

Библиографический список

1. Федоренко И.Я., Золотарев С.В., Смышляев А.А. Влияние числа ударов, необходимых для разрушения зерна на энергетический процесс измельчения // *ХиПС*. – 2001. – № 6. – С. 53-54.
2. Демидов В.А., Чирков С.Е. Измельчающие машины ударного действия. – М.: Машиностроение, 1969. – 70 с.
3. Сергеев Н.С. Центробежно-роторные измельчители фуражного зерна: дис. ... докт. техн. наук. – Челябинск, 2008. – 315 с.
4. Fang Q., Haque E., Spillman G.K., Reddy P.V., Steele J.L. Energy requirements for size reduction of wheat using a roller mill. Presented at the 1995 ASAE Annual international meeting, Paper № 956675.ASAE, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659 USA.
5. Сабиев У.К., Фомин В.В. Устройство для измельчения зерновых материалов // *Вестник ОмГАУ*. – 2008. – № 2. – С. 75-76.
6. Сабиев У.К., Фомин В.В., Сабиев И.У. Повышение однородности гранулометрического состава измельченного материала в измельчителе центробежно-роторного действия // *Вестник АГАУ*. – 2011. – № 4. – С. 82-84.
7. Партон В.З., Борисковский В.Г. Динамика хрупкого разрушения. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
8. Левин В.А., Морозов Е.М., Матвиенко Ю.Г. Избранные нелинейные задачи механики разрушения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 408 с.
9. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос; Ленингр. отд-ние, 1978. – 560 с.
10. Сабиев У.К., Фомин В.В. Математическая модель движения сегмента зерновки в центробежно-роторном измельчителе фуражного зерна // *Достижения науки и техники АПК*. – 2010. – № 2. – С. 62-66.

References

1. Fedorenko I.Ya., Zolotarev S.V., Smyshlyayev A.A. Vliyanie chisla udarov, neobkhodimyykh dlya razrusheniya zerna na energetiku protsessa izmel'cheniya // *KhiPS*. – 2001. – № 6. – S. 53-54.
2. Demidov V.A., Chirkov S.E. Izmel'chayushchie mashiny udarnogo deistviya. – M.: Mashinostroenie, 1969. – 70 s.
3. Sergeev N.S. Tsentrobezhno-rotornye izmel'chiteli furazhnogo zerna: dis. ... dokt. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 2008. – 315 s.
4. Fang Q., Haque E., Spillman G.K., Reddy P.V., Steele J.L. Energy requirements for size reduction of wheat using a roller mill. Presented at the 1995 ASAE Annual international meeting, Paper № 956675.ASAE, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659 USA.
5. Sabiev U.K., Fomin V.V. Ustroistvo dlya izmel'cheniya zernovykh materialov // *Vestnik OmGAU*. – 2008. – № 2. – S. 75-76.
6. Sabiev U.K., Fomin V.V., Sabiev I.U. Povyshenie odnorodnosti granulometricheskogo sostava izmel'chennogo materiala v izmel'chitele tsentrobezhno-rotornogo deistviya // *Vestnik AGAU*. – 2011. – № 4. – S. 82-84.
7. Parton V.Z., Boriskovskii V.G. Dinamika khрупкого razrusheniya. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 240 s.
8. Levin V.A., Morozov E.M., Matvienko Yu.G. Izbrannye nelineinye zadachi mekhaniki razrusheniya. – M.: FIZMATLIT, 2004. – 408 s.
9. Mel'nikov S.V. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskikh ferm. – L.: Kolos; Leningr. otd-nie, 1978. – 560 s.
10. Sabiev U.K., Fomin V.V. Matematicheskaya model' dvizheniya segmenta zernovki v tsentrobezhno-rotornom izmel'chitele furazhnogo zerna // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2010. – № 2. – S. 62-66.



