 по топливной магистрали 22. Смесь топлива с воздухом затем воспламеняется, сгорает и расширяется в этом же самом рабочем такте силового поршня 15, передавая  
30 мощность на коленчатый вал. Продукты горения выпускают в такте выпуска через выхлопной канал 25.

При необходимости двигатель 10 может иметь бак-накопитель 24 воздуха, и в этом случае его обычно называют воздушным гибридным двигателем 26 с расщепленным циклом. Воздушный гибридный двигатель 26 с расщепленным циклом содержит все  
35 компоненты двигателя 10 с расщепленным циклом. Воздушный гибридный двигатель 26 с расщепленным циклом позволяет хранить сжатый воздух в баке-накопителе воздуха 24 для дальнейшего использования. Сжатый воздух, который хранится в баке-накопителе воздуха 24, может быть использован как заряд  
40 всасываемого воздуха, который перемешивают с топливом, для сгорания внутри силового цилиндра 12.

Альтернативно сжатый воздух из бака-накопителя 24 воздуха может поступать в силовой цилиндр 14 без перемешивания с топливом, так что никакого сгорания не происходит в силовом цилиндре. В этом режиме работы сжатый воздух, который  
45 хранится в баке-накопителе 24 воздуха, может быть использован для приведения в движение силового поршня 15 в силовом цилиндре 14. Этот режим работы может быть назван как режим прокрутки воздухом.

В соответствии с настоящим изобретением предлагается система 30 рекуперации сбросной теплоты для двигателя 10 с расщепленным циклом. Система 30 рекуперации  
50 сбросной теплоты, показанная на фиг.1, позволяет использовать сбросную теплоту, выделяемую двигателем 10 с расщепленным циклом и накопленную при помощи одного или нескольких впусков 34 сбросной теплоты, имеющих флюидную связь с блоком 46 теплообмена. На впуск 34 сбросной теплоты типично поступает сбросная

теплота двигателя от такого флюида, как выхлопные газы (выхлопной газ) или хладагент двигателя. Энергию, выделенную из сбросной теплоты, используют для приведения в действие системы 32 сжатия воздуха. Система 32 сжатия содержит воздушный компрессор 48, такой как насос, турбина или другое компрессорное устройство, чтобы сжимать окружающий воздух, который всасывают через заборник 18 окружающего воздуха. Сжатый воздух подают через выпуск 36 сжатого воздуха воздушного компрессора 48 в цилиндр (цилиндры) 12 сжатия двигателя 10 с расщепленным циклом. Сжатый воздух может быть дополнительно сжат в цилиндре 12 сжатия, для незамедлительного использования при снабжении двигателя 10 с расщепленным циклом, когда двигатель работает в своем ICE режиме. Альтернативно сжатый воздух может храниться в баке-накопителе 24 воздуха для дальнейшего использования в процессе сгорания, который приводит в действие двигатель 10. Накопленный сжатый воздух также может быть использован для приведения в действие двигателя 10 без необходимости его (воздуха) сгорания в силовом цилиндре 14 (например, в режиме прокрутки воздухом). Таким образом, предлагаемая система 30 рекуперация сбросной теплоты использует теплоту двигателя, которая в противном случае теряется, что улучшает термический КПД двигателя 10 за счет снижения потребления топлива.

Обратимся теперь к рассмотрению фиг.1-3, на которых показана система 30 рекуперации сбросной теплоты, которая обычно содержит систему 32 сжатия воздуха. Система 30 рекуперация сбросной теплоты, которая имеет один или несколько впусков 34 сбросной теплоты, имеющих связь с блоком 46 теплообмена, таким как теплообменник, получает сбросную теплоту двигателя от флюида, которым типично является хладагент двигателя, выхлопные газы и т.п., и использует энергию сбросной теплоты для приведения в действие системы 32 сжатия воздуха, которая сжимает окружающий воздух. На выходах системы 32 сжатия воздуха получают сжатый воздух и теплоту. Сжатый воздух может быть введен в цилиндр 12 сжатия двигателя 10 с расщепленным циклом, для использования в двигателе, или может храниться в баке-накопителе 24 для дальнейшего использования, как это описано далее более подробно.

