

Literatura

1. *Alekseeva Z., Rejmer V., Klemeshova I.* Perevarimost' aktivirovannogo korma // Pticevodstvo. – 2009. – № 7. – S. 26.
2. *Alekseeva Z.N., Rejmer V.A., Klemeshova I.Ju.* Aktivirovannye korma iz othodov zernovogo proizvodstva / Novosib. gos. agrar. un-t. – Novosibirsk, 2009. – 134 s.
3. Frakcionnaja struktura i pitatel'naja cennost' aktivirovannyh zernoothodov / *Z.N. Alekseeva, V.A. Rejmer, I.Ju. Klemeshova* [i dr.] // Vestnik KrasGAU. – 2011. – № 4. – S. 163–166.
4. Patent № 2376864 ot 27 dekabrya 2009 g. Sposob proizvodstva aktivirovannyh kormov / *Z.N. Alekseeva, V.A. Rejmer, I.Ju. Klemeshova.*
5. Opredelenie proteoliticheskoj aktivnosti plenchatyh otrubej i ih frakcij / *A.V. Sivil'gaev, V.A. Skrjabin, V.A. Rejmer* [i dr.] // Zootehnika: tr. Novosib. gos. agrar. un-ta. – Novosibirsk, 2003. – T. 183, Vyp. 1. – S. 262–269.
6. *Skrjabin V.A., Komissarov Ju.V.* Belkovo-vitaminnye dobavki iz pobochnyh produktov perera-botki zernovyh kul'tur i ih ispol'zovanie. – Novosibirsk, 2006. – 39 s.

УДК 621.431.73

*Д.М. Воронин, Ю.А. Гуськов,
М.Л. Вертей, А.В. Сафонов*

**ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ
НА ВЕЛИЧИНУ ПУЛЬСАЦИЙ ПОТОКА КАРТЕРНОГО ГАЗА**

*D.M. Voronin, Yu.A. Guskov,
M.L. Vertei, A.V. Safonov*

**THE INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF THE ENGINE ON THE SIZE
OF PULSATIONS OF THE STREAM OF CRANKCASE FUMES**

Воронин Д.М. – д-р техн. наук, проф. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: Mr_shnit@rambler.ru

Гуськов Ю.А. – д-р техн. наук, директор Инженерного института Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: nsauii@ngs.ru

Вертей М.Л. – д-р техн. наук, ст. преп. каф. автомобилей и тракторов Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: oxbbr@yandex.ru

Сафонов А.В. – инженер-конструктор ОАО «НовосибАРЗ», г. Новосибирск. E-mail: www.mtz@mail.ru

Voronin D.M. – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Machines and Tractors Park Operation, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. E-mail: Mr_shnit@rambler.ru

Guskov Yu.A. – Dr. Techn. Sci., Head, Engineering Institute, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. E-mail: nsauii@ngs.ru

Vertei M.L. – Dr. Techn. Sci., Asst, Chair of Cars and Tractors, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. E-mail: oxbbr@yandex.ru

Safonov A.V. – Design Engineer of JSC “NovosibARZ”, Novosibirsk. E-mail: www.mtz@mail.ru

Одним из недостатков метода определения состояния ЦПГ по расходу картерных газов является его высокая погрешность. Она связана в первую очередь с тем, что при измерении расхода картерных газов приходится встречаться с таким отрицательным эффектом, как их пульсация. Величина пульсаций

картерных газов у разных конструкций двигателей сильно отличается, и погрешность рассмотренного метода широко варьируется. Для установления причин, вызывающих пульсацию потока картерного газа при измерении его расхода, предложена методика теоретических и стендовых исследований. Расчёт

