

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2430246

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

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

Автор(ы): *ШИРО Жан-тьер (GB), ГИЛБЕРТ Ян П. (GB)*

Заявка № 2010101849

Приоритет изобретения 07 августа 2007 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 сентября 2011 г.

Срок действия патента истекает 11 июня 2028 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов



(51) МПК
F02B 33/02 (2006.01)
H01T 13/08 (2006.01)
F02B 41/00 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010101849/06, 11.06.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 11.06.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
 07.08.2007 US 60/963,742

(45) Опубликовано: 27.09.2011 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: RU 2066384 C1, 10.09.1996. SU 1643754 A1,
 23.04.1991. US 6494178 B1, 17.12.2002. US
 4186561 A, 05.02.1980.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
 национальной фазе: 09.03.2010

(86) Заявка РСТ:
 US 2008/007312 (11.06.2008)

(87) Публикация заявки РСТ:
 WO 2009/020488 (12.02.2009)

Адрес для переписки:

119019, Москва, Гоголевский бульвар, 11,
 "Гоулингз Интернэшнл Инк."

(72) Автор(ы):

**ПИРО Жан-пьер (GB),
 ГИЛБЕРТ Ян П. (GB)**

(73) Патентообладатель(и):

СКАДЕРИ ГРУП, ЭлЭлСи (US)

RU 2 430 246 C1

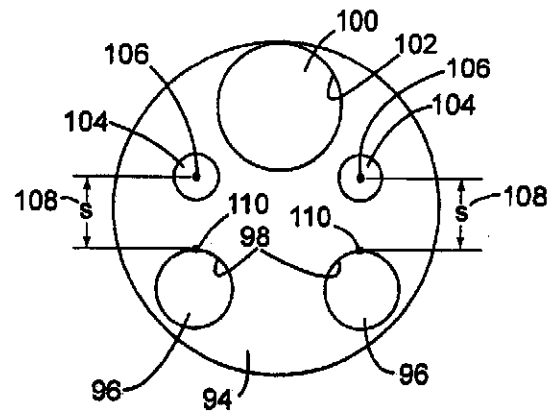
(54) ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к двигателям внутреннего сгорания (ДВС), а конкретно к расположению источника зажигания в цилиндре расширения ДВС с разделенным циклом. ДВС содержит: коленчатый вал (52), головку блока цилиндров (70), цилиндры сжатия (66) и расширения (68), поршни сжатия (72) и расширения (74), перепускной канал (78), а также источник зажигания (104). Поршень сжатия (72) совершает возвратно-поступательное движение, осуществляя такты впуска и сжатия за один оборот коленчатого вала (52). Поршень расширения (74) совершает возвратно-поступательное движение, осуществляя такты расширения и выпуска за

один оборот коленчатого вала. Перепускной канал(78) соединяет цилиндры сжатия (66) и расширения (68). Перепускной канал (78) содержит перепускной клапан сжатия (84) и перепускной клапан расширения (86) с полостью высокого давления между ними. Центральная часть (106) источника зажигания (104) расположена от ближайшего периферийного края (110) прохода (98) перепускного клапана расширения (68) на расстоянии, которое равно или превышает безопасное расстояние "S". Безопасное расстояние "S" предотвращает попадание горящих газов в проход (98) клапана расширения (86) до момента его закрытия, по меньшей мере, для части диапазона рабочих

скоростей ДВС. Безопасное расстояние "S" определяется выражением: S [мм]=скорость горения [мм/градус угла поворота коленчатого вала] × угол поворота коленчатого вала от момента зажигания до момента закрытия перепускного клапана расширения [градусы]. Технический результат заключается в увеличении срока службы клапана расширения и в достижении оптимального соотношения между полным сгоранием горючей смеси и предотвращением детонации. 12 з.п. ф-лы, 7 ил.



Фиг. 4

RU 2430246 C1

RU 2430246 C1

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к двигателям внутреннего сгорания. Более конкретно, настоящее изобретение относится к расположению источника зажигания относительно цилиндра расширения двигателя с разделенным циклом, которое

5 позволяет предотвращать проникновение горячей горючей смеси в один или несколько проходов клапанов расширения перепускных каналов до момента закрытия этих клапанов.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

10 Для ясности, для термина "двигатель с разделенным циклом", относящегося к известным двигателям, а также к двигателю, являющемуся объектом настоящего изобретения, предлагается следующее определение.

Двигатель с разделенным циклом, указываемый в настоящем описании, содержит:

15 коленчатый вал, установленный с возможностью вращения вокруг своей оси; 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;

20 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; и

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

В патенте США №6543225, выданном 8.04.2003 Carmelo J. Scuderi, содержится подробное описание двигателей с разделенным циклом и аналогичных конструкций.

30 Кроме того, в указанном патенте раскрываются подробности известного варианта конструкции двигателя, дальнейшее улучшение которого предлагается в настоящем изобретении.

На фигуре 1 представленный вариант осуществления идеи двигателя с разделенным циклом, предложенной ранее, обозначен в целом ссылочным номером 10. В

35 двигателе 10 с разделенным циклом два соседних цилиндра обычного четырехтактного двигателя заменяются одним цилиндром 12 сжатия и одним цилиндром 14 расширения. Эти два цилиндра 12, 14 выполняют свои функции за один оборот коленчатого вала 16. Всасываемый воздух и топливо вводятся в цилиндр 12 сжатия через обычные впускные тарельчатые клапаны 18. Поршень 20 сжатия

40 сжимает воздух с впрыснутым топливом и выталкивает горючую смесь в перепускной канал 22, который является входным каналом для цилиндра 14 расширения.

