

МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ ПО ВЕЛИЧИНЕ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВ В КАРТЕРЕ

*В.В. Нечаев, к.т.н., доцент, К.В. Головкин, адъюнкт
ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А. В. Хрулева»*

Выполнен анализ экспресс-методов технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя, выявлены основные недостатки и пути их устранения. Приведено описание метода диагностирования цилиндропоршневой группы при холодной холостой прокрутке коленчатого вала двигателя автомобильной техники на основе математической зависимости изменения давления газа в картере неработающего двигателя от суммарной величины неплотностей в сопряжении зеркало цилиндра–поршневое кольцо–поршень. Получены результаты экспериментального исследования при диагностировании цилиндропоршневой группы двигателя с использованием разработанного метода.

Эксплуатационная надежность грузового автомобиля в значительной степени зависит от технического состояния двигателя, а именно его цилиндропоршневой группы. Эта группа определяет основные показатели рациональности использования техники, такие как:

- быстрота набора скорости перемещения;
- время, затрачиваемое для преодоления определенного расстояния;
- экономические и экологические показатели.

Поэтому следует уделять должное внимание состоянию деталей цилиндропоршневой группы, в случае возникновения неисправностей (дефектов) определять и локализовывать их на начальной стадии. Существует множество различных методов технического диагностирования цилиндропоршневой группы. Они достаточно информативны, широко используются в настоящее время, позволяют с достоверной точностью определять техническое состояние деталей цилиндропоршневой группы и в то же время имеют ряд существенных недостатков. Наиболее характерными недостатками, относящимися практически ко всем методам, являются [1–2]:

- необходимость обязательного пуска двигателя и его прогрев до рабочей температуры, что не



всегда возможно из-за неисправности, либо по другим причинам;

- демонтаж деталей двигателя и их последующая установка на штатное место, что неизбежно приведет к износу соединительных поверхностей;
- возможность использования методов диагностирования только в стационарных условиях.

Следовательно, возникает необходимость в разработке экспресс-метода, который исключил бы перечисленные недостатки.

Сущность предлагаемого метода заключается в том, что создаются специальные условия для диагностирования: происходит имитация работы двигателя при прокрутке коленчатого вала стартером без подачи и, соответственно, без воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя. Одновременно в цилиндры подается сжатый воздух под небольшим давлением и контролируется давление в картере. Принципиальная схема предлагаемого метода диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя представлена на рис. 1.

Давление газа в картере зависит от суммарной величины неплотностей сопряжения зеркало цилиндра–поршневое кольцо–поршень.

Метод исключает само понятие алгоритма поиска неисправностей деталей цилиндропоршневой группы, так как является методом «экспресс-диагностирования» и предназначен

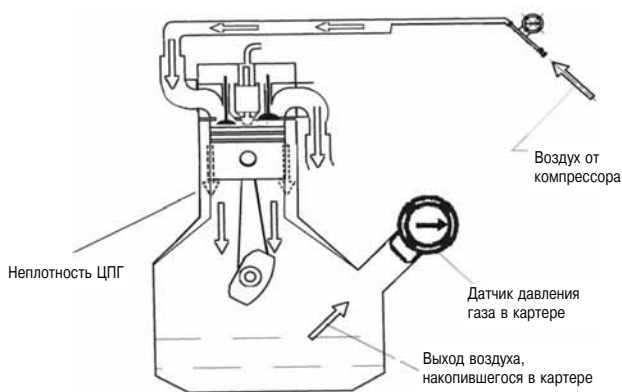


Рис. 1. Принципиальная схема метода для диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала

для решения определенного круга задач технического диагностирования двигателя в условиях ограниченного времени и при отсутствии стационарных комплексов технического обслуживания и ремонта. В то же время при необходимости определения неисправности в конкретном цилиндре такая возможность существует.

Основное назначение разработанного метода — определение возможности автомобиля преодолеть расстояние более 1000 км, исключив при этом какую-либо неисправность деталей цилиндропоршневой группы.

Метод в соответствии с общими техническими требованиями к средствам диагностирования автомобилей является безразборным. Для диагностирования цилиндропоршневой группы первоначально выполняют следующие подготовительные действия: проверяют уровень масла в картере двигателя, при необходимости доводят его до нормы, герметизируют картерное пространство двигателя, закрывая пробками отверстия сапуна и под масломерную линейку. Вместо крышки маслозаливной горловины устанавливают модифицированную крышку с вмонтированным в нее манометром и клапаным механизмом, затем отключают подачу топлива в цилиндры. Далее проводят непосредственно диагностирование цилиндропоршневой группы. Стартером прокручивают коленчатый вал диагностируемого двигателя без его пуска в течение 10 секунд, подавая одновременно воздух под давлением 0,6 МПа (необходимое давление для того, чтобы продуть цилиндропоршневую группу от остатков масла во избежание погрешности измерения) во впускной коллектор двигателя и через поочередно открывающиеся впускные клапаны газораспределительного механизма в цилиндры, при этом часть воздуха попадает в картер двигателя, проходя между компрессионными кольцами и внутренней поверхностью гильзы (чем больше