Сбросная теплота, выделяемая двигателем 10, включает в себя как теплоту хладагента двигателя, так и теплоту выхлопных газов двигателя. В подсистеме 40 хладагента двигателя хладагент двигателя отбирает теплоту от блока цилиндров двигателя, чтобы охладить блок цилиндров двигателя, что уже известно. Хладагент двигателя в подсистеме 40 хладагента двигателя сообщается с системой 32 сжатия воздуха и возвращается в двигатель 10 через выход 41 подсистемы хладагента двигателя. В частности, горячий хладагент двигателя циркулирует через систему 32 сжатия воздуха, чтобы переносить тепловую энергию от горячего хладагента двигателя в теплообменную среду, которая, в свою очередь, протекает в петле циркуляции по линии 44 циркуляции внутри системы 32 сжатия воздуха и охлаждает хладагент двигателя. Аналогично подсистема 20 выхлопных газов получает выхлопные газы, выделяемые в процессе сгорания в двигателе 10. Подсистема 20 выхлопных газов подает выхлопные газы в систему 32 сжатия воздуха. Более конкретно горячие выхлопные газы в подсистеме 20 выхлопных газов проходят через систему 32 сжатия воздуха, чтобы переносить тепловую энергию в теплообменную среду и чтобы рекуперировать тепловую энергию выхлопных газов ранее выпуска выхлопных газов в атмосферу через выпуск 42 выхлопных газов.

Подсистема 40 хладагента двигателя и подсистема 20 выхлопных газов имеют флюидную связь со впуском 34 сбросной теплоты блока 46 теплообмена. Теплота от



хладагента двигателя и от выхлопных газов двигателя передается в теплообменную среду при помощи блока 46 теплообмена. Блок 46 теплообмена включен в систему 32 сжатия воздуха. Блок 46 теплообмена имеет сторону сбросной теплоты и сторону теплообменной среды. На выпуск 34 сбросной теплоты поступают флюиды (например, хладагент, выхлопные газы) от двигателя на стороне сбросной теплоты блока 46 теплообмена. Выпуски 47 сбросной теплоты соединены со стороной сбросной теплоты блока 46 теплообмена для выведения флюидов со стороны сбросной теплоты блока теплообмена. Сторона теплообменной среды блока 46 теплообмена имеет выпуск 49 теплообменной среды для приема теплообменной среды в блок теплообмена. Выпуск 51 теплообменной среды соединен со стороной теплообменной среды для выведения теплообменной среды из блока 46 теплообмена.

Блоком 46 теплообмена может быть испаритель, кипятильник или другое подходящее теплообменное устройство. Теплообменной средой может быть хладагент, вода или другая аналогичная теплообменная среда, подходящая для использования в предлагаемой системе 32 сжатия воздуха. Теплообменная среда нагревается в блоке 46 теплообмена и переходит из жидкой фазы в газовую фазу.

При прохождении через блок 46 теплообмена теплообменная среда поглощает сбросную теплоту двигателя, испаряется и преобразуется в газовую фазу. Расширяясь, затем газообразная теплообменная среда поступает из блока 46 теплообмена через выпуск 51 на выпуск 53 теплообменной среды воздушного компрессора 48. Газообразная теплообменная среда приводит в действие воздушный компрессор 48, который всасывает окружающий воздух через заборник 18 и выпускает сжатый воздух через выпуск 36.

Теплообменная среда выходит из воздушного компрессора 48 через выпуск 55 теплообменной среды и поступает в конденсатор 50, который конденсирует ее назад в жидкую фазу. В конденсаторе 50 происходит отбор любой теплоты, оставшейся в теплообменной среде 44, после чего ее выпускают в атмосферу через выпуск 38, такой как вентиляционный канал и т.п. Теплообменную среду затем нагнетают назад в блок 46 теплообмена при помощи насоса 52, что завершает петлю протекания флюида и позволяет вновь начать цикл.