На входе перепускного канала 22 установлен перепускной клапан 24 сжатия запорного типа, который предотвращает обратный поток из перепускного канала 22

45 в цилиндр 12 сжатия. В рассматриваемой конструкции на выходе перепускного канала 22 установлен перепускной клапан 26 расширения, предназначенный для управления потоком вводимой сжатой горючей смеси, так чтобы смесь полностью поступала в цилиндр 14 расширения сразу же после того, как поршень 30 расширения

50 достигает положения своей верхней мертвой точки (ВМТ). Сразу же после того, как в цилиндр 14 расширения поступает вводимая горючая смесь, в свече 28 зажигания инициируется искра, и в результате сгорания горючей смеси поршень 30 расширения будет перемещаться вниз в направлении своей нижней мертвой точки (НМТ).

Отработавшие газы выталкиваются из цилиндра расширения через выпускные тарельчатые клапаны 32.

В концепции двигателя с разделенным циклом геометрические параметры, такие как, например, диаметр цилиндра, ход поршня, длина шатуна, степень сжатия и т.п., цилиндров сжатия и расширения в общем случае не зависят друг от друга. Например, радиусы 34, 36 кривошипов для каждого цилиндра могут быть разными, и разнесенными по углу таким образом, чтобы положение ВМТ достигалось поршнем 30 расширения перед достижением положения ВМТ поршнем 20 сжатия. Такая независимость создает потенциальную возможность для достижения в двигателе с разделенным циклом более высокого КПД и более высоких моментов вращения по сравнению с обычным четырехтактным двигателем.

Поскольку перепускной клапан 26 расширения открывается на короткое время (примерно 30° угла поворота коленчатого вала) для подачи сжатой горючей смеси в цилиндр расширения до завершения такта сжатия поршнем сжатия, то закрытие перепускного клапана расширения осуществляется после зажигания горючей смеси. Для обеспечения продолжительного срока службы клапана желательно предотвращать поступление горячей горючей смеси в перепускной клапан расширения без сокращения времени, в течение которого этот клапан находится в открытом положении.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В предлагаемом в настоящем изобретении двигателе с разделенным циклом одна или несколько свечей зажигания располагаются в цилиндре расширения на "безопасном расстоянии" от перепускных клапанов расширения, так чтобы фронт горения смеси, распространяющийся от точки зажигания, не достигал этих клапанов до момента их закрытия. Для определения места расположения свечей зажигания необходимо учитывать при расчете скорость распространения пламени в цилиндре для всего диапазона скоростей работы двигателя, а также другие факторы, которые учитываются при определении места расположения свечей в обычных двигателях.

Предлагаемый в настоящем изобретении двигатель содержит:

коленчатый вал, установленный с возможностью вращения вокруг своей оси; 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;

поршень расширения, 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;

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

головку блока цилиндров, закрывающую один из концов цилиндра расширения, в которой имеется седло в проходе для перепускного клапана расширения, а также источник зажигания с центральной частью, которая отделена от ближайшего периферийного края прохода перепускного клапана расширения и которая поджигает горючую смесь в определенный момент времени для создания фронта горения газов в цилиндре расширения;

причем центральная часть источника зажигания расположена на некотором

расстоянии от ближайшего периферийного края прохода перепускного клапана расширения, которое равно или превышает определенное "безопасное расстояние", при котором предотвращается проникновение горящих газов в проход перепускного клапана расширения до момента закрытия этого клапана по меньшей мере для части диапазона рабочих скоростей двигателя, и это безопасное расстояние "S" определяется выражением:

S (миллиметры)=скорость горения (миллиметры/градус угла поворота коленчатого вала) \times угол поворота коленчатого вала от момента зажигания до момента закрытия перепускного клапана расширения (градусы).

Могут использоваться также следующие дополнительные признаки.

Центральная часть источника зажигания расположена на достаточном удалении от стенки цилиндра для предотвращения охлаждения и гашения пламени после зажигания, однако это расстояние не так велико, чтобы затягивалось время горения горючей смеси, в результате чего могло бы возникать самовоспламенение за фронтом пламени.

Центральная часть источника зажигания располагается по меньшей мере на расстоянии 12 мм от ближайшего периферийного края выпускного клапана в головке блока цилиндров, что обеспечивает достаточное пространство для охлаждения стенки цилиндра, находящейся возле источника зажигания.

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

Фигура 1 - вид поперечного сечения известной конструкции двигателя с разделенным циклом, к которому относится настоящее изобретение;

фигура 2 - вид поперечного сечения одного из вариантов двигателя с разделенным циклом в соответствии с настоящим изобретением;

фигура 3 - вид сечения двигателя с разделенным циклом по линии 3-3 фигуры 2, вместе с топливными инжекторами;

фигура 4 - вид снизу головки блока цилиндров, на котором указаны основные размеры и расположение клапанов и источников зажигания;

фигура 5 - иллюстрация проникновения пламени в седло перепускного клапана расширения при угле поворота коленчатого вала, равном 25° после МВТ, когда клапан закрывается;

фигура 6 - линейная зависимость между "безопасным расстоянием" от центральной части источника зажигания до ближайшего периферийного края прохода перепускного клапана расширения и скоростью работы двигателя;

фигура 7 - полученная путем расчетов схема распространения пламени для числа оборотов 1400 об/мин от момента зажигания (14° после МВТ) до 23° после МВТ.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

На фигурах 2 и 3 ссылочный номер 50 в целом обозначает вариант конструкции двигателя с разделенным циклом в соответствии с настоящим изобретением.

Двигатель 50 содержит коленчатый вал 52, который может вращаться относительно оси 54 коленчатого вала по часовой стрелке, как показано на чертеже. Коленчатый вал 54 содержит расположенные рядом кривошипы 56, 58, с которыми соединены шатуны 60, 62, соответственно, причем кривошип 56 опережает по углу кривошип 58.