величины изменения объема картера двигателей внутреннего сгорания по углу поворота коленчатого вала проводили для основных наиболее популярных конструкций по количеству и расположению цилиндров. Для сравнения величин пульсаций разных конструкций конструктивные параметры ЦПГ и КШМ были привязаны к одному двигателю – ЗМЗ-406. Проведенными исследованиями доказано, что главная причина отличия величины пульсаций картерных газов у разных двигателей внутреннего сгорания зависит от таких конструктивных параметров двигателя, как число и расположение цилиндров, угол заклинки коленчатого вала. Выявлены наиболее подходящие для данного метода двигателя. Это рядные 3-, 5- и 6-цилиндровые, а также V-образные 6-, 8- и 12-цилиндровые двигатели. Также возможно применение этого метода, но уже с большей погрешностью (примерно на 3–10% в зависимости от чувствительности расходомера), для рядных 4-цилиндровых, 2-цилиндровых с углом заклинки 180° и V-образного 4-цилиндрового двигателей.

Ключевые слова: величина пульсаций картерных газов, поправка Ф. Брикса, конструктивные параметры двигателя.

One of shortcomings of the method of definition of the condition of cylinder piston group on the consumption of crankcase gases is its high error. It is connected first of all that at measurement of a consumption of crankcase gases it is necessary to meet such negative effect as their pulsation. The size of pulsations of crankcase gases in different designs of engines differs greatly, and the error of the considered method widely varies. For the establishment of the reasons causing the pulsation of the stream of crankcase gas at the measurement of its expense the technique of theoretical and bench researches is offered. The calculation of size of change of volume of the case of internal combustion engines for the angle of rotation of a cranked shaft was carried out for the main most popular designs by quantity and the arrangement of cylinders. For the comparison of the values of pulsations of different designs the design parameters of the cylinder-piston group and crank gear were attached to the engine ZMZ-406. It was proved by the conducted researches that the main reason of dif-

ference of size of pulsations of crankcase gases at different internal combustion engines, depended on such design data of the engine as the number and the arrangement of cylinders, the corner of the blocking of a cranked shaft. The engines which were most suitable for this method were revealed. These were line 3-, 5-and 6-cylinder, and also V-shaped 6-, 8-and 12-cylinder engines. The application of this method but nevertheless with a bigger inaccuracy (approximately for 3–10 % depending on the sensitivity of a flowmeter), for line 4-cylinder, 2-cylinder with the corner of a blocking 180 ° and V-shaped 4-cylinder engines is also possible.

Keywords: magnitude of pulsations of crankcase gases, F. Brix's amendment, constructive parameters of the engine.

Введение. Для оценки технического состояния цилиндропоршневой группы (ЦПГ) двигателей применяется множество методов и способов. Одним из самых популярных и простых в реализации является метод по расходу картерных газов [1–3].

Одним из недостатков этого метода является его высокая погрешность [2, 3]. Она связана в первую очередь с тем, что при измерении расхода картерных газов приходится встречаться с таким отрицательным эффектом, как их пульсация [4–6].

Установлено, что величина пульсаций картерных газов у разных конструкций двигателей сильно отличается, и погрешность рассмотренного метода широко варьируется.

В результате этого применение метода целесообразно только для тех двигателей, у которых величина пульсаций входит в определённые пределы.

Цель работы. Исследование влияния конструктивных параметров двигателя внутреннего сгорания на величину пульсаций картерного газа.

Достижение поставленной цели предусматривает решение следующих задач:

- 1) выявить причину отличия величины пульсаций картерных газов у разных конструкций ДВС;
- 2) определить наиболее подходящие конструкции двигателей для оценки состояния ЦПГ по расходу картерных газов.

Методы исследования. При реализации метода оценки состояния ЦПГ по расходу картерного газа, как правило, испытания проводятся при отключенной системе вентиляции картера. То есть все каналы двигателя, отвечающие за вентиляцию его картера, герметизируются, в маслосливную горловину устанавливается датчик расхода картерных газов [2, 3].

Газы выходят через датчик с переменной по величине скоростью. Амплитуда пульсации достигает своих максимальных значений преимущественно на малых частотах вращения вала двигателя, возникает высокоамплитудный гул. При этом направление истечения газов из сапуна в режиме холостого хода может иметь переменный характер. То есть газы пульсируют во взаимно противоположные стороны, создаётся эффект «дыхания».

