



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F01M 2001/066 (2021.05); F01M 1/16 (2021.05); F01P 3/06 (2021.05); F16C 7/02 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020143737, 29.12.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.12.2020

Дата регистрации:  
03.09.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.12.2020

(45) Опубликовано: 03.09.2021 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС, каф. Э-2, для  
Путинцева, Маркова

(72) Автор(ы):

Путинцев Сергей Викторович (RU),  
Стрельникова Софья Сергеевна (RU),  
Агеев Артем Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Московский государственный  
технический университет имени Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский  
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2579291 C1, 10.04.2016. RU  
2722915 C1, 04.06.2020. RU 2105160 C1,  
20.02.1998. SU 1430575 A1, 15.10.1988. US 2005/  
0076858 A1, 14.04.2005. EP 2870370 A1,  
13.05.2015.

## (54) ШАТУННО-ПОРШНЕВАЯ ГРУППА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

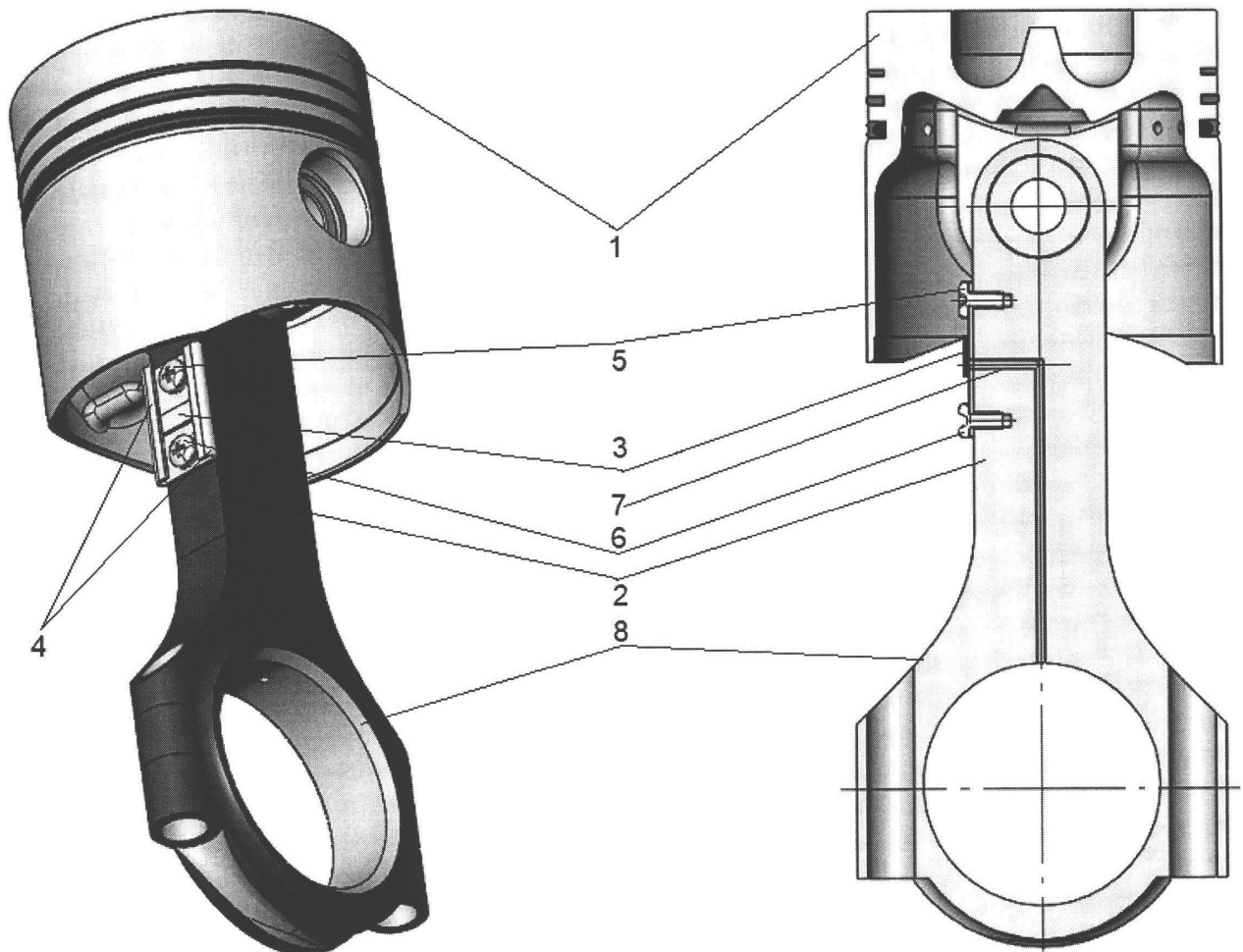
(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в двигателях внутреннего сгорания. Шатунно-поршневая группа двигателя внутреннего сгорания включает стержень шатуна (2), кривошипную и поршневую головки шатуна, поршень (1) с днищем и юбку поршня, длина которой вдоль центральной оси поршня ограничена в направлении кривошипной головки (8) шатуна кромкой. Маслоподающее отверстие (7) в плоскости качания стержня шатуна обеспечивает вход масла с внутренней поверхности кривошипной головки (8) шатуна и выход масла с боковой поверхности стержня шатуна (2). Клапан со шторкой (3) изменяет положение шторки (3) относительно маслоподающего отверстия (7) на выходе струи масла из шатуна (2). Шторка (3) клапана выполнена в виде тонкостенной прямоугольной пластины из массивного материала. Шторка (3) клапана совершает под действием приложенных