Двигатель 50 содержит также блок 64 цилиндров, в котором сформированы два расположенных рядом цилиндра, в частности цилиндр 66 сжатия и цилиндр 68

расширения, которые закрыты головкой 70 блока цилиндров на том конце цилиндров, который противоположен коленчатому валу 52.

5 Поршень 72 сжатия установлен в цилиндре 66 сжатия и соединен с шатуном 62 для возвратно-поступательного движения поршня 72 между положениями верхней мертвой точки (ВМТ) и нижней мертвой точки (НМТ). Поршень 74 расширения установлен в цилиндре 68 расширения и соединен с шатуном 60 для аналогичного возвратно-поступательного движения между положениями ВМТ и НМТ.

10 В рассматриваемом варианте осуществления изобретения в головке 70 блока цилиндров обеспечиваются каналы (проходы) для потоков всасываемых и отработавших газов и для сообщения между цилиндрами 66, 68. По ходу потока газа головка 70 блока цилиндров содержит впускной канал 76, через который засасываемый воздух поступает в цилиндр 66 сжатия, два перепускных канала 78 (необходим по меньшей мере один канал), через которые сжатый воздух (газ) 15 передается из цилиндра 66 сжатия в цилиндр 68 расширения, и выпускной канал 80, через который отработавшие газы выпускаются из цилиндра 68 расширения. В каждом перепускном канале 78 формируется полость 81 высокого давления, в которой содержится сжатый газ, когда перепускные клапаны сжатия и расширения 20 закрыты.

Впуском газа в цилиндр 66 сжатия управляет открывающийся внутрь впускной тарельчатый клапан 82. Впуском и выпуском газа в каждом перепускном канале 78 могут управлять два открывающихся наружу тарельчатых клапана, а именно перепускные клапаны 84 сжатия на впускных концах перепускных каналов и 25 перепускные клапаны 86 расширения на выпускных концах перепускных каналов. Поток отработавших газов, выходящих через выпускной канал 80, управляет открывающийся внутрь выпускной тарельчатый клапан 88. Эти клапаны 82, 84, 86 и 88 могут приводиться в действие любым подходящим способом, например, с 30 помощью механических кулачков, с помощью техники привода регулируемых клапанов и т.п.

Как можно видеть на фигурах 2 и 3, двигатель 50 содержит также одну или несколько свечей 90 зажигания или других устройств зажигания, которые 35 расположены в подходящих местах в конце цилиндра 68 расширения, где горючая смесь может воспламениться и сгорать в такте расширения.

Кроме того, в двигателе используется по меньшей мере один топливный инжектор 92, предназначенный для впрыскивания топлива в порцию сжатого воздуха, заключенного по меньшей мере в одном канале 78 и в полости 81 высокого давления.

40 Как показано на фигуре 4, в рассматриваемом варианте двигатель 50 с разделенным циклом, в котором используется электрическое зажигание, снабжен головкой блока цилиндров, в нижней поверхности 94 которой имеется два прохода 98 с седлами для двух перепускных клапанов 96 расширения, которые открываются 45 наружу относительно цилиндра 68 расширения (не показан).

Нижняя поверхность 94 также содержит по меньшей мере один проход 102 с седлом для выпускного клапана 100 и по меньшей мере один источник 104 зажигания, такой как, например, свеча зажигания, свеча накаливания, переключаемый лазер или любое 50 иное устройство регулируемого повышения температуры горючей смеси, которая достаточна для того, чтобы в месте нахождения устройства инициировалось горение смеси. Как указывается ниже более подробно, центральная часть 106 каждого источника 104 зажигания располагается на безопасном расстоянии "S" (обозначено ссылкой номером 108) от ближайшего периферийного края 110 каждого прохода 98

перепускного клапана расширения. Расположение перепускных клапанов 96 расширения, выпускного клапана 100 и источников 104 зажигания относительно друг друга важно для:

- а) обеспечения хорошего перемешивания горючей смеси;
- б) обеспечения необходимого движения горючей смеси в цилиндре;
- в) предотвращения проникновения пламени в перепускной канал;
- г) предотвращения самовоспламенения (детонации) горючей смеси; (детонация - это явление неконтролируемого самовоспламенения частей несгоревшего топлива, которое в общем случае в двигателях с электрическим зажиганием необходимо предотвращать); и
- д) обеспечения соответствующего быстрого сгорания до того, как поршень опустится в положение НМТ.

Достоинством использования двух источников 104 зажигания является повышение скорости горения, и, что более важно для двигателя 50 с разделенным циклом, использование двух источников 104 зажигания обеспечивает большую гибкость в реализации минимального безопасного расстояния от ближайшего периферийного края 110 прохода 98 перепускного клапана расширения. Если используется один источник зажигания, то он обычно располагается по центру цилиндра для обеспечения одинакового расстояния распространения пламени по всем направлениям, в результате чего происходит относительно быстрое сгорание смеси по сравнению с источниками зажигания, установленными со смещением. Однако источник зажигания с центральным расположением не является идеальным решением для двигателя 50 с разделенным циклом, поскольку в этом случае центральная часть источника зажигания будет ближе к ближайшему периферийному краю прохода 98 перепускного клапана расширения, чем центральные части двух источников 104 зажигания, и поэтому будет меньше возможности соблюдения условия минимального безопасного расстояния по сравнению с двумя источниками зажигания. Два источника 104 зажигания могут быть больше смещены от центра цилиндра и от ближайшего периферийного края прохода 98 перепускного клапана расширения, и при этом будет обеспечиваться необходимое быстрое сгорание горючей смеси.

Выбор места расположения источников 104 зажигания в двигателе 50 с разделенным циклом определяется следующими тремя основными параметрами.

Параметр 1. Расстояние до ближайшего периферийного края 110 проходов 98 перепускных клапанов расширения.