УДК 631.372

В.Н. Кузнецов, В.И. Беляев, Ф.П. Мельников
V.N. Kuznetsov, V.I. Belyaev, F.P. Melnikov

**ВЛИЯНИЕ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ
 ВО ВПУСКНОМ КОЛЛЕКТОРЕ МНОГОЦИЛИНДРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**EFFECTS OF PROPER INSTALLATION TIMING TO CHANGE INLET MANIFOLD PRESSURE
 IN MULTI-CYLINDER ENGINE**

Ключевые слова: фазы газораспределения, двигатель, впускной коллектор, газораспределительный механизм, клапаны, закон подъема, диагностирование, нарастание давления, контроль, регулирование.

Keywords: valve timing, engine, intake manifold, gas distribution mechanism, the valves, the law of lift, the diagnosis, the pressure build-up, control, regulation..

Предложен метод безразборной диагностики газораспределительного механизма (ГРМ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на основе анализа смещения фаз газораспределения. Разработана экспериментальная установка, состоящая из четырехцилиндрового четырехтактного ДВС, компьютера, датчика положения распределительного вала, USB-осциллографа, датчика давления. Для определения изменения давления были использованы датчики положения распределительного вала и давления во впускном коллекторе. Первый из них предназначен для определения ВМТ первого цилиндра при такте сжатия. Сигнал датчика использовался при сравнении осциллограмм давления, полученных в ходе эксперимента. В качестве датчика давления применяли электромагнитный датчик мембранного типа. Штуцер для отбора давления присоединен к впускному коллектору. Проведены опыты на экспериментальной установке при различных значениях фаз газораспределения. В результате установлено существенное отличие осциллограмм на участке нарастания давления, при этом участки убывания давления практически совпадают. Поэтому целесообразно проводить сравнение экспериментальных данных по параметрам установившегося нарастания давления. На представленных осциллограммах это участок, заключенный между значениями давления, эквивалентными 0,025 и 0,15 В. Получено уравнение для описания нарастания давления на данном участке и определена величина смещения распределительного вала относительно коленчатого. Таким образом, предлагаемый метод позволяет определить смещение фаз газораспределения без разборки двигателя, что существенно сокращает время диагностирования ГРМ ДВС. Погрешность метода не превышает 5%. Математическое описание метода обеспечивает автоматизацию про-

цесса диагностирования, что уменьшит количество ошибок, обусловленных человеческим фактором.

The method is capable of diagnosing timing mechanism (GRM) of the internal combustion engine (ICE) based on the analysis of phase shifting timing. Developed experimental setup, consisting of a four-cylinder four-stroke internal combustion engine, computer, camshaft position sensor, USB oscilloscope, pressure sensor. To determine changes in pressure were used sensors camshaft position and the pressure in the intake manifold. The first one is intended to determine the TDC of the first cylinder during the compression stroke. The sensor signal was used when comparing the pressure waveform obtained in the course of the experiment. As the pressure sensor was applied electromagnetic sensor membrane type. Fitting for selection pressure is attached to the intake manifold. Experiments in the pilot plant at different values of timing. As a result a significant difference waveform plot of pressure rise, with areas decreasing pressure are almost the same. It is therefore advisable to compare the experimental data on the parameters of the steady increase of pressure. On the waveform that the area enclosed between the pressures equivalent of 0.025 and 0.15 V. The resulting equation describing the pressure rise at the site and determined the amount of displacement of the camshaft relative to the crankshaft. Thus, the proposed method allows to determine the phase shift of the timing without disassembly of the engine, which significantly reduces the time of diagnosis timing of the engine. Error does not exceed 5%. The mathematical description of the method provides automation of the process of diagnosis, which will reduce the number of errors caused by human factor.

Кузнецов Василий Николаевич, аспирант, Бийский технологический институт (филиал), Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, тел. (3854) 306714. E-mail: kusnezow2508@gmail.com.

Беляев Владимир Иванович, д.т.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет, Тел.: (3854) 62-35-99. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Мельников Федор Петрович, доцент, Бийский технологический институт (филиал), Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, тел. (3854)306714, e-mail: at@bti.secna.ru.