к ней сил инерции и тяжести возвратно-поступательное движение относительно боковой поверхности стержня шатуна (2) вдоль и в пределах соответственно двух направляющих (4) и двух ограничителей (5) и (6), размещенных по краям направляющих на определенном расстоянии друг от друга. Угловая и линейная координаты расположения маслоподающего отверстия (7) на выходе из стержня шатуна (2) относительно центральной оси стержня шатуна (2) и оси любой из его головок соответственно выбираются таким образом, что линейная составляющая траектории истекающей из маслоподающего отверстия (7) струи масла, рассматриваемая как продолжение оси маслоподающего отверстия (7) на выходе из боковой поверхности стержня шатуна (2) в ситуации, когда центральные оси стержня шатуна (2) и поршня (1) совпадают, проходит под кромкой юбки поршня (1) и направлена на его

нагруженную сторону. Соотношения между массой, длиной и шириной шторки (3), диаметром маслоподающего отверстия (7) на выходе из стержня шатуна (2) и расстоянием между ограничителями (5) и (6) согласованы между собой таким образом, что при всех возможных положениях шторки (3) относительно направляющих (4), кроме положения шторки (3)

с упором на ограничитель (5), расположенный ближе к оси поршневой головки шатуна, шторка (3) перекрывает маслоподающее отверстие (7) на выходе из стержня шатуна (2). Технический результат заключается в повышении надежности работы двигателя за счет улучшения условий смазки и охлаждения поршня. 3 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*F01M 1/06* (2006.01)*F01M 1/16* (2006.01)*F01P 3/06* (2006.01)*F16C 7/02* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*F01M 2001/066* (2021.05); *F01M 1/16* (2021.05); *F01P 3/06* (2021.05); *F16C 7/02* (2021.05)(21)(22) Application: **2020143737, 29.12.2020**(24) Effective date for property rights:  
**29.12.2020**Registration date:  
**03.09.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **29.12.2020**(45) Date of publication: **03.09.2021** Bull. № 25

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,  
MGТУ im. N.E. Baumana, TSIS, kaf. E-2, dlya  
Putintseva, Markova**

(72) Inventor(s):

**Putintsev Sergej Viktorovich (RU),  
Strelnikova Sofya Sergeevna (RU),  
Ageev Artem Gennadevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Baumana  
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)"  
(MGТУ im. N.E. Baumana) (RU)****(54) CONNECTING ROD-PISTON GROUP OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

(57) Abstract:

FIELD: internal combustion engines.