В двигателе 50 с разделенным циклом для обеспечения горения как можно ближе к ВМТ необходимо, чтобы зажигание происходило до закрытия перепускных клапанов 96 расширения. Однако при этом также важно, чтобы пламя 112 не проникало в проходы 98 (см. фигуру 5), в результате чего будет сокращаться срок службы перепускных клапанов 96 расширения и будут увеличиваться потери теплового КПД двигателя. Поэтому центры 106 источников 104 зажигания должны быть расположены достаточно далеко от ближайшего периферийного края 110 проходов 98, чтобы перепускные клапаны 96 расширения уже были практически закрыты, когда их достигает пламя 112. Для целей предотвращения проникновения пламени в проходы 98 принимается, что клапаны 96 будут "практически" закрыты при угле поворота коленчатого вала, равном 23° после ВМТ, хотя полное закрытие клапанов 96 происходит при угле 25° . Как показано на фигуре 5, пламя 112 достигает прохода 98, проникает в него и охватывает клапан 96 при угле поворота коленчатого вала, равном 23° после ВМТ, однако это можно считать приемлемым, поскольку

зазор между головкой клапана и седлом будет меньше 0,5 мм, когда пламя достигает ближайшего периферийного края 110 прохода 98 перепускного клапана расширения.

Параметр 2. Расстояние до стенки цилиндра 68.

Во-первых, когда источник 104 зажигания находится слишком близко к стенке цилиндра 68, пламя 112 может охлаждаться и гаснуть, что отрицательно сказывается на распространении горения на его ранней стадии.

Во-вторых, если источник 104 зажигания находится слишком далеко от какой-либо из стенок цилиндра 68, время горения может увеличиваться, в результате чего горючая смесь будет сгорать неполностью. В этом случае снижается тепловой КПД, и может происходить самовоспламенение (детонация) несгоревшей горючей смеси в результате ее сжатия, а также излучения тепла пламенем, до того как оно достигнет места нахождения несгоревшей части горючей смеси.

С учетом вышеуказанного первого фактора расстояние первого и второго источников 104 зажигания от внутренней стенки цилиндра 68 обычно составляет не менее 20% внутреннего диаметра цилиндра. С учетом второго фактора расстояние единственного источника 104 зажигания от любой части стенки цилиндра в его верхней части не должно превышать ~60% внутреннего диаметра цилиндра.

Параметр 3. Расстояние до ближайшего периферийного края прохода 102 выпускного клапана.

В водяной рубашке охлаждения головки блока цилиндров необходимы соответствующие каналы охлаждения (не показаны) между опорной частью свечи зажигания и проходом 102 для отвода отработавших газов. Минимальное расстояние обычно определяются ограничениями процесса отливки, например, минимальной толщиной стенки отливаемой части, которая может быть получена, а также минимальными размерами песчаных литейных стержней, которые могут использоваться для формирования рубашки охлаждения. В соответствии с этим требованием в общем случае требуется минимум 12 мм между центральной частью источника 104 зажигания и ближайшим периферийным краем прохода 102 выпускного клапана.

На фигуре 6 приведен график 114, полученный по результатам расчетов процесса горения с использованием методов вычислительной гидродинамики, который иллюстрирует значимость параметра l для двигателя 50 с разделенным циклом. Кривая 116 представляет зависимость расстояния, пройденного пламенем 112 (вертикальная ось графика 114) от начала зажигания до точки закрытия перепускного клапана 96 расширения, от скорости работы двигателя (горизонтальная ось графика 114) при его полной нагрузке. Если расстояние 108 источника 104 зажигания от ближайшего периферийного края 110 прохода 98 перепускного клапана расширения больше величины, определяемой линией 116, то в этом случае предотвращается проникновение пламени 112 в проход 98 до закрытия перепускного клапана 96 расширения, и это расстояние можно назвать "безопасным расстоянием (S)". Если это расстояние меньше величины, определяемой линией 116, то в этом случае пламя будет проникать в проход 98 до закрытия перепускного клапана 96 расширения. Из графика 114 также видно, что теоретическая величина безопасного расстояния составляет ~19 мм на скорости работы двигателя, равной 1400 об/мин (точка 118) и 35 мм на скорости 4000 об/мин, при скорости распространения пламени, равной 5,74 мм/град (точка 120). Точка 122 представляет фактическое положение источников 104 зажигания, принятое при расчетах, в результате которых был получен этот график 114. Точка 122 представляет безопасное расстояние 19,8 мм,

обеспечивающее оптимальное зажигание при скорости работы двигателя 50, равной 1500 об/мин.

Наклон линии 116 зависит как от скорости горения (скорости распространения фронта пламени 112) для каждой скорости работы двигателя и от времени, проходящего от момента зажигания, который изменяется при полной нагрузке в диапазоне углов поворота коленчатого вала $\sim 14-20^\circ$ после ВМТ, до момента закрытия перепускного клапана 96 расширения, которое происходит при значении угла, равного 25° после ВМТ. Для обычных двухтактных и четырехтактных двигателей при увеличении скорости работы двигателя скорость горения увеличивается линейно, а время, в течение которого может происходить горение, линейно уменьшается, и эти два фактора обеспечивают такое положение, при котором полное сгорание горючей смеси происходит в пределах одного и того же угла поворота коленчатого вала для всего диапазона скоростей работы двигателя. Расчетные результаты, полученные для двигателя 50 с разделенным циклом с использованием методов вычислительной гидродинамики, показывают, что скорость горения (мм/градус поворота коленчатого вала) для скорости работы двигателя 4000 об/мин приблизительно в 2,5 раза выше скорости горения для 1400 об/мин в плоскости, лежащей примерно на 1 мм ниже плоскости 94 головки блока цилиндров, и поэтому расстояние между источником 104 зажигания и перепускным клапаном 96 расширения на скорости 4000 об/мин должно быть примерно в 1,8 раза больше безопасного расстояния, необходимого на скорости 1400 об/мин.