износ деталей цилиндропоршневой группы двигателя, тем больше создается давление в картерном пространстве). При достижении давления в картере диагностируемого двигателя определенной величины (по истечении 10 секунд), прекращают подачу воздуха и прокрутку коленчатого вала двигателя. Сравнивая полученную величину давления газа в картере с полученными ранее в лабораторных условиях значениями для данного типа двигателя (с учетом поправочных коэффициентов, учитывающих влияние температуры окружающей среды, состояния моторного масла и район, в котором эксплуатируется техника), делается вывод о техническом состоянии деталей цилиндропоршневой группы и принимается решение об использовании автомобиля [3].

Для определения конкретного цилиндра, в котором присутствует неисправность на маслозаливную горловину вместо штатной крышки устанавливают специальный клапан. Во время диагностирования датчик стробоскопа, прибора ПАС-2, последовательно соединяют со штуцерами ТНВД проверяемых цилиндров и по шкале на корпусе клапана, установленного на маслозаливной горловине, определяют вертикальный ход клапана, освещая при этом стрелку и шкалу стробоскопом. Ход клапана соответствует импульсу давления газов, создаваемого в картере при каждом рабочем ходе поршня, т. е. прорыву сжатого воздуха в отдельных цилиндрах. По величинам хода клапана оценивают техническое состояние деталей цилиндропоршневой группы [4].

Закономерность изменения давления газа в картере неработающего двигателя от суммарной величины неплотностей в сопряжении зеркало цилиндра–поршневое кольцо–поршень, подтверждает зависимость Бернулли–Эйлера для массового расхода воздуха

$$Q = \alpha \varepsilon F \sqrt{2\rho(p_b - p_k)},$$

где Q — массовый расход воздуха кг/с; α — коэффициент расхода, учитывающий неравномерное распределение скоростей по сечению потока; ε — поправочный множитель на расширение изменяемой среды; F — общая площадь зазора в замке поршневого кольца, м²; ρ — плотность воздуха кг/м³; p_b — давление сжатого воздуха, поступающего в цилиндр двигателя, при прокрутке коленчатого вала, Па; p_k — давление газов в картере двигателя после подачи сжатого воздуха в цилиндры и прокрутки коленчатого вала, Па.

Данная математическая зависимость научно обосновывает возможность использования предлагаемого метода диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной хо-

лостой прокрутке коленчатого вала. Другими словами, состояние деталей цилиндропоршневой группы определяет величину давления газов в картерном пространстве.

Экспериментальные исследования, выполненные на Тутаевском моторном заводе, полностью подтверждают не только возможность использования метода диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала, но и указывают на высокую его информативность и достоверность.

Эксперимент проводился на трех экземплярах двигателей ТМЗ модели 8492.10-033 (I, II и IV категории):

I категория — новый двигатель, прошедший проверку в отделе технического контроля, готовый к установке на автомобиль или использования в качестве силовой установки;

II категория — работоспособный двигатель, бывший в эксплуатации на автомобиле (пробег не более 120 000 км) или использовавшийся в качестве силовой установки (наработка не более 4800 моточасов);

IV категория — двигатель, требующий проведения капитального ремонта, бывший в эксплуатации на автомобиле (пробег более 150 000 км) или использовавшийся в качестве силовой установки (наработка более 6000 моточасов).

Задача исследования состояла в оценке информативности предложенного диагностического параметра — давления газа в картере неработающего двигателя при подаче сжатого воздуха в цилиндр при холодной холостой прокрутке коленчатого вала для определения технического состояния деталей цилиндропоршневой группы (поршень—поршневое кольцо—гильза).

Исследования проводились при температуре охлаждающей жидкости: 0, 5, 10, 15, 20 °С. Предварительно компрессия в цилиндрах диагностируемых двигателей проверялась стандартным способом при помощи серийно выпускаемого диагностического прибора (компрессометром). По окончании проведения экспериментального исследования на каждом двигателе выполнялись разборочные работы и производились замеры деталей цилиндропоршневой группы (поршень, поршневое кольцо, гильза).

Результатом проведения эксперимента стали значения величины давления газа в картере (нормальное — 4050 Па, допустимое — 31 800 Па и предельное — 56 050 Па) для оценки технического состояния деталей цилиндропоршневой группы двигателей модели 8492.10-033 и полученные эмпирически значения поправок, которые учитывают влияние температуры окружающей среды, климатического района и состояние моторного масла.