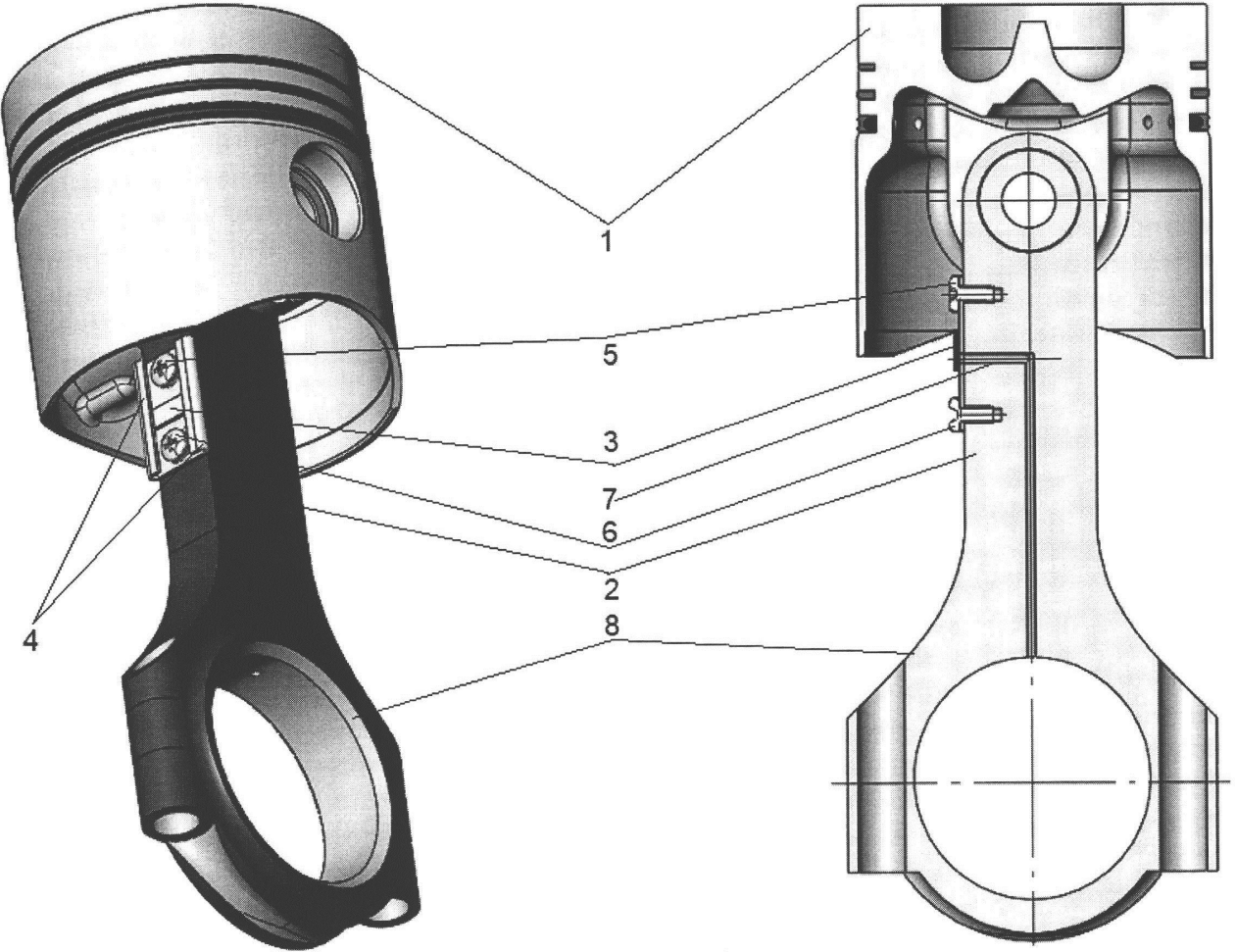
SUBSTANCE: invention can be used in internal combustion engines. The connecting rod-piston group of an internal combustion engine includes a connecting rod (2), a crank and piston rod heads, a piston (1) with a bottom and a piston skirt, the length of which along the central axis of the piston is limited in the direction of the connecting rod crank head (8) by an edge. The oil supply hole (7) in the swinging plane of the connecting rod provides oil inlet from the inner surface of the connecting rod crank head (8) and oil out of the side surface of the connecting rod (2). The shutter (3) valve changes the position of the shutter (3) relative to the oil supply hole (7) at the outlet of the oil jet from the connecting rod (2). The shutter (3) of the valve is made in the form of a thin-walled rectangular plate made of massive material. The shutter (3) of the valve under the action of the forces of inertia and gravity applied to it, reciprocates relative to the lateral surface of the connecting rod (2) along and within, respectively, two guides (4) and two stops (5) and (6), located along the edges of the guides at a certain distance from each other. The angular and linear coordinates of the location

of the oil supply hole (7) at the outlet of the connecting rod (2) relative to the central axis of the connecting rod (2) and the axis of any of its heads are respectively selected so that the linear component of the trajectory of the oil jet outflowing from the oil supply hole (7), considered as a continuation of the axis of the oil supply hole (7) at the exit from the side surface of the connecting rod (2) in a situation where the central axes of the connecting rod (2) and the piston (1) coincide, passes under the edge of the piston (1) skirt and is directed towards it loaded side. The ratios between the mass, length and width of the shutter (3), the diameter of the oil supply hole (7) at the outlet of the connecting rod (2) and the distance between the stops (5) and (6) are coordinated with each other in such a way that at all possible positions of the shutter (3) relative to the guides (4), except for the position of the shutter (3) with an emphasis on the stop (5) located closer to the axis of the connecting rod piston head, the shutter (3) closes the oil supply hole (7) at the outlet of the connecting rod (2).

EFFECT: invention increases reliability of the engine by improving the conditions for lubricating and

cooling the piston.

1 cl, 3 dwg



Фиг.1

RU 2 7 5 4 5 7 3 C 1

RU 2 7 5 4 5 7 3 C 1

Изобретение относится к двигателестроению и может быть использовано в четырехтактных, преимущественно быстроходных двигателях внутреннего сгорания (ДВС).