Расхождение между коэффициентами 1,8 по "безопасному расстоянию" и 2,5 по угловой скорости горения для скоростей работы двигателя 4000 об/мин и 1400 об/мин, возникает скорее всего в результате действия нескольких факторов, наиболее значимым из которых является больший угол поворота коленчатого вала, 9° для скорости 1400 об/мин и 14° для скорости 4000 об/мин, до точки безопасного закрытия перепускного клапана 96 расширения (23° после МВТ) по сравнению с эквивалентным углом поворота 6° после МВТ для скорости 4000 об/мин, за счет задержанного момента зажигания в 17° после МВТ на скорости 4000 об/мин, причем в последнем случае используется наиболее раннее расчетное значение момента зажигания для предотвращения проникновения пламени в проход 98 перепускного клапана 96. Если физически невозможно обеспечить необходимое безопасное расстояние между центральной частью 106 источника зажигания и ближайшим периферийным краем 110 прохода 98 перепускного клапана расширения, то момент зажигания должен быть дополнительно задержан, что будет ухудшать тепловой КПД двигателя.

На фигуре 7 иллюстрируется распространение пламени между источником 104 и ближайшим периферийным краем 110 прохода 98 перепускного клапана 96 расширения путем нанесения в масштабе контуров фронта пламени с температурой 2000°K , полученных в результате расчетов с использованием методов вычислительной гидродинамики. Как показано на фигуре 7, которая относится к случаю использования одного источника зажигания, контур, относящийся к углу 17° после МВТ, аппроксимируется эллипсом 124, который превращается в контур 126 для угла 23° после МВТ, при котором фронт горения достигает ближайшего периферийного края прохода перепускного клапана до закрытия клапана при значении угла, равном 25° после МВТ. На фигуре 7 пересчитанное расстояние равно примерно 19 мм и это соответствует безопасному расстоянию на скорости двигателя 1400 об/мин (точка 118) на фигуре 6.

Скорости горения в направлении перепускного клапана 96 расширения при работе

двигателя со скоростью 1400 об/мин можно вычислить путем деления расстояния, проходимого фронтом пламени между двумя положениями на двух контурах с температурой 2000 К, на время или на угловые приращения между этими контурами на скорости 1400 об/мин. Эти грубо усредненные скорости горения для скорости 1400 об/мин равны 18 м/сек или 2,14 мм/градус поворота коленчатого вала, в то время как соответствующие величины для скорости 4000 об/мин равны 138 м/сек или 5,74 мм/градус поворота коленчатого вала, причем последние величины увеличены на 30% от пересчитанных величин для учета использования обедненной горючей смеси в вычислениях для скорости 4000 об/мин.

Для камеры сгорания двигателя 50 с разделенным циклом, работающего на бензине (см. фигуры 1 и 3), в соответствии с Параметром 1 безопасное расстояние должно превышать 35 мм, если же расстояние будет меньше 35 мм, то это будет приводить к снижению теплового КПД на скорости 4000 об/мин. Для меньших скоростей работы двигателей безопасное расстояние может быть уменьшено, например, до ~19 мм на скорости 1400 об/мин и, скорее всего, пропорционально от 19 мм до 35 мм для промежуточных скоростей. Например, расчетная величина 19,8 мм для расстояния между центральной частью 106 источника зажигания и ближайшим периферийным краем 110 прохода 98 перепускного клапана расширения обеспечивает оптимальное зажигание для скоростей до ~1500 об/мин (точка 122 на фигуре 6).

Для больших безопасных расстояний, которые обеспечивают оптимальное зажигание до 4000 об/мин, источники 104 должны быть сдвинуты ближе к выпускному клапану 100 (в соответствии с Параметрами 2 и 3), и перепускные клапаны 96 расширения должны быть сдвинуты дальше от источников 104 зажигания. Здесь должно быть использовано компромиссное решение ввиду ограничений, накладываемых внутренним диаметром цилиндра 68 и размерами выпускных клапанов 100, и при этом следует иметь в виду, что очень большой сдвиг устройств зажигания в сторону от центра в большинстве случаев замедляет горение и приводит к детонации. Достоинством "недостаточного" безопасного расстояния, такого как, например, 19,8 мм, является то, что будет обеспечиваться более быстрое сгорание для работы в условиях неполной загрузки двигателя, при которых скорости горения гораздо ниже, как естественное следствие работы на обедненной смеси. Однако для гибридных конструкций используется работа двигателя в режиме, близком к полной загрузке, и в этом случае, возможно, потребуется использовать безопасные расстояния, как показано на фигуре 6.

Необходимо отметить, что при получении дополнительной информации о скоростях горения для двигателя 50 с разделенным циклом расчетные безопасные расстояния 19-35 мм между центром 106 источника зажигания и ближайшим периферийным краем проходов 98 перепускных клапанов расширения для работы с полной нагрузкой на скоростях 1400-4000 об/мин являются абсолютными величинами, подходящими для всех диаметров цилиндров двигателей с разделенным циклом, работающих на бензине. Величины безопасного расстояния могут изменяться, если используются топлива с более высокими скоростями ламинарного горения, или будут предложены какие-либо средства для повышения скоростей горения, например, увеличение турбулентности. Аналогичным образом могут быть рассчитаны безопасные расстояния для работы дизельных двигателей.

Резюмируя безопасное расстояние "S" для любого двигателя с разделенным циклом, в общем случае оно может быть определено следующим выражением:

S (миллиметры)=скорость горения (миллиметры/градус угла поворота коленчатого

вала) × угол поворота коленчатого вала от момента зажигания до момента закрытия перепускного клапана расширения (градусы).