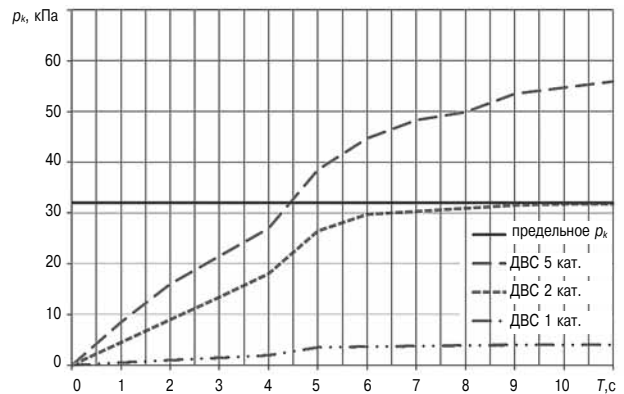


Рис. 2. Графики изменения давления газа в картере двигателей различной категории

Графики изменения давления газа в картере испытуемых двигателей от суммарной величины неплотностей в сопряжении зеркало цилиндра—поршневое кольцо—поршень за время диагностирования представлены на рис. 2. Основные результаты эксперимента и «браковочные параметры» представлены в таблице.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что метод и средство технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала можно применять для определения технического состояния цилиндропоршневой группы как новых, так и поступивших в ремонт двигателей ТМЗ модели 8492.10-033 в системе диагностирования автомобильной техники. Используемый в методе диагностический параметр (максимальное давление в картере) обладает достаточной информативностью. Применение предлагаемого метода позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на выполнение работ по техническому диагностированию. Например трудоемкость диагностирования (проведение пневматической опрессовки деталей цилиндропоршневой группы) 8-цилиндрового двигателя с помощью максиметра мод. КИ-1336А и прибора мод. К-69М составляет 1,7 чел.ч, а с использованием описанного метода и устройства работающего на его принципе всего 0,23 чел.ч.

Таким образом, представленный метод технического диагностирования цилиндропоршневой группы двигателя при холодной, холостой прокрутке коленчатого вала соответствует условиям для решения поставленной задачи, исключает из процесса диагностирования основные недостатки, что позволяет сделать заключение о возможности и целесообразности его использования при определении технического состояния цилиндропоршневой группы двигателей, устанавливаемых

Основные результаты проведения эксперимента

№ цилиндра	Показание компрессометра, кПа	Максимальное показание датчика давления картерных газов Па	Среднее давление картерных газов, Па	Температура °С	Номер опыта в серии	Данные микрометража детали ЦПГ
Двигатель 8492.10 -033 (I кат) Заводской номер J0026568 Дата испытания 20.06.2018г						
1	3600	4050	50	20	2	соответ. ТУ
2	3500		55		2	соответ. ТУ
3	3600		50		2	соответ. ТУ
4	3600		50		2	соответ. ТУ
5	3600		50		2	соответ. ТУ
6	3500		55		2	соответ. ТУ
7	3600		50		2	соответ. ТУ
8	3600		45		2	соответ. ТУ
Двигатель 8492.10 033 (II кат) Заводской номер J0026605 Дата испытания 16.07.2018г						
1	2700	31800	465	20	1	соответ. ТУ
2	2800		405		1	соответ. ТУ
3	2900		360		1	соответ. ТУ
4	2800		405		1	соответ. ТУ
5	2700		465		1	соответ. ТУ
6	2900		360		1	соответ. ТУ
7	2900		360		1	соответ. ТУ
8	2900		360		1	соответ. ТУ
Двигатель 8492.10 -033 (IV кат) Заводской номер 0026468 Дата испытания 19.07.2018г						
1	2700	56050	465	20	2	соответ. ТУ
2	2200		980		2	несоот. ТУ
3	2300		920		2	несоот. ТУ
4	2600		515		2	соответ. ТУ
5	2700		425		2	соответ. ТУ
6	2300		915		2	несоот. ТУ
7	2700		455		2	соответ. ТУ
8	2300		930		2	несоот. ТУ

на специальных колесных шасси и тягачах высокой проходимости выпускаемых акционер-

ным обществом «Брянский автомобильный завод».

Литература

1. Картуков А.Г., Нечаев В.В. Метод определения разброса компрессии в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания при прокрутке коленчатого вала // Двигателестроение. — 2017. — № 1. — С. 31–33.

2. Пичугин А.И. Повышение эффективности диагностирования цилиндропоршневой группы автомобильных двигателей путем совершенствования методов и средств распознавания ее состояний : дис. канд. тех. наук. — Саратов: Изд-во СГАУ, 2011. — 214 с.

3. Пат. 181484 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, G01M 15/04 Устройство для определения технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания / В.В. Нечаев, К.В. Головкин, М.Л. Буренев, Л.В. Жуков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное

казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» (RU). — № 2017138876; заявл. 8.11.2017; опубл. 16.07.2018 Бюл. № 20. — 6 с.

4. Пат. 181076 Российская Федерация, МПК G01M 15/00, G01M 15/04 Устройство для определения технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания / В.В. Нечаев, Е.В. Воробьев, В.П. Капустин, К.В. Головкин, В.В. Нечаев, Л.В. Жуков, А.Л. Бараш, М.Л. Буренев, И.Г. Толмачев; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» (RU). — № 2018113346/03; заявл. 12.04.2018; опубл. 04.07.2018 Бюл. № 19. — 2с.