Система 32 сжатия воздуха связана с заданным цилиндром (цилиндрами) 12 сжатия двигателя 10 с расщепленным циклом. Сжатый воздух из системы 32 сжатия воздуха поступает в цилиндр 12 сжатия через входной канал 23 цилиндра сжатия. Окружающий воздух также может быть подан в цилиндр 12 сжатия через воздухозаборник 17, для сжатия в цилиндре сжатия. Сжатый воздух затем может поступать в силовой цилиндр 14 через газовый канал 16. Альтернативно сжатый воздух может храниться в баке-накопителе 24 воздуха для дальнейшего использования в двигателе 10. Сжатый воздух может поступать в бак-накопитель 24 воздуха через канал 54, который является ответвлением газового канала 16.

Топливо может быть непосредственно впрыснуто в силовой цилиндр 14 для перемешивания со сжатым воздухом 36, чтобы образовать горючую смесь, которая воспламеняется в силовом цилиндре для выработки мощности. Альтернативно топливо может быть введено в газовый канал 16 ниже по течению от ответвления 54, для перемешивания со сжатым воздухом ранее поступления в силовой цилиндр 14.

Сгорание в силовом цилиндре 14 приводит к выделению горячих выхлопных газов, которые поступают в систему 32 сжатия воздуха через подсистему 20 выхлопных газов, как уже было описано здесь выше. Кроме того, сгорание в двигателе 10 нагревает блок цилиндров двигателя. Хладагент двигателя в подсистеме хладагента 40

двигателя периодически пропускают при помощи насоса 56 через блок цилиндров двигателя, в систему 32 сжатия воздуха и из нее, чтобы охлаждать блок цилиндров двигателя, как уже было описано здесь выше.

5 При работе в режиме прокрутки воздухом двигатель 10 с расщепленным циклом может использовать сжатый воздух, вырабатываемый системой 32 сжатия воздуха и хранящийся в баке-накопителе 24 воздуха, чтобы приводить в движение силовой поршень 15 в силовом цилиндре 14. После расширения сжатого воздуха в силовом  
10 цилиндре 14 воздух может быть выпущен через выхлопной канал 25. В этом режиме цилиндр 12 сжатия является холостым и в силовом цилиндре 14 сгорание не происходит.

Обратимся теперь к рассмотрению фиг.4, на которой показан альтернативный вариант воздушного гибридного двигателя 126 с расщепленным циклом, в котором сжатый окружающий воздух из цилиндра 112 сжатия поступает в бак-накопитель 124  
15 через впускной канал 158, который соединен с каналом 154. Хранящийся воздух выходит из бака-накопителя 124 воздуха через выпускной канал 160, который соединен с каналом 162. Клапаны 164 и 166 регулируют поток воздуха, поступающий в бак-накопитель 124 и выходящий из него, в то время как клапан 168 регулирует  
20 поток воздуха через газовый канал 116. Когда регулирующие клапаны 164 и 166 открыты, а клапан 168 закрыт, полученный с использованием сбросной теплоты сжатый воздух может одновременно заряжать бак-накопитель 124 через впускной канал 158 и приводить в действие силовой цилиндр 114 через выпускной канал 160. Более того, в этой конфигурации клапаны 164, 166, и 168 могут быть использованы  
25 для регулирования дополнительного потока между баком-накопителем 124 воздуха и цилиндром 112 сжатия или силовым цилиндром 114. В других остающихся аспектах воздушный гибридный двигатель 126 с расщепленным циклом имеет такие же признаки, что и воздушный гибридный двигатель 26 с расщепленным циклом, имеющие одинаковые позиционные обозначения (с добавлением цифры 1).  
30

Несмотря на то, что были описаны предпочтительные варианты осуществления изобретения, совершенно ясно, что в них специалистами в данной области могут быть внесены изменения и дополнения, которые не выходят за рамки формулы изобретения.

35

#### Формула изобретения

1. Система рекуперации отходящего тепла для двигателя с разделенным циклом, который содержит блок цилиндров, включающий цилиндр сжатия, куда поступает воздух, и силовой цилиндр для приема воздуха и топлива, газодов, соединяющий  
40 цилиндр сжатия и силовой цилиндр, а также подсистему охлаждения двигателя, состоящую из насоса для перекачивания охлаждающей двигатель жидкости через блок цилиндров с целью отвода из двигателя отходящего тепла; при этом система рекуперации отходящего тепла содержит:

45 теплообменный агрегат, имеющий ввод отходящего тепла для приема охлаждающей двигатель жидкости, подаваемой насосом из двигателя, вывод отходящего тепла для возврата охлаждающей двигатель жидкости в двигатель, ввод теплообменной среды и вывод теплообменной среды;