Известны шатунно-поршневые группы (ШПГ) автомобильных ДВС, состоящие из шатуна в сборе с поршнем, причем по центральной оси стержня шатуна выполнено масло-подающее отверстие, соединяющее кривошипную головку шатуна с его поршневой головкой, в которой установлена втулка, имеющая центральную кольцевую канавку с отверстием, проходящим сквозь стенку поршневой головки, ось которого является продолжением оси маслоподающего отверстия в стержне шатуна, предназначенным, в основном, для смазывания сопряжения «втулка поршневой головки шатуна-поршневой палец» и, частично, охлаждения струей масла внутренней поверхности днища поршня в моменты совпадения маслоподающего отверстия в кривошипной головке шатуна с маслоподводящим отверстием в шатунной шейке коленчатого вала [1] - стр. 44, рис. 2.76.

Недостаток данного технического решения состоит в низкой интенсивности охлаждения днища поршня и отсутствии струйного маслоснабжения сопряжения "юбка поршень-цилиндр", необходимого для снижения трения и изнашивания этих деталей.

Известны также ШПГ четырехтактных автомобильных ДВС, имеющие шатун в сборе с поршнем, содержащим днище и юбку, и маслоподающее отверстие в зоне перехода стержня шатуна в его кривошипную головку, через которое за счет применения шатунных вкладышей с масляной канавкой происходит достаточно длительное, зависящее от протяженности масляной канавки, истечение струи моторного масла в зону внутренней поверхности юбки поршня для осуществления как смазывания сопряжений "юбка поршня-цилиндр", "бобышка поршня-поршневой палец", так и охлаждения днища поршня [2], стр. 23.

Недостатком этого технического решения является отсутствие преимущественного маслоснабжения так называемой нагруженной (левой при взгляде на кривошипно-шатунный механизм (КШМ) со стороны носка вращающегося по часовой стрелке коленчатого вала ДВС) стороны поршня, а также существенный расход моторного масла через длительно либо постоянно открытое маслоподающее отверстие в кривошипной головке шатуна, что требует повышенной производительности масляного насоса.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является шатун ДВС с устройством для охлаждения поршня [3]. Поскольку отличительные признаки шатуна согласно [3] связаны исключительно с обслуживанием размещенного на шатуне поршня, содержащего днище и юбку, данное изобретение с полным основанием может быть отнесено к ШПГ и поэтому использовано в качестве прототипа заявляемого устройства.

Отличительным признаком прототипа является маслоподающее отверстие, размещенное в плоскости качания шатуна в зоне перехода стержня шатуна в его кривошипную головку, причем последовательностью и продолжительностью дозирования струи моторного масла, вытекающей под давлением из маслоподающего отверстия, управляет лепестковый клапан, исполнительный орган которого - шторка - выполнен из материала, обладающего эффектом памяти формы (ЭПФ). Это позволяет за счет деформации, вызываемой мар-тенситным превращением в материале шторки, регулировать в зависимости от теплового состояния шатуна длительность процесса струйной маслоподдачи во внутреннюю полость юбки и на днище поршня, сокращая тем самым время прогрева ДВС.

Недостатком устройства-прототипа является известная фазовая неустойчивость и

сложность согласования температурных границ прямого и обратного мартенситных превращений материала с ЭПФ в условиях достаточно узкого диапазона рабочих температур шатуна ДВС в зоне расположения лепесткового клапана. К недостатку можно отнести также и отсутствие струйной подачи масла из шатуна на детали цилиндра-поршневой группы (ЦПГ) в пусковой и начальный периоды работы ДВС, когда смазываемые детали этой группы недостаточно прогреты, поэтому их трущиеся поверхности могут испытывать дефицит смазочного материала из-за недостаточной текучести масла повышенной вязкости по каналам системы смазки. И, наоборот, непрерывная и длительная по времени (между окончанием прогрева и началом остывания двигателя) подача масла в зону горячей внутренней полости поршня повышает объемную температуру смазочного материала как хладагента, снижая интенсивность охлаждения поршня и давление масла, создаваемое масляным насосом. Отсутствие согласованной с направлением движения и уровнем нагружения поршня ориентации струи масла повышает риск появления масляного голодания, сопровождающегося повышенными трением и износом в сопряжении «юбка поршня-цилиндр».

Указанные выше недостатки в совокупности и при неблагоприятных условиях эксплуатации способны снизить надежность работы ДВС.

Задача изобретения состоит в повышении надежности работы ДВС за счет улучшения условий смазки и охлаждения поршня.