Kuznetsov Vasily Nikolayevich, Post-Graduate Student, Biysk Technological Institute (Branch) of Altai State Technical University named after I. I. Polzunov. E-mail: kusnezow2508@gmail.com.

Belyayev Vladimir Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. Ph.: (3854) 62-35-99. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Melnikov Fyodor Petrovich, Assoc. Prof., Biysk Technological Institute (Branch) of Altai State Technical University named after I. I. Polzunov. E-mail: at@bti.secna.ru.

Введение

Газораспределительный механизм (ГРМ) – совокупность элементов, осуществляющих процесс газообмена в двигателе, кинематически связанная с коленчатым валом передающими вращение устройствами [1-3].

Для обеспечения нормальной работы двигателя ГРМ должен своевременно открывать и закрывать впускные и выпускные клапаны, подавать необходимое количество воздуха или топливоздушную смеси (ТВС) в цилиндр, а также обеспечивать герметичность камеры сгорания.

Под фазами газораспределения понимают момент открытия и закрытия клапанов и продолжительность их открытого состояния, выражаемые в градусах угла поворота коленчатого вала [4, 5]. Впускные клапаны открываются с опережением, т.е. до достижения поршнем ВМТ, что обеспечивает поступление ТВС в цилиндры двигателя до начала такта впуска, закрываются с запаздыванием, что позволяет использовать инерционный напор всасываемой смеси, улучшая наполнение и увеличивая мощность ДВС [6].

При смещении фаз газораспределения изменяется момент начала открытия и закрытия клапана, что оказывает негативное влияние на работу ДВС (рис. 1).

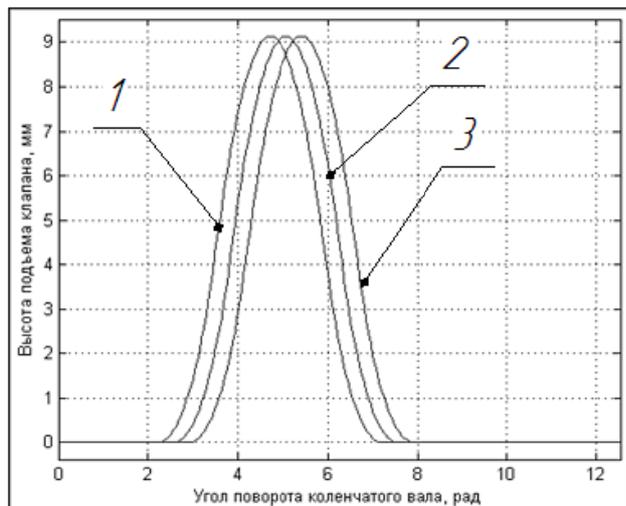


Рис. 1. Смещение начала открытия и закрытия клапана при смещении фаз газораспределения

Негативное влияние смещения фаз газораспределения в сторону опережения проявляется в соударении тарелок клапана с днищем поршня, что способствует увеличению ударных нагрузок на механизм газораспределения и выходу его из строя. При смещении фаз в сторону отставания ухудшается наполнение цилиндра. Смещение фаз газораспределения от нормального положения приводит к неполноте сгорания ТВС и повышенной дымности ДВС [6]. Для обеспечения нормативных параметров работы ДВС необходимо контролировать и регулировать установку фаз газораспределения.

Контроль смещения фаз газораспределения предусматривает частичную разборку ДВС, что значительно увеличивает время простоя техники при техническом обслуживании и ремонте (ТО и Р) [7].

Поэтому **целью** работы является снижение трудозатрат на проведение операций технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств за счет разработки и внедрения безразборных методов диагностирования ДВС.

Задача исследования заключалась в разработке и экспериментальной проверке безразборного метода диагностирования ДВС.

Экспериментальная часть

Анализ теоретических и экспериментальных исследований показывает, что установку фаз газораспределения возможно контролировать по изменению давления во впускном коллекторе.