5 Величину S можно получить проще пересчетом результатов, полученных при моделировании с использованием методов вычислительной гидродинамики, по контуру фронта пламени, распространившегося от источника зажигания для угла поворота коленчатого вала $\sim 23^\circ$ после ВМТ, для всего диапазона скоростей работы двигателя с полной нагрузкой, и наибольшей величины безопасного расстояния, полученной в соответствии с ожидаемым рабочим циклом двигателя; причем для 10 больших скоростей работы момент зажигания необходимо задерживать для предотвращения проникновения пламени в проход 98 перепускного клапана.

Вышеприведенное выражение может быть преобразовано в аналогичное уравнение со скоростью горения в м/с и временем сгорания в секундах, которые могут быть 15 рассчитаны по скорости работы двигателя и углу поворота коленчатого вала,

В соответствии с Параметром 2 центральные части 106 источников 104 зажигания 20 должны располагаться от периферийного края цилиндра 68 на расстоянии, составляющем $\sim 20\%$ внутреннего диаметра цилиндра, и в соответствии с Параметром 3 эти центральные части должны располагаться по меньшей мере в 12 мм от ближайшего периферийного края прохода 102 выпускного клапана.

При таком расположении обеспечивается система сгорания, в которой предотвращается проникновение пламени в проход 98 до закрытия перепускного клапана 96 расширения, и в то же время достигается оптимальное соотношение между 25 полным сгоранием горючей смеси в цилиндре 68 и предотвращением детонации.

Хотя настоящее изобретение описано со ссылками на предпочтительные варианты его осуществления, должно быть ясно, что возможны различные изменения в пределах 30 сущности и объема раскрытой идеи изобретения. Соответственно, необходимо понимать, что изобретение не ограничивается описанными вариантами, и его полный объем определяется прилагаемой формулой.

Формула изобретения

1. Двигатель внутреннего сгорания, содержащий:

35 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 возвратно-поступательное движение, осуществляя такты впуска и сжатия за один оборот коленчатого вала;

40 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 выпуска за один оборот коленчатого вала;

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

головку блока цилиндров, закрывающую один из концов цилиндра расширения, в которой имеется проход для перепускного клапана расширения, а также источник 50 зажигания с центральной частью, которая отделена от ближайшего периферийного края прохода перепускного клапана расширения и которая поджигает горючую смесь в определенный момент времени для создания фронта горения газов в цилиндре расширения;

причем центральная часть источника зажигания расположена на некотором расстоянии от ближайшего периферийного края прохода перепускного клапана расширения, которое равно или превышает определенное безопасное расстояние, при котором предотвращается попадание горящих газов в проход перепускного клапана расширения до момента закрытия этого клапана по меньшей мере для части диапазона рабочих скоростей двигателя, и это безопасное расстояние "S" определяется выражением:

S (миллиметры) = скорость горения (миллиметры/градус угла поворота коленчатого вала) · угол поворота коленчатого вала от момента зажигания до момента закрытия перепускного клапана расширения (градусы).

2. Двигатель по п.1, в котором безопасное расстояние "S" равно 19 мм и более.

3. Двигатель по п.2, в котором безопасное расстояние "S" находится в диапазоне от 19 мм до 35 мм.

4. Двигатель по п.1, в котором безопасное расстояние для скорости работы двигателя 4000 об/мин по меньшей мере в 1,8 раза превышает безопасное расстояние для скорости 1400 об/мин.

5. Двигатель по п.1, в котором момент зажигания задерживается по сравнению с оптимальным значением для определенной скорости работы двигателя.

6. Двигатель по п.1, в котором центральная часть источника зажигания расположена на расстоянии от стенки цилиндра, достаточном для предотвращения охлаждения и гашения пламени после зажигания, но не допускающем затягивания времени горения горючей смеси, в результате чего могло бы возникнуть самовоспламенение за фронтом пламени в результате сжатия и радиационного нагрева несгоревшей горючей смеси.

7. Двигатель по п.6, в котором центральная часть источника зажигания расположена на таком расстоянии от любой части стенки цилиндра расширения, прилегающей к закрытому концу цилиндра расширения, которое не превышает 60% его диаметра.

8. Двигатель по п.6, в котором центральная часть источника зажигания расположена на таком расстоянии от стенки цилиндра расширения, прилегающей к закрытому концу цилиндра расширения, которое составляет по меньшей мере 20% его диаметра.

9. Двигатель по п.1, в котором головка блока цилиндров содержит седло в проходе клапана выпуска отработавших газов, и центральная часть источника зажигания расположена по меньшей мере в 12 мм от ближайшего периферийного края этого прохода для обеспечения достаточного пространства для соответствующего охлаждения стенки цилиндра расширения, прилегающей к источнику зажигания.

10. Двигатель по п.1, в котором перепускной клапан сжатия и перепускной клапан расширения открываются наружу из цилиндров.

11. Двигатель по п.1, содержащий по меньшей мере по два источника зажигания на один цилиндр расширения.

12. Двигатель по п.11, в котором центральная часть каждого из источников зажигания расположена по меньшей мере на безопасном расстоянии "S" от ближайшего периферийного края прохода перепускного клапана расширения.

13. Двигатель по п.1, содержащий два источника зажигания и два прохода перепускных клапанов расширения, причем каждый источник зажигания снабжен центральной частью, которая расположена по меньшей мере на безопасном расстоянии "S" от ближайших периферийных краев проходов перепускных клапанов

расширения, и центральные части источников зажигания расположены дальше от ближайших периферийных краев проходов перепускных клапанов расширения по сравнению с расстоянием от центральной части единственного источника зажигания, расположенного по центру, до ближайшего периферийного края каждого прохода перепускного клапана расширения.