Поставленная задача решается установкой на стержень шатуна, входящего в состав ШПГ, инерционного клапана, шторка которого управляет закрытием и открытием маслоподающего отверстия на выходе из стержня шатуна в зависимости от положения КШМ и скоростного режима двигателя, а расположение маслоподающего отверстия в стержне шатуна согласовано с направлением движения, длиной и ориентацией нагруженной стороны юбки расположенного на поршневой головке шатуна поршня.

Новым в предлагаемом техническом решении является размещение на шатуне инерционного клапана, использующего в своей работе ускорение, возникающее вследствие неравномерности изменения скорости возвратно-поступательно движущихся деталей ШПГ, к которым, кроме поршня, относится, как известно, поршневая головка шатуна и сопряженная с ней часть стержня шатуна, составляющая не менее 1/3 длины шатуна, считая от оси его поршневой головки. Ускорение обладающих массой возвратно-поступательно движущихся деталей ШПГ приводит к возникновению приложенных к этим деталям сил инерции, характер изменения которых в точности совпадает с таковым для ускорения. При этом максимальное значение указанная сила инерции в условиях работы ДВС с традиционным КШМ достигает в моменты, когда мгновенная скорость поршня и присоединенной к нему части шатуна становится равной нулю. В этих двух так называемых мертвых точках КШМ центральная ось стержня шатуна и ось кривошипа коленчатого вала ДВС совпадают, а поршень занимает либо наиболее удаленное от (верхняя мертвая точка - ВМТ), либо, наоборот, максимально близкое к (нижняя мертвая точка - НМТ) оси коленчатого вала положение. Одно из таких положений, а именно положение поршня или, что в рассматриваемом случае одно и то же, КШМ в ВМТ, и возникающая в этом положении максимальная сила инерции, приложенная к возвратно-поступательно движущейся части шатуна, используются в предлагаемом техническом решении для открытия шторки инерционного клапана и, соответственно, подачи струи моторного масла в зоны поршня, в наибольшей степени требующие смазывания и охлаждения.

Оригинальность устройства состоит также в согласовании расположения

маслоподающего отверстия на шатуне с направлением движения, длиной и признаком нагруженной стороны юбки поршня в плоскости качания шатуна.

Анализ известных устройств для смазки и/или охлаждения деталей ЦПГ ДВС показывает, что в известных технических решениях отсутствуют управляемые силой инерции клапаны, размещенные на стержне шатуна, расположение маслоподающих отверстий которых согласовано с направлением движения, длиной и ориентацией на нагруженную сторону юбки поршня, в наибольшей степени подверженную трению, изнашиванию и риску задира. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что заявляемое техническое решение обладает достаточным изобретательским уровнем.

Изобретение поясняется фиг. 1, на которой показан общий вид и поперечный разрез одного из возможных вариантов конструкционного исполнения предлагаемой ШПГ.

На обращенной к сопряженным нагруженным сторонам цилиндра (на фиг. 1 не показан) и поршня 1, т.е. левой при взгляде со стороны носка вращающегося в направлении движения часовой стрелки коленчатого вала ДВС (на фиг. 1 не показаны) боковой поверхности стержня шатуна 2 располагается устройство для смазывания-охлаждения поршня 1, представляющее собой инерционный клапан, состоящий из шторки 3, направляющих 4 и ограничителей: верхнего 5 и нижнего 6, выполняющих в рассматриваемом варианте конструкции дополнительно функцию крепежных элементов для направляющих 4. Шторка 3, выполненная из массивного материала в форме тонкостенной прямоугольной пластины, под действием приложенной к ней равнодействующей сил инерции и тяжести (силы трения шторки 3 в направляющих 4 ввиду пренебрежительной малости действующей по нормали к плоскости шторки 3 сил инерции, вызванных угловым ускорением при качании стержня шатуна 2, не рассматриваются как не оказывающие влияние на характер перемещения шторки 3 относительно направляющих 4) совершает возвратно-поступательное движение в направлении центральной оси стержня шатуна 2 в пределах расстояния между ограничителями 5 и 6.

В плоскости качания стержня шатуна 2 имеется маслоподающее отверстие 7, вход которого располагается на внутренней поверхности кривошипной головки шатуна 8, а выход - на боковой поверхности стержня шатуна 2, в пределах расстояния между ограничителями 5 и 6.

Устройство работает следующим образом. На любом скоростном режиме работы ДВС под воздействием силы инерции, обусловленной массой и ускорением шторки 3, последняя совершает возвратно-поступательное перемещение относительно направляющих 4 в пределах расстояния, заключенного между ограничителями 5 и 6.