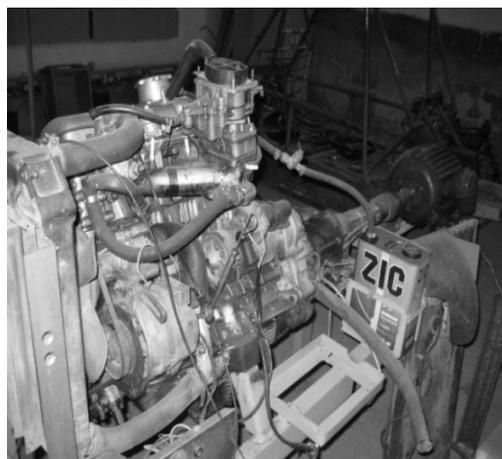
Для проведения экспериментальных исследований разработана экспериментальная установка, состоящая из четырехцилиндрового четырехтактного ДВС (рис. 2 а), компьютера, датчика положения распределительного вала, USB-осциллографа (рис. 2 б), датчика давления.

Для определения изменения давления были использованы датчики положения распределительного вала и давления во впускном коллекторе.

Датчик положения распределительного вала служит для определения ВМТ первого цилиндра при такте сжатия. Сигнал датчика использовался при сравнении полученных в ходе эксперимента осциллограмм давления.

В качестве датчика давления применяли электромагнитный датчик мембранного типа. Штуцер для отбора давления присоединен к впускному коллектору.

Для снятия показаний с датчиков использовался двухканальный USB-осциллограф DISCO.



а



б

Рис. 2. Элементы экспериментальной установки: а – двигатель УЗАМ 412; б – USB-осциллограф DISCO

Исследования проводились на экспериментальной установке при различных значениях фаз газораспределения.

По результатам экспериментальных исследований получены осциллограммы изменения давления во впускном коллекторе ДВС и выполнялся их анализ.

Результаты исследования

Анализ экспериментальных данных показал, что существенное отличие осциллограмм наблюдается на участке нарастания давления, при этом участки убывания давления практически совпадают. Также незначительно отличаются амплитуды колебаний. Исходя из этого целесообразно проводить сравнение экспериментальных данных по параметрам установившегося нарастания давления. На представленных осциллограммах

таким участком является участок, заключенный между значениями давления эквивалентными 0,025 и 0,15 В (рис. 3). Угол положения коленчатого вала при различных смещениях фаз газораспределения на этом участке при одинаковом значении давления различен.

Таким образом, по фазовым смещениям осциллограммы изменения давления во впускном коллекторе можно судить о смещении фаз газораспределения.

Экспериментальные кривые изменения давления во впускном коллекторе при различных фазах газораспределения показаны на рисунке 3.

Исходя из того, что смещение кривой нарастания давления одинаково для каждого цилиндра, то сравнение можно производить по нарастанию давления от работы любого цилиндра.