В замкнутой среде картера двигателя при его работе создаётся динамический фон [5, 6]. Главными причинами этого фона являются:

- естественный динамический фон внутри картера;
- прорыв газов через ЦПГ в момент разных тактов.

Естественный динамический фон в картере двигателя является следствием сложнейших гидравлических, процессов происходящих в картере.

Предлагается разделить его на две составляющие:

- динамическое перетекание среды внутри картера (картерного газа);

- периодическое изменение объема картера.

Динамическое перетекание среды внутри картера (картерного газа) происходит из объема, вымещаемого поршнем, в объем, освобождаемый поршнем (при одновременном их движении во взаимно противоположные направления). Также оно вызывается движущимися деталями механизмов внутри картера двигателя, главным образом вращающимся коленчатым валом. Это является причиной постоянного вихреобразования газов внутри картера, что вызывает незначительные пульсации, а в основном низкоамплитудный гул.

Периодическое изменение объема картера является главной причиной больших пульсаций картерного газа (высокоамплитудный гул), особенно на низких частотах вращения вала двигателя. Оно происходит за счёт движения поршней, выполняющих роль вытеснителей объема картера. И, следовательно, зависит от следующих конструктивных параметров:

- количество цилиндров;
- расположение цилиндров;
- угол заклинки коленвала.

Очевидно, что для рядного четырёхцилиндрового двигателя периодическое изменение объема картера должно сводиться к нулю, так как при его работе две пары поршней движутся синхронно во взаимно противоположных направлениях, тем самым компенсируя увеличение и уменьшение объемов картера (рис. 1).

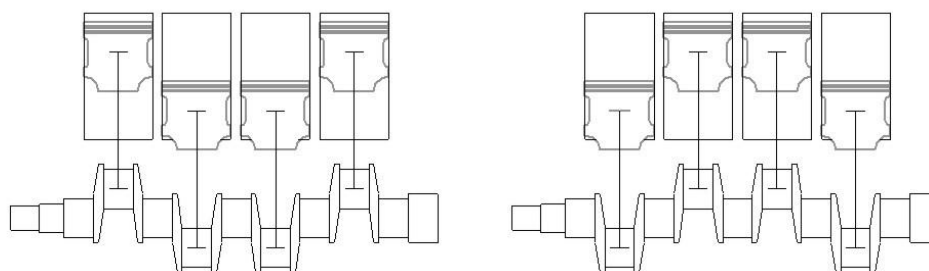


Рис. 1. Расположение цилиндров в крайних точках

Но необходимо обратить особое внимание на то, что в кривошипно-шатунном механизме шатун совершает сложное плоскопараллельное движение. И при повороте коленчатого вала на 90 градусов поршень, двигающийся от верхней мёртвой точки, проходит более половины сво-

его пути на величину, называемую *поправкой Ф. Брикса* (рис. 2) [7]

$$a = \frac{R^2}{2L}, \quad (1)$$

где a – поправка Ф. Брикса; R – радиус кривошипа; L – длина кривошипа.

В результате порвавшиеся поршни в сумме вытесняют объём картера на величину, равную