В крайнее верхнее положение шторка 3 приходит (и остается в этом состоянии) при выполнении условия  $|P_j| > G$ , где  $P_j$  и  $G$  - соответственно сила инерции и сила тяжести (вес) шторки 3, что, согласно известным положениям динамики ДВС, имеет место в окрестности ВМТ КШМ, составляющей обычно от 60 до 90 градусов угла поворота коленчатого вала (ПКВ), и обусловлено значением и соответствующим знаком силы инерции, приложенной к шторке 3 в указанный выше момент времени рабочего цикла ДВС (фиг. 2).

Приходя, согласно фиг. 3, в окрестностях ВМТ под действием превалирующей над силой тяжести  $G$  силы инерции  $P_j$  в состояние упора на ограничитель 5, шторка 3 открывает маслоподающее отверстие 7 на его выходе из стержня шатуна 2, через которое находящееся под давлением в маслоподающем отверстии 7 моторное масло выбрасывается в виде струи на внутреннюю стенку цилиндра (на фиг. 3 не показан) под кромку юбки 9 поршня 1 и, частично, под действием приложенной к струе масла

силы инерции - на внутреннюю поверхность юбки 9 и днища 10 поршня 1.

Соотношения в направлении центральной оси стержня шатуна 2 размеров шторки 3, координат и диаметра расположенного на боковой поверхности стержня шатуна 2 маслоподающего отверстия 7, а также расстояния между ограничителями 5 и 6 согласованы между собой таким образом, что при всех положениях шторки 3, кроме ее положения с упором на ограничитель 5, т.е. положения КШМ в ВМТ, шторка 3 перекрывает маслоподающее отверстие 7 на выходе его из стержня шатуна 2, не допуская истечения струи моторного масла.

Протяженность времени нахождения шторки 3 в крайнем верхнем положении в состоянии упора на ограничитель 5, когда струя моторного масла истекает от маслоподающего отверстия 7, зависит от массы шторки 3 скоростного режима работы ДВС, что позволяет осуществлять автоматическое и рациональное согласование предлагаемым устройством продолжительности периода струйной маслоподачи из стержня шатуна 2 на детали ЦПГ с частотой вращения коленчатого вала и, таким образом, уровнем форсирования ДВС по скоростному режиму. Выброс струи моторного масла на указанные выше поверхности деталей ЦПГ в момент нахождения КШМ в окрестности ВМТ обеспечивает: во-первых, масло-снабжение наиболее нагруженных действием максимальной боковой силы поршня (на такте «Рабочий ход» четырехтактных ДВС) сопряженных сторон юбки 9 поршня 1 и стенки цилиндра; во-вторых, адресную подачу смазочного материала в наиболее нуждающуюся в смазке зону, а именно: под кромку юбки 9 поршня 1 перед началом движения последнего от ВМТ к НМТ; в-третьих, подачу порции масла как хладагента за короткое время и по короткому пути от места выхода на стержне шатуна 2 маслоподающего отверстия 7 до внутренней поверхности юбки 9 и днища 10 поршня 1 за счет инерционного отклонения струи масла в момент остановки поршня в ВМТ.

Рациональное по месту омыwania и цикличное дозирование (по расчетным оценкам от 25 до 40% полного времени рабочего цикла) для номинального скоростного режима работы ДВС струйной подачи масла на нагретые поверхности поршня, обеспечиваемое предлагаемым техническим решением, способствует поддержанию уровня температуры, давления и вязкости смазочного материала, необходимых для сохранения рациональных значений гидродинамической несущей способности и теплового состояния смазываемых сопряжений ДВС.

Совокупность указанных выше особенностей процесса смазывания и охлаждения поршня с помощью предлагаемого устройства приводит к улучшению условий как смазки сопряжения «юбка поршня-цилиндр», так и охлаждения поршня на наиболее нагруженном в динамическом и температурном отношениях периоде рабочего цикла четырехтактных ДВС - такте «Рабочий ход», что снижает интенсивность трения, изнашивания и риск возникновения задира деталей ЦПГ, т.е. повышает надежность работы ДВС.

Промышленная применимость заявляемого технического решения обусловлена простотой его реализации как путем изготовления направляющих и ограничителя на этапе получения штамповкой заготовки шатуна с последующим выполнением в ней масляного канала и маслоподающего отверстия, так и на основе доработки готовых шатунов аналогично варианту конструкции, представленному на фиг. 1.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Производственно-практическое издание - М.: За рулем, 1999. - 440 с.

2. Двигатель 3МЗ-40522.10. Руководство по эксплуатации, техническому



обслуживанию и ремонту / В.Л. Жбанников. - Заволжье: УГК ЗАО «ЗМЗ», 2015. - 162 с.

3. Патент РФ №2579291 МПК F01P 3/08, F16/C 7/02, F02N 19/00 / В.В. Рогалев, Ю.И. Фокин. - Оpubл. 10.04.2016. - Бюлл. №10.