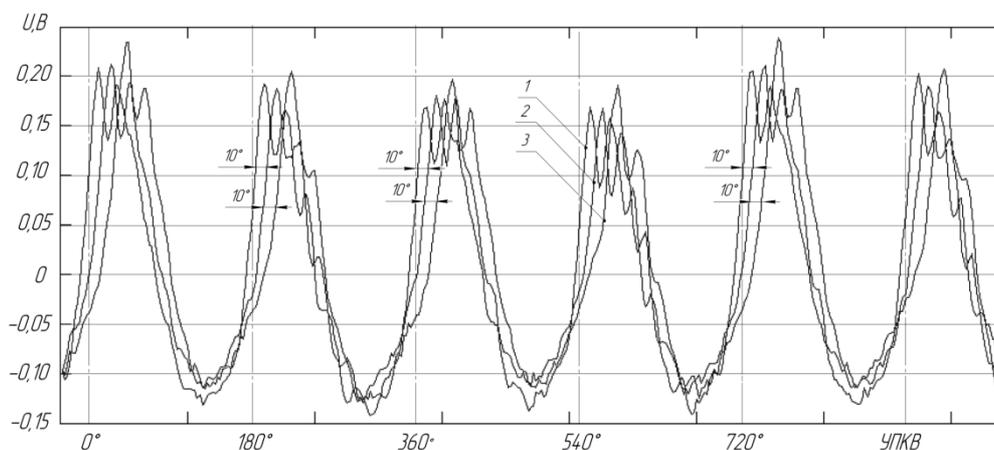


Рис. 3. Сравнение экспериментальных кривых изменения давления во впускном коллекторе при различных фазах газораспределения:
1 — распределительный вал опережает коленчатый; 2 — нормальное положение; 3 — распределительный вал отстает от коленчатого

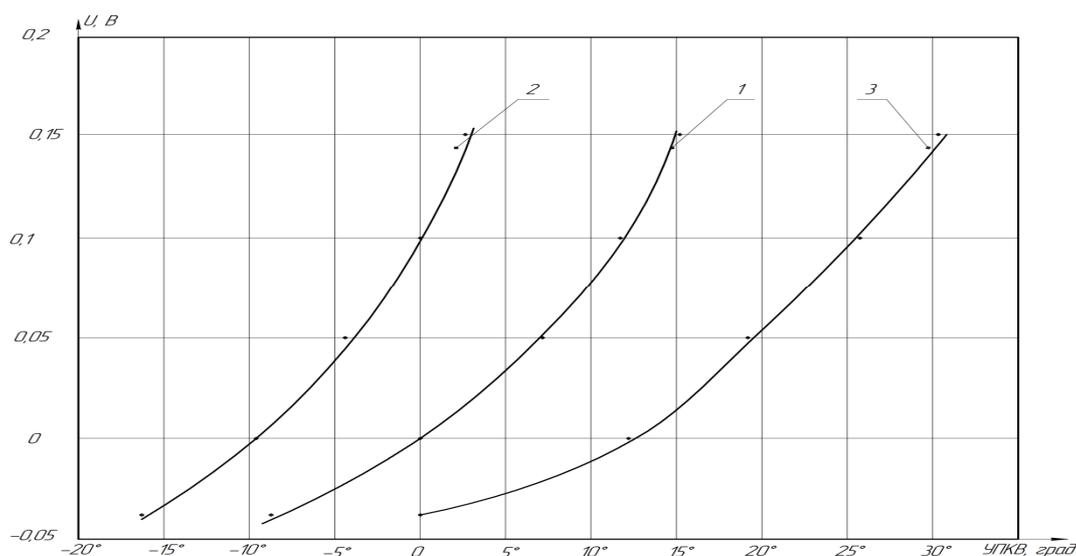


Рис. 4. Зависимость нарастания давления во впускном коллекторе от угла поворота коленчатого при различных смещениях фаз газораспределения:
1 — нормальное положение; 2 — распределительный вал опережает коленчатый; 3 — распределительный вал отстает от коленчатого

Для определения величины смещения распределительного вала относительно коленчатого необходимо получить несколько значений давлений на участке его установившегося нарастания. По полученным значениям давления можно составить уравнение, описывающее этот участок.

Уравнение можно представить в следующем виде:

$$y = A_1(\varphi + \varphi_0)^2 + A_2(\varphi + \varphi_0) + A_3, \quad (1)$$

где A_1, A_2, A_3 – коэффициенты полинома;

φ – текущее положение распределительного вала;

φ_0 – начальное смещение распределительного вала относительно коленчатого.

При нормальном положении распределительного вала относительно коленчатого $\varphi_0 = 0$. Приравнявая уравнение, описывающее нормальное положение и уравнение, полученное при диагностировании, вычисляется величина смещения φ_0 в градусах. Отрицательное значение величины φ_0 означает смещение распределительного вала в сторону опережения, положительное значение – в сторону отставания.