контур циркуляции теплообменной среды, соединенной с вводом теплообменной среды и выводом теплообменной среды теплообменного агрегата;

50 теплообменную среду, циркулирующую в контуре циркуляции теплообменной среды, где теплообменная среда поступает в теплообменный агрегат через ввод теплообменной среды в виде жидкой фазы, поглощает отходящее тепло двигателя из

охлаждающей двигатель жидкости при прохождении через теплообменный агрегат и покидает теплообменный агрегат в виде газообразной фазы через вывод теплообменной среды;

5 воздушный компрессор, ввод теплообменной среды которого соединен с выводом теплообменной среды теплообменного агрегата, а вывод теплообменной среды которого соединен с контуром циркуляции теплообменной среды, воздухозаборник для забора наружного воздуха и выпуск сжатого воздуха, соединенный напрямую с цилиндром сжатия в двигателе;

10 система, в которой газообразная теплообменная среда поступает на ввод теплообменной среды воздушного компрессора и покидает воздушный компрессор через вывод теплообменной среды для приведения в действие воздушного компрессора при помощи энергии отходящего тепла двигателя, поступающего от охлаждающей двигатель жидкости;

15 система, в которой воздушный компрессор забирает воздух через воздухозаборник, передает энергию отходящего тепла двигателя от газообразной теплообменной среды наружному воздуху для генерирования за счет отходящего тепла сжатого воздуха и для подачи генерированного за счет отходящего тепла сжатого воздуха напрямую в 20 цилиндр сжатия двигателя через впуск сжатого воздуха для рекуперации энергии отходящего тепла двигателя, поступающего от охлаждающей двигатель жидкости.

2. Система рекуперации отходящего тепла по п.1, в которой двигатель с разделенным циклом имеет подсистему отвода отработавших газов, которая удаляет отработавшие газы из двигателя через выпускное окно силового цилиндра, а ввод отходящего тепла теплообменного агрегата служит для приема отработавших газов от подсистемы отвода отработавших газов, а вывод отходящего тепла теплообменного агрегата служит для выпуска отработавших газов в атмосферу через выпускной патрубков, где теплообменная среда поглощает тепло двигателя из отработавших газов двигателя при их прохождении через теплообменный агрегат.

3. Система рекуперации отходящего тепла по п.1, в которой теплообменной средой является либо охладитель, либо вода.

4. Система рекуперации отходящего тепла по п.1, содержащая конденсатор, функционально связанный с контуром циркуляции теплообменной среды.

35 5. Система рекуперации отходящего тепла по п.1, в состав которой входит насос, функционально связанный с контуром циркуляции теплообменной среды для перекачки теплообменной среды по контуру циркуляции теплообменной среды.

40 6. Система рекуперации отходящего тепла по п.1, в которой двигатель с разделенным циклом имеет воздушный резервуар, соединенный с газовой, а генерированный за счет отходящего тепла сжатый воздух хранится в этом резервуаре.

45 7. Система рекуперации отходящего тепла по п.6, в состав которой входит первый клапан для регулирования потока воздуха, поступающего в воздушный резервуар, второй клапан для регулирования потока воздуха на выпуске из воздушного резервуара и третий клапан для регулирования потока воздуха, проходящего по газовой, при этом генерированный за счет отходящего тепла сжатый воздух заполняет воздушный резервуар и приводит в действие силовой цилиндр, когда открыты первый и второй клапаны, регулирующие поток воздуха на впуске и выпуске 50 воздушного резервуара, а третий клапан, регулирующий поток воздуха, проходящего по газовой, закрыт.