5

10

15

20

25

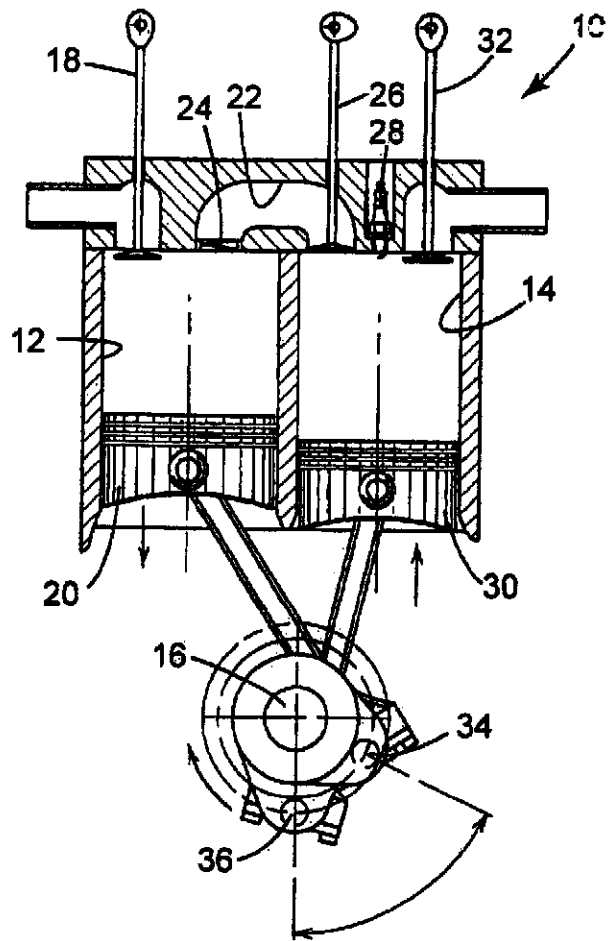
30

35

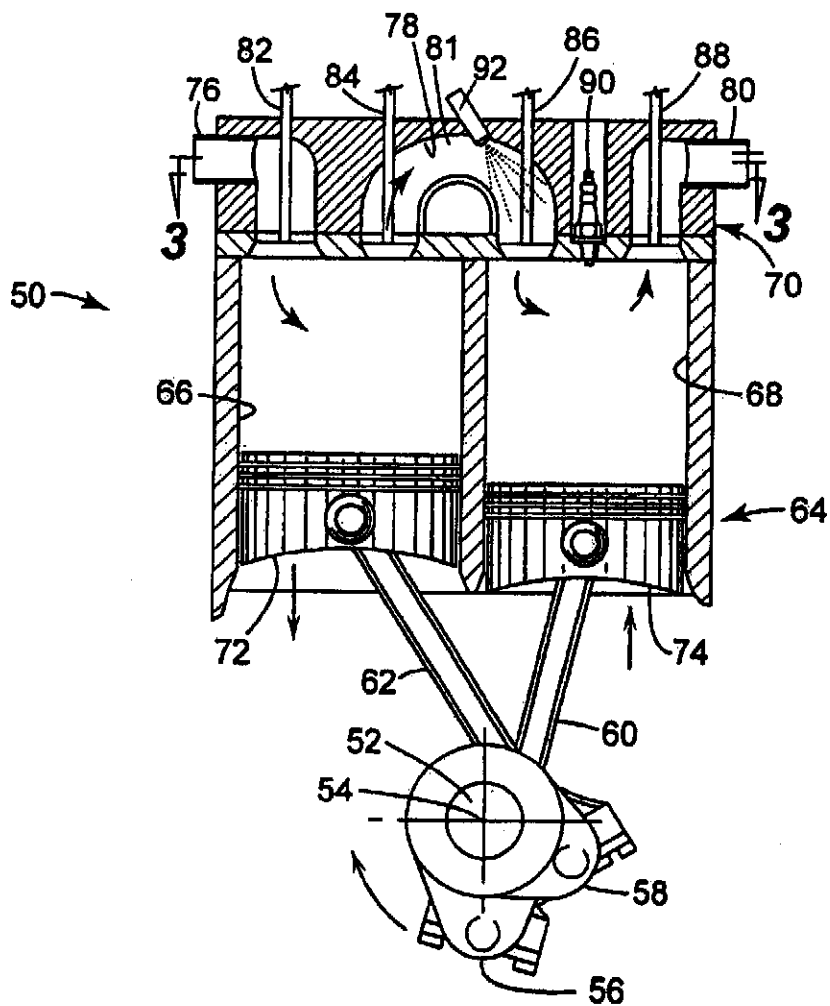
40

45

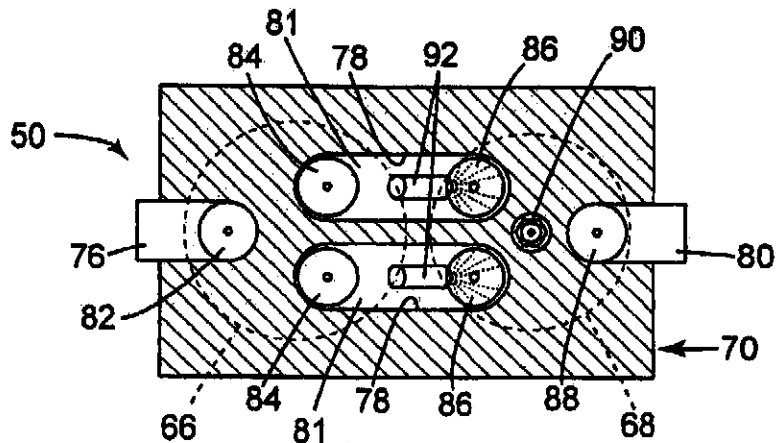
50



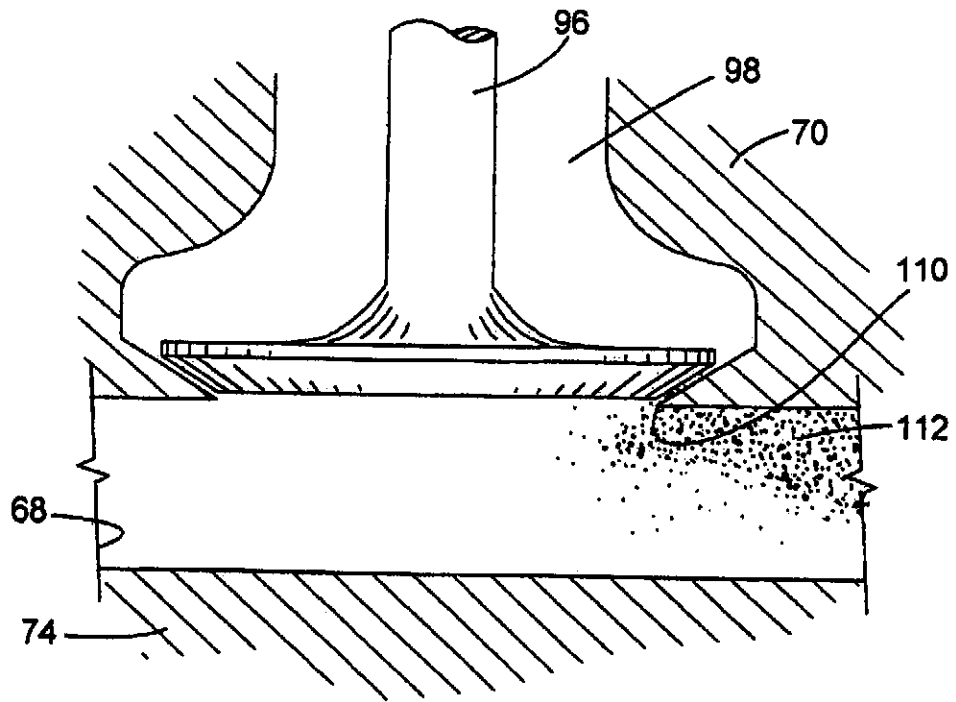