Шаг зуба шестерни газораспределения по распределительному валу можно определить из выражения:

$$p_{ш} = \frac{360^\circ}{z}, \quad (2)$$

где z – число зубьев на шестерне.

Зная величину φ_0 , можно определить на сколько зубьев шестерни смещена фаза:

$$z_0 = \frac{\varphi_0}{p_{ш}}. \quad (3)$$

Выводы

1. Предлагаемый метод позволяет определить смещение фаз газораспределения без разборки двигателя, что существенно сокращает время диагностирования ГРМ ДВС.

2. Метод обладает достаточно высокой точностью, что подтверждают проведенные экспериментальные исследования (погрешность не более 5%).

3. Математическое описание метода обеспечивает автоматизацию процесса диагностирования, уменьшая количество ошибок, обусловленных человеческим фактором.

Библиографический список

1. Кузнецов В.Н. и др. Газораспределительные механизмы двигателя внутреннего сгорания // Современная техника и технологии: проблемы, состояние, перспективы: матер. I Всерос. науч.-техн. конф. (23-25 ноября 2011 г.) / под ред. к.т.н., проф.

А.Н. Площаднова / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2011. – С. 438-442.

2. Вырубков Д.Н., Ефимов С.И., Иващенко Н.А. и др. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. – М.: Машиностроение, 1977. – 592 с.

3 Lewis R., Dwyer-Joyce R.S. Automotive Engine Valve Recession. – London: Professional Engineering Pub., 2002.

4. Райков И.Я., Рывинский Г.Н. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. – М.: Высшая школа, 1971. – 432 с.

5. Ленин И.М., Попыг К.Г., Малашкин О.М. Автомобильные и тракторные двигатели: теория, системы питания, конструкция и расчет / под общ. ред. И.М. Ленина. – М.: Высшая школа, 1969. – 655 с.

6. Бельских В.И. Диагностика технического состояния и регулировка тракторов. – М.: Колос, 1973. – 495 с.

7. Соломкин А.П., Козак А.И., Гоптаренко Т.В. и др. Технический сервис машин в сельском хозяйстве: руководство по организации. – Астана: Астана, 2004. – 110 с.

References

1. Kuznetsov V.N. i dr. Gazoraspredelitel'nye mekhanizmy dvigatelya vnutrennego sgoraniya // Sovremennaya tekhnika i tekhnologii: problemy, sostoyanie, perspektivy: mater. I Vseros. nauch.-tekhn. konf. (23-25 noyabrya 2011 g.) / pod red. k.t.n., prof. A.N. Ploshchadnova / Rubtsovskii industrial'nyi institut. – Rubtsovsk, 2011 – S. 438-442.

2. Vyubov D.N., Efimov S.I., Ivashchenko N.A. i dr. Dvigateli vnutrennego sgoraniya: Konstruirovaniye i raschet na prochnost' porshnevykh i kombinirovannykh dvigatelei. – M.: Mashinostroeniye, 1977. – 592 s.

3 Lewis R., Dwyer-Joyce R.S. Automotive Engine Valve Recession. – London: Professional Engineering Pub., 2002.

4. Raikov I.Ya., Rytvinskii G.N. Avtomobil'nye dvigateli vnutrennego sgoraniya. – M.: Vysshaya shkola, 1971. – 432 s.

5. Lenin I.M., Popyg K.G., Malashkin O.M. Avtomobil'nye i traktornye dvigateli: teoriya, sistemy pitaniya, konstruktsiya i raschet / pod obshch. red. I.M. Lenina. – M.: Vysshaya shkola, 1969. – 655 s.

6. Bel'skikh V.I. Diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya i regulirovka traktorov. – M.: Kolos, 1973. – 495 s.

7. Solomkin A.P., Kozak A.I., Goptarenko T.V. i dr. Tekhnicheskii servis mashin v sel'skom khozyaistve. Rukovodstvo po organizatsii. – Astana: Astana, 2004. – 110 s.