8. Способ рекуперации отходящего тепла в двигателе с разделенным циклом, содержащий:

использование двигателя с разделенным циклом, имеющего цилиндр сжатия и силовой цилиндр, газовод, соединяющий цилиндр сжатия, в который поступает воздух, с силовым цилиндром, в который подается топливо и воздух, коленчатый вал, вращающийся относительно своей оси, поршень сжатия, перемещающийся со  
 5 скольжением внутри цилиндра сжатия и функционально связанный с коленчатым валом так, что поршень сжатия перемещается возвратно-поступательно во время хода впуска и хода сжатия при одном обороте коленчатого вала; силовой поршень, перемещающийся со скольжением внутри силового цилиндра и функционально  
 10 связанный с коленчатым валом так, что силовой поршень перемещается возвратно-поступательно во время рабочего хода и хода выпуска при одновременном вращении коленчатого вала; а также подсистему охлаждения двигателя, включающую в себя насос для перекачивания жидкого охладителя двигателя через блок цилиндров для отвода отходящего из двигателя тепла;

15 прием охлаждающей двигатель жидкости, перекачиваемой из двигателя к вводу отходящего тепла теплообменного агрегата, и возврат охлаждающей двигатель жидкости в двигатель через вывод отходящего тепла теплообменного агрегата;

прокачивание теплообменной среды по контуру циркуляции теплообменной среды,  
 20 соединенному с вводом теплообменной среды и с выводом теплообменной среды теплообменного агрегата, где теплообменная среда поступает в теплообменный агрегат через ввод теплообменной среды в виде жидкой фазы, поглощает отходящее тепло двигателя из охлаждающей двигатель жидкости при ее прохождении через теплообменный агрегат и покидает теплообменный агрегат в виде газообразной фазы  
 25 через вывод теплообменной среды;

подачу теплообменной среды в воздушный компрессор, имеющий ввод теплообменной среды, соединенный с выводом теплообменной среды теплообменного агрегата, вывод теплообменной среды, соединенной с контуром циркуляции  
 30 теплообменной среды, воздухозаборник для забора наружного воздуха, а выпуск сжатого воздуха, соединенный с цилиндром сжатия в двигателе, где газообразная теплообменная среда поступает на ввод теплообменной среды воздушного компрессора и покидает воздушный компрессор через вывод теплообменной среды;

использование энергии отходящего тепла двигателя, извлекаемой из охладителя  
 35 двигателя, для приведения в действие воздушного компрессора путем забора наружного воздуха в воздушный компрессор через воздухозаборник, передачу энергии отходящего тепла двигателя от газообразной теплообменной среды наружному воздуху для получения генерированного за счет отходящего тепла  
 40 сжатого воздуха; и

подачу генерированного за счет отходящего тепла сжатого воздуха напрямую в цилиндр сжатия в двигателе с разделенным циклом через выпуск сжатого воздуха для рекуперации энергии отходящего тепла из охлаждающей двигатель жидкости.

9. Способ по п.8, включающий в себя передачу отработавших газов из двигателя на  
 45 ввод отходящего тепла теплообменного агрегата и пропускание отработавших газов через теплообменный агрегат для переноса энергии отходящего тепла отработавших газов к теплообменной среде.

10. Способ по п.9, включающий в себя выпуск в атмосферу отработавших газов после пропускания отработавших газов через теплообменный агрегат.

50 11. Способ по п.8, в котором прокачивание теплообменной среды включает в себя перекачивание теплообменной среды.

12. Способ по п.8, включающий в себя использование конденсатора, соединенного с

контуром циркуляции теплообменной среды, установленным ниже по потоку относительно воздушного компрессора, для преобразования теплообменной среды из газообразной фазы в жидкую фазу.

5 13. Способ по п.12, включающий в себя выпуск из конденсатора в атмосферу избыточного тепла.

14. Способ по п.8, включающий в себя хранение в воздушном резервуаре генерированного за счет отходящего тепла сжатого воздуха, который подается в цилиндр сжатия в двигателе с разделенным циклом, при этом указанный воздушный  
10 резервуар соединен с газоводом; и

приведение в действие силового поршня при помощи генерированного за счет отходящего тепла сжатого воздуха, подаваемого из воздушного резервуара.