Уровень техники
Фиг. 1



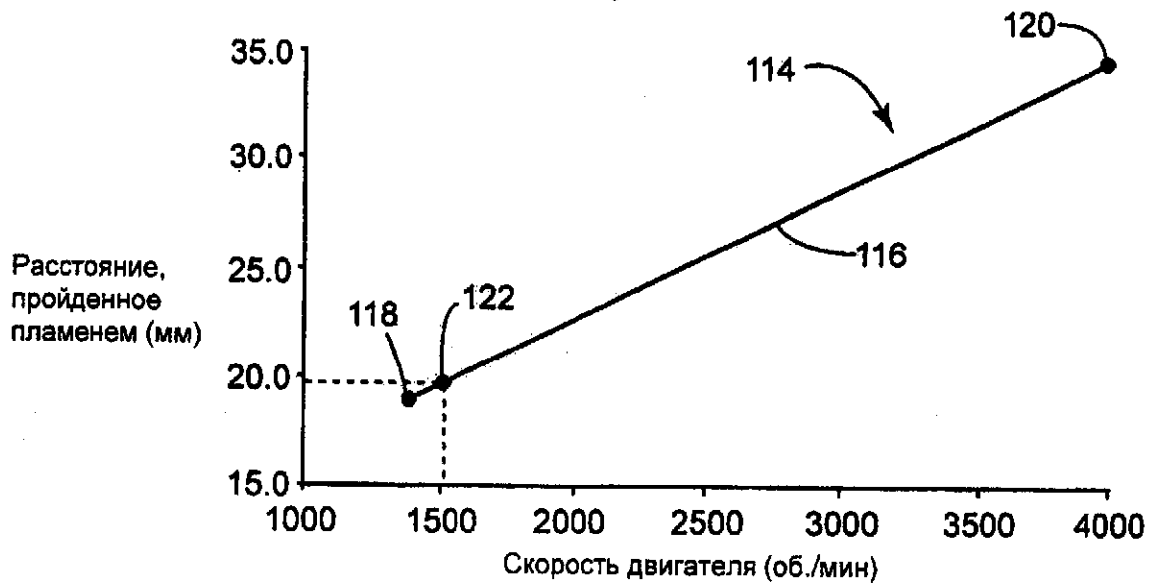
Фиг. 2



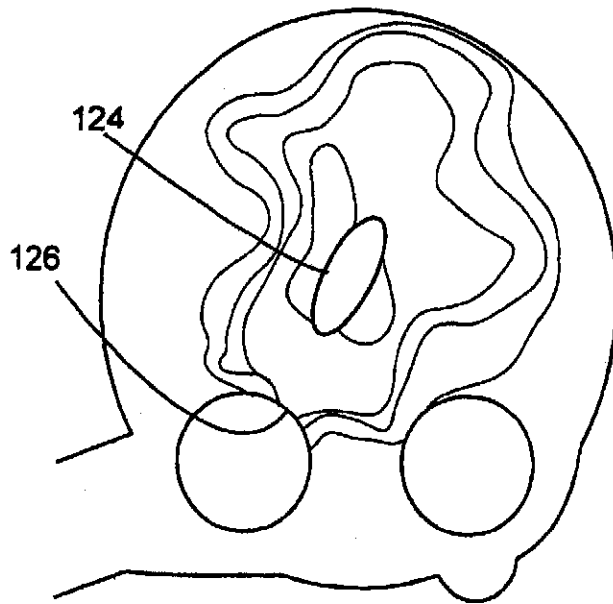
Фиг. 3



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7