$$V = 4 \times a \times S, \quad (2)$$

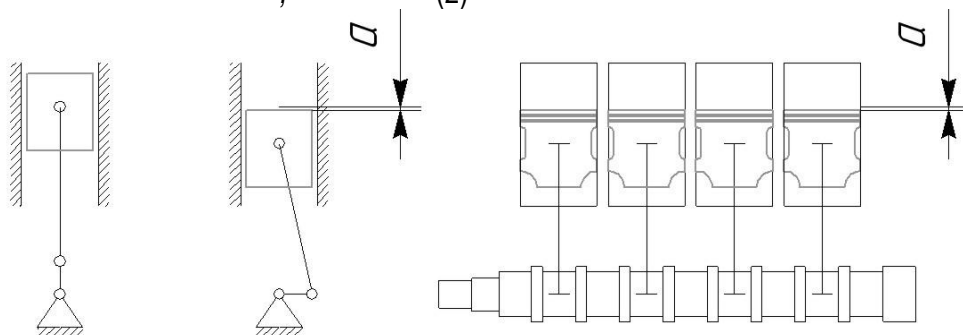


Рис. 2. Влияние поправки Ф. Брикса на расположение цилиндров

Результаты исследования. В программе Excel был проведен автоматический расчёт величины изменения объёма картера двигателя V по углу поворота φ коленчатого вала. Составлен он для основных наиболее популярных конструкций по количеству и расположению цилиндров.

Для сравнения величин пульсаций разных конструкций конструктивные параметры ЦПГ и КШМ были привязаны к одному двигателю (ЗМЗ-406). При этом: диаметр цилиндра $D=92$ мм, радиус кривошипа $R=43$ мм, длина шатуна $L=134$ мм [8].

Результаты представлены на рисунке 3.

где S – площадь поршня; V – изменение объёма картера двигателя.

Установлено, что у двигателя ЗМЗ-406 происходит периодическое изменение объёма за один оборот 2 раза по 0,2 литра.

Также было получено, что рядные 3-, 5- и 6-цилиндровые а также V-образные 6-, 8- и 12-цилиндровые двигатели на графике изменения имеют прямую. То есть изменения объёма их картера при работе двигателя не происходит.

Теоретические данные были экспериментально подтверждены при измерении характера расхода картерных газов. Характер изменения этой величины подобен первой производной от изменения объёма.

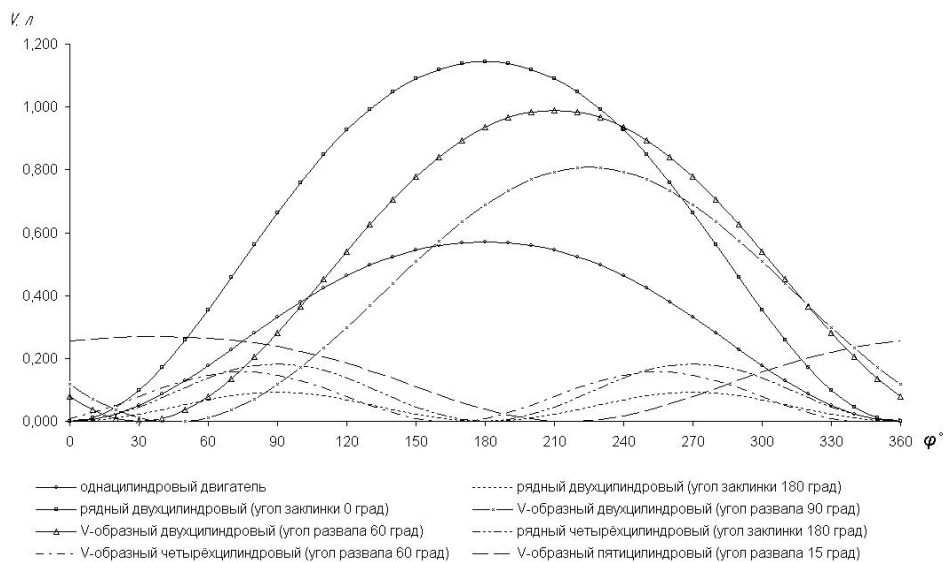


Рис. 3. Изменение объёма картера по углу поворота коленчатого вала у разных конструкций двигателей

Испытания проводились на рядном четырёхцилиндровом двигателе ЗМЗ-406 и на V-образном восьмицилиндровом двигателе

ЗМЗ-53, установленными в лабораториях инженерного института НГАУ.

Для исключения утечек воздуха через ЦПГ при прокрутке коленчатого вала стартером свечи зажигания у двигателей были демонтированы.