5

(57) Формула изобретения

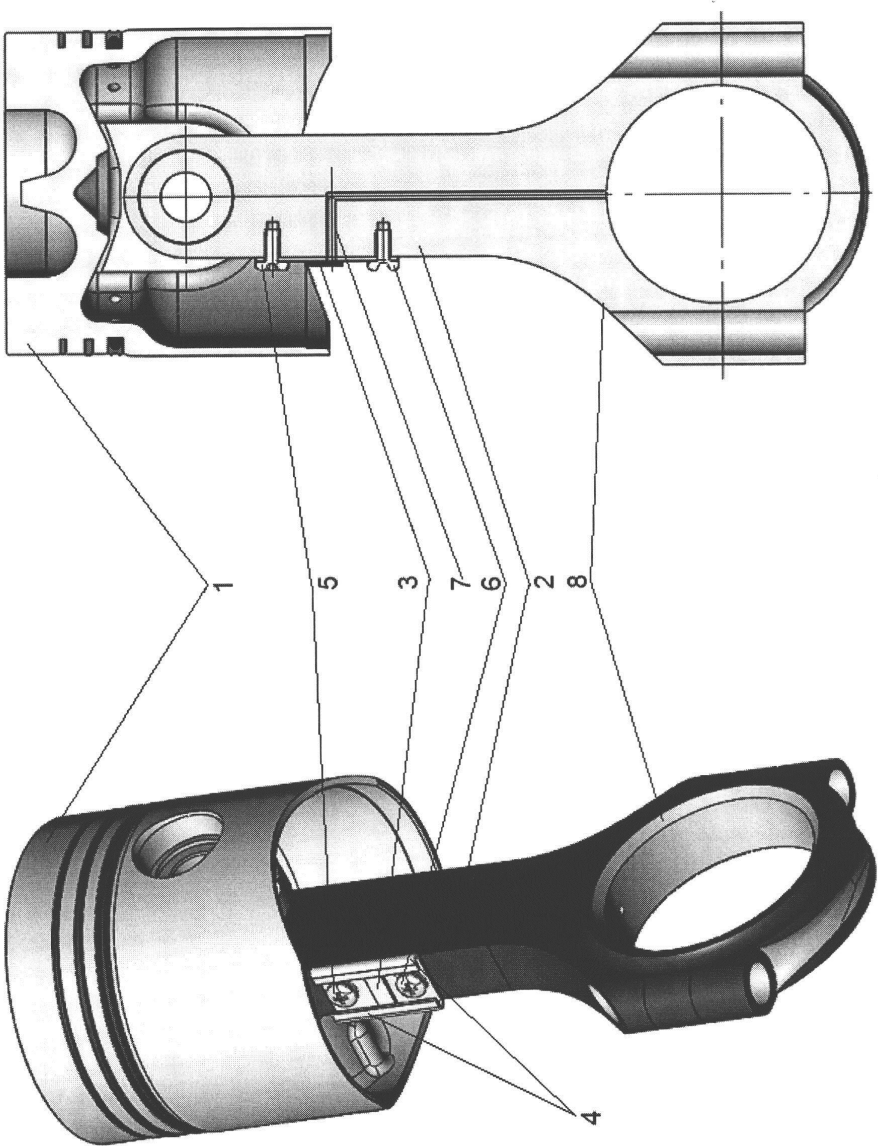
Шатунно-поршневая группа двигателя внутреннего сгорания, включающая стержень шатуна, кривошипную и поршневую головки шатуна, поршень с днищем, юбку поршня, длина которой вдоль центральной оси поршня ограничена в направлении кривошипной  
10 головки шатуна кромкой, маслоподающее отверстие в плоскости качания стержня шатуна, обеспечивающее вход масла с внутренней поверхности кривошипной головки шатуна и выход масла с боковой поверхности стержня шатуна, клапан со шторкой, который изменяет положение шторки относительно маслоподающего отверстия на выходе струи масла из шатуна, отличающаяся тем, что шторка клапана выполнена в  
15 виде тонкостенной прямоугольной пластины из массивного материала, совершающей под действием приложенных к ней сил инерции и тяжести возвратно-поступательное движение относительно боковой поверхности стержня шатуна вдоль и в пределах соответственно двух направляющих и двух ограничителей, размещенных по краям направляющих на определенном расстоянии друг от друга, при этом угловая и линейная  
20 координаты расположения маслоподающего отверстия на выходе из стержня шатуна относительно центральной оси стержня шатуна и оси любой из его головок соответственно выбираются таким образом, что линейная составляющая траектории истекающей из маслоподающего отверстия струи масла, рассматриваемая как продолжение оси маслоподающего отверстия на выходе из боковой поверхности  
25 стержня шатуна в ситуации, когда центральные оси стержня шатуна и поршня совпадают, проходит под кромкой юбки поршня и направлена на его нагруженную сторону, а соотношения между массой, длиной и шириной шторки, диаметром маслоподающего отверстия на выходе из стержня шатуна и расстоянием между ограничителями согласованы между собой таким образом, что при всех возможных  
30 положениях шторки относительно направляющих, кроме положения шторки с упором на ограничитель, расположенный ближе к оси поршневой головки шатуна, шторка перекрывает маслоподающее отверстие на выходе из стержня шатуна.