15

20

25

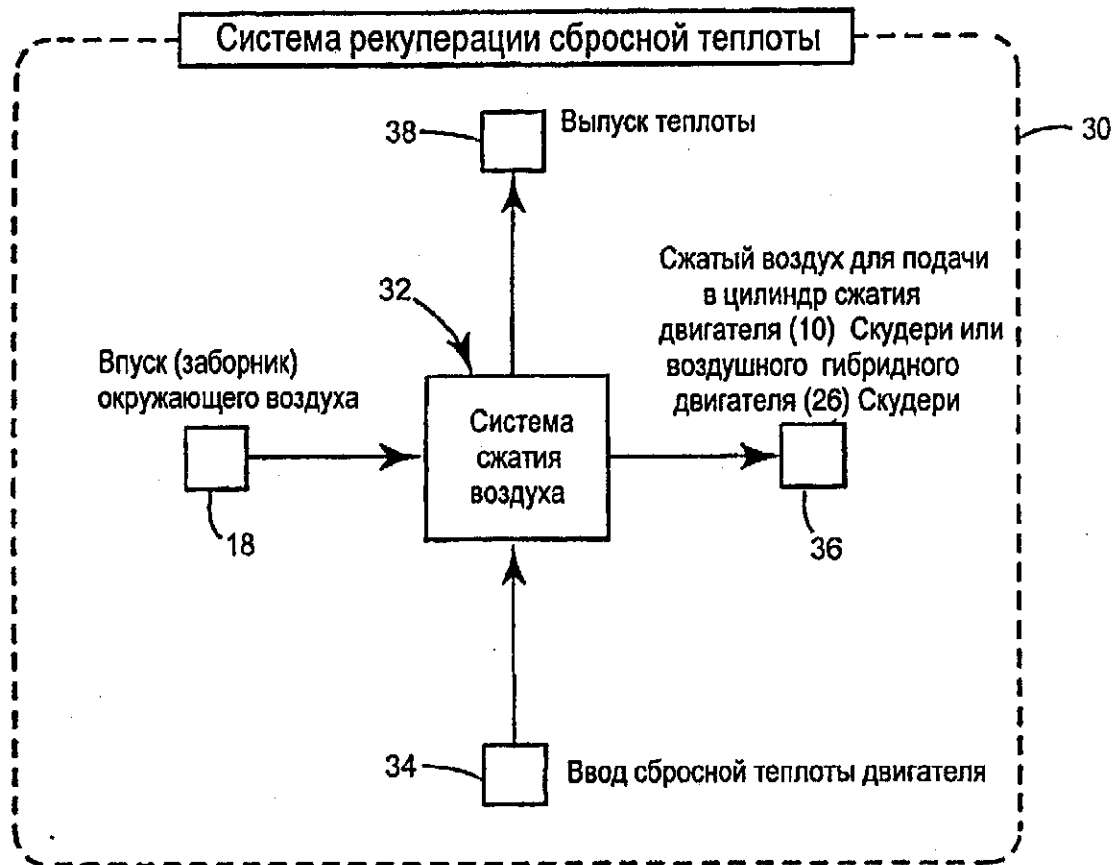
30

35

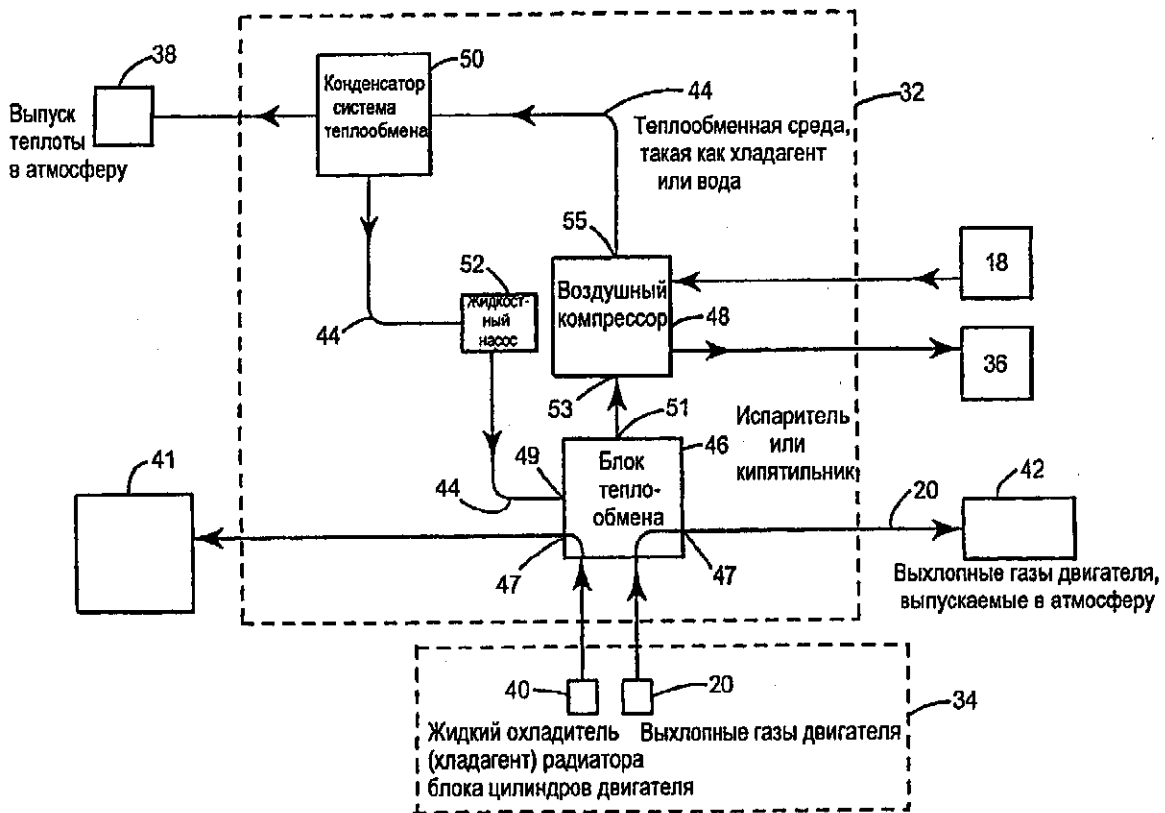