Результаты показаны на рисунке 4.

Верхние графики характеризуют положение коленчатого вала. Сигнал снимался с датчика распредвала (у ЗМЗ-406) и с первичной цепи зажигания (у ЗМЗ-53). Нижние графики показывают величину расхода картерных газов на вы-

ходе из маслосливной горловины (система вентиляции картера отключена).

Анализ полученных данных выявил, что периодическое изменение объема картера двигателя ЗМЗ-406 на 0,2 л приводит к синусоидальному изменению расхода картерных газов, достигающего величины 200 л/мин. У двигателя ЗМЗ-53 периодическое изменение объема картера отсутствует, что не вызывает пульсации картерного газа.

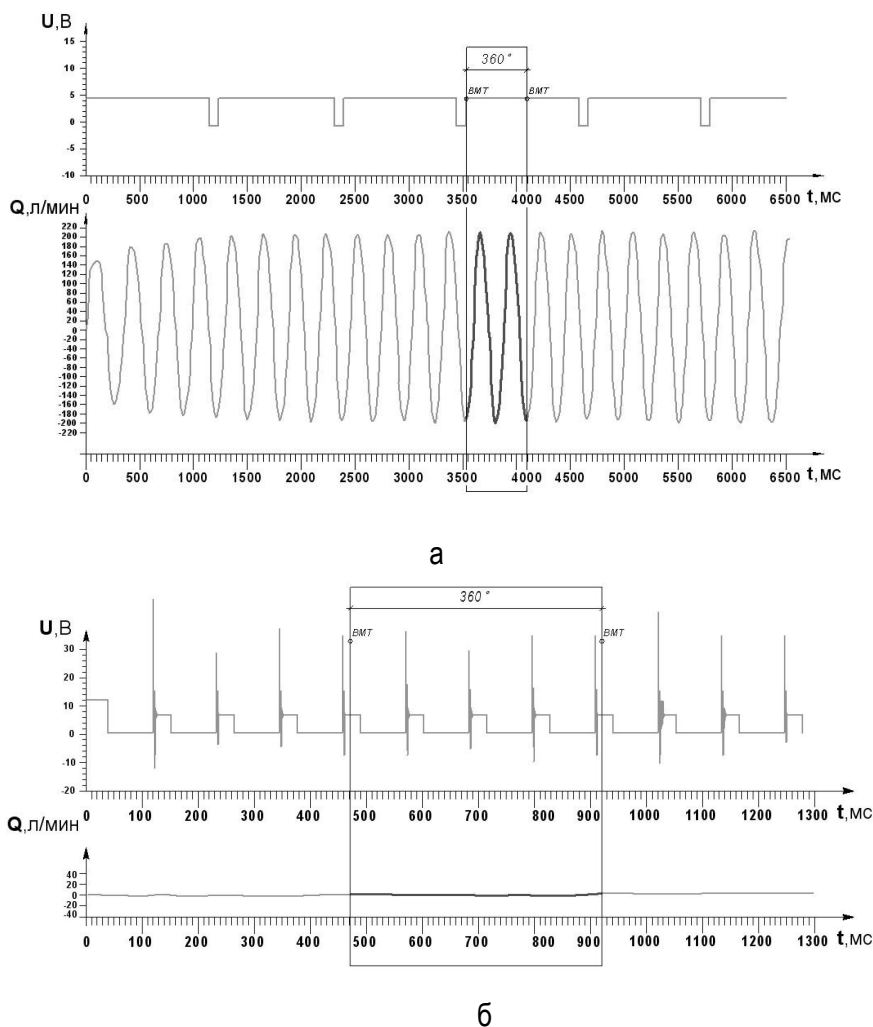


Рис. 4. Сигнал с датчика расхода картерных газов в режиме прокрутки двигателя без свечей зажигания: а – для двигателя ЗМЗ-406; б – для двигателя ЗМЗ-53

Выводы

1. В результате исследований выявили, что отличие величины пульсаций картерных газов у разных двигателей зависит от таких конструктивных параметров двигателя, как число и расположение цилиндров, угол заклинки коленчатого вала.