35

40

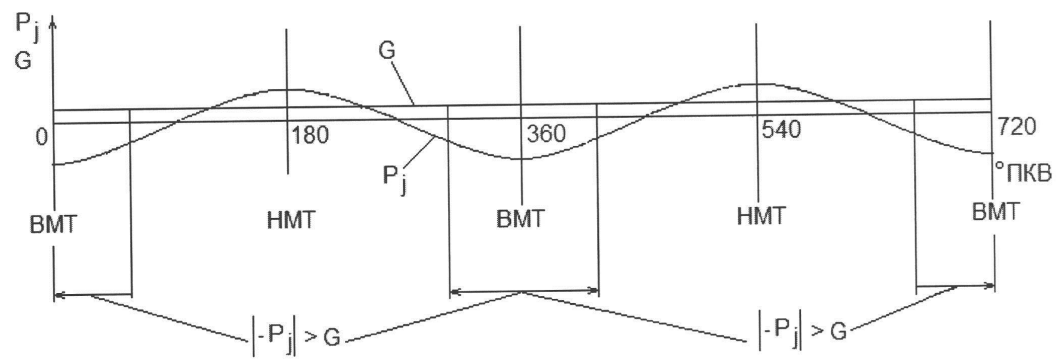
45

1

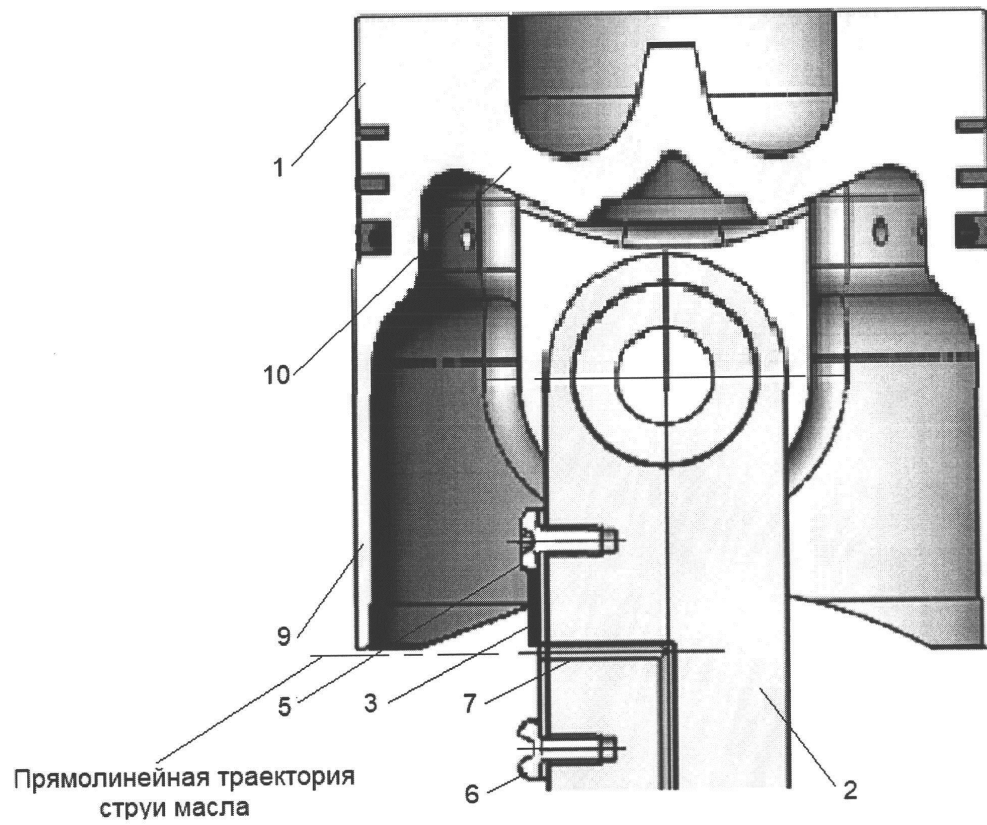


Фиг.1

2



Фиг.2



Фиг.3