40

45

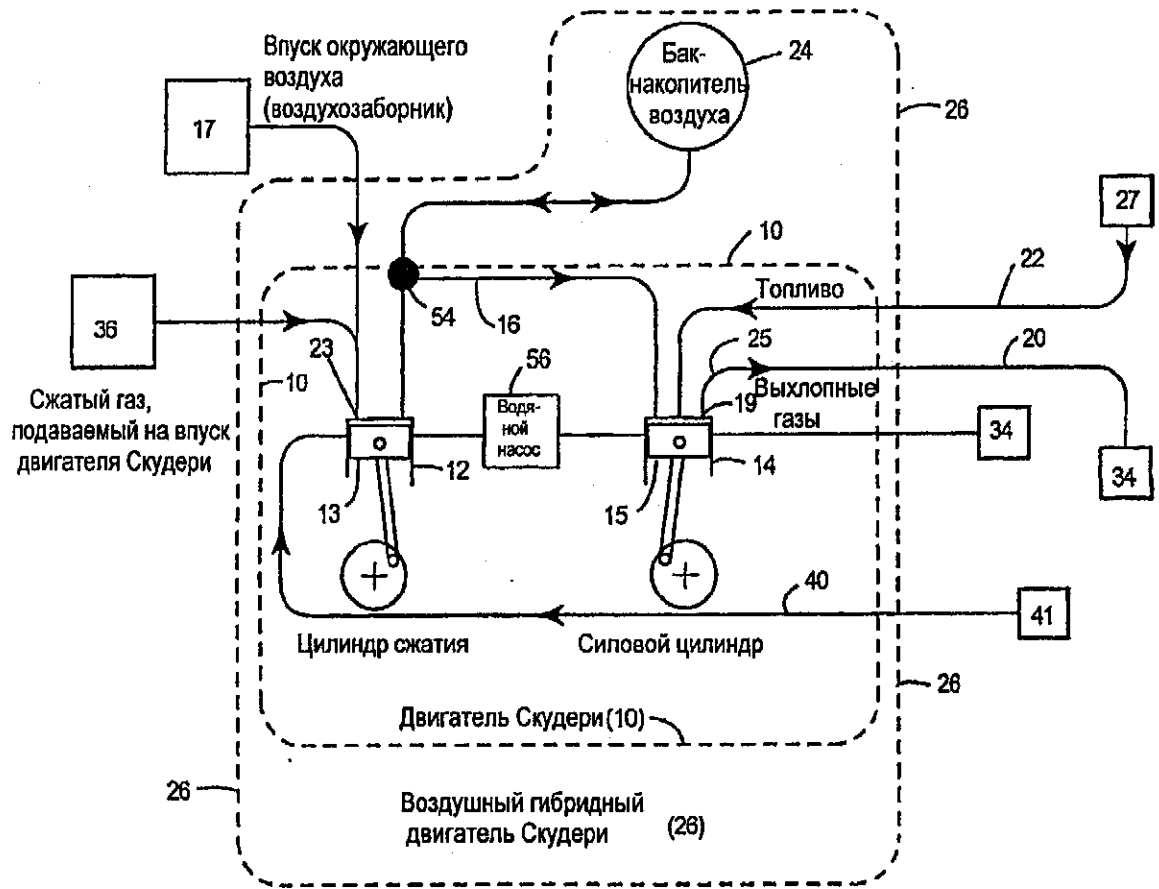
50