2. Были определены наиболее подходящие конструкции двигателей для определения состояния ЦПГ по расходу картерных газов. С наименьшей погрешностью можно диагностировать рядные 3-, 5- и 6-цилиндровые а также V-образные 6-, 8- и 12-цилиндровые двигатели. Также возможно применение этого метода, но уже с большей погрешностью (примерно на

3–10% в зависимости от чувствительности расходомера), для рядных 4-цилиндровых, 2-цилиндровых с углом заклинки 180° и V-образного 4-цилиндрового двигателей.

Литература

1. Технические средства диагностирования: справ. / В.В. Ключев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук [и др.]; под общ. ред. В.В. Ключюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
2. Бах А.Н. Исследование работоспособности цилиндропоршневой группы двигателя СМД-14 при эксплуатации его в условиях Новосибирской области: дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 1974. – 150 с.
3. Терских И.П. Диагностика технического состояния тракторов: учеб. пособие. – Иркутск, 1975. – 159 с.
4. Станиславский Л.В., Улановский Э.А., Игнатов О.Р. Диагностирование цилиндропоршневой группы дизеля по расходу картерных газов // Двигателестроение. – 1983. – № 11. – С. 37–38.
5. Венцель С.В., Коровянский И.А. Газодинамический фон в картере двигателя // Двигателестроение. – 1982. – № 1. – С. 32–36.
6. Коньков А.Ю., Лашко В.А. Средства и методы диагностирования дизелей по индикаторной диаграмме рабочего процесса. – Хабаровск: Изд-во ДВГУ-ПС, 2007. – 147 с.
7. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчёт автотракторных двигателей: учеб. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
8. Руководство по ремонту, эксплуатации и техническому обслуживанию автомобиля

«Волга» ГАЗ 3110 / под ред. Ю.В. Кудрявцева. – М.: Колесо, 2000. – 336 с.

Literatura

1. Tehnicheskie sredstva diagnostirovanija: sprav. / V.V. Kljuev, P.P. Parhomenko, V.E. Abramchuk [i dr.]; pod obshh. red. V.V. Kljujueva. – M.: Mashinostroene, 1989. – 672 s.
2. Bah A.N. Issledovanie rabotosposobnosti cilindroporshnevoj grupy dvigatelja SMD-14 pri jekspluatácii ego v uslovijah Novosibirskoj oblasti: dis. ... kand. tehn. nauk. – Novosibirsk, 1974. – 150 s.
3. Terskih I.P. Diagnostika tehničeskogo sostojanija traktorov: ucheb. posobie. – Irkutsk, 1975. – 159 s.
4. Stanislavskij L.V., Ulanovskij Je.A., Ignatov O.R. Diagnostirovanie cilindroporshnevoj grupy dizelja po rashodu karternyh gazov // Dvigatolestroenie. – 1983. – № 11. – S. 37–38.
5. Vencel' S.V., Korovjanskij I.A. Gazodinamicheskiy fon v kartere dvigatelja // Dvigatolestroenie. – 1982. – № 1. – S. 32–36.
6. Kon'kov A.Ju., Lashko V.A. Sredstva i metody diagnostirovanija dizelej po indikatornoj diagramme rabocheho processa. – Habarovsk: Izd-vo DVGU-PS, 2007. – 147 s.
7. Nikolaenko A.V. Teorija, konstrukcija i raschjot avtotraktornyh dvigatelej: ucheb. – M.: Kolos, 1984. – 335 s.
8. Rukovodstvo po remontu, jekspluatácii i tehničeskomu obsluzhivaniju avtomobilja «Volga» GAZ 3110 / pod red. Ju.V. Kudrjavceva. – M.: Koleso, 2000. – 336 s.