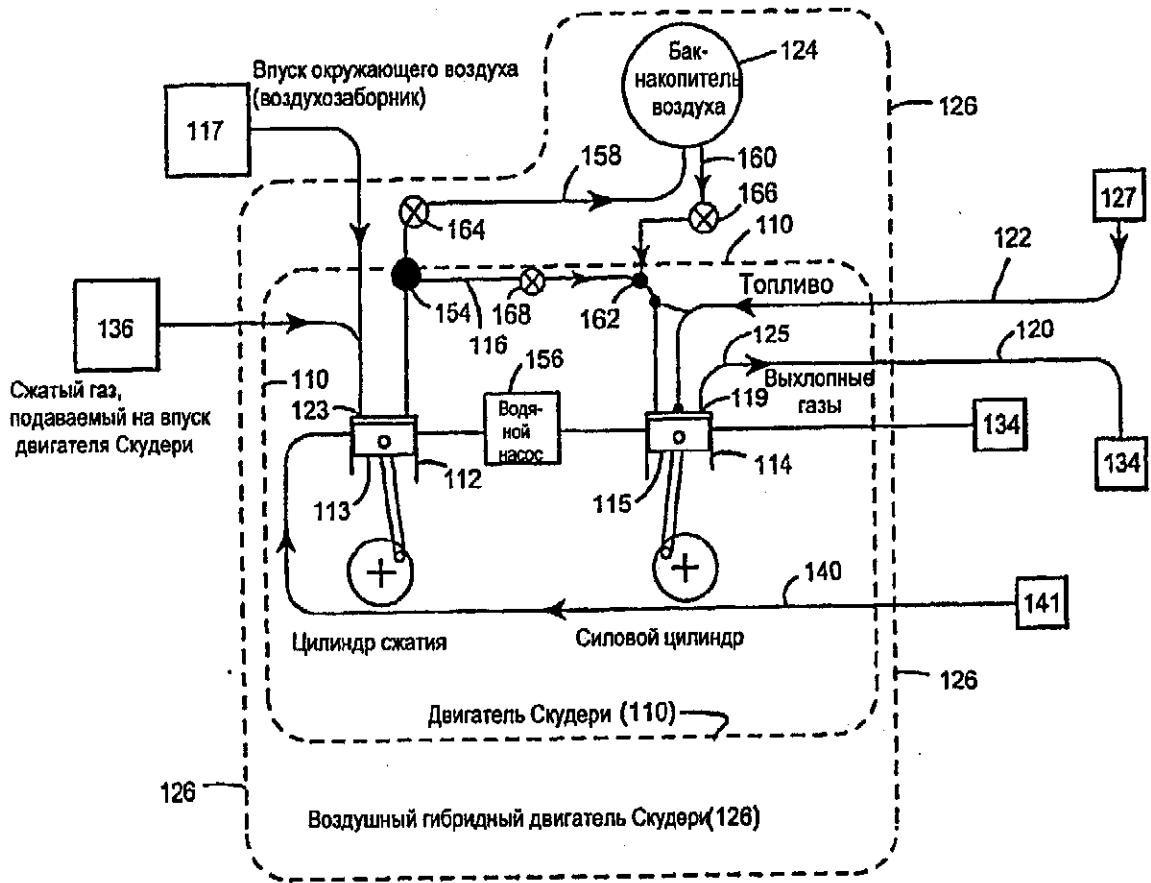
ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4