

Полянський А.С.,

Молодан А.А.

Харківський національний
автомобільно-дорожній
університет,
г. Харків, Україна
E-mail: admin@khadi.kharkov.ua

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРО-
ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

УДК 629.083

Предложен метод оценки технического состояния цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) отличающийся от существующих учетом разделения потоков газов на головку цилиндра и поршневую группу, проходящих в картер двигателя, что позволяет повысить точность по сравнению с известными существующими методами до 40%.

Ключевые слова: диагностика, цилиндро-поршневая группа, картерные газы, насосные потери.

Введение. Одним из важнейших элементов двигателя является цилиндро-поршневая группа (ЦПГ), на ее долю приходится около 34-43% отказов (прорыв газов в картер двигателя). Для предупреждения возникновения отказов ЦПГ необходимо периодически проверять ее техническое состояние. Техническое состояние ЦПГ наиболее эффективно может оцениваться методом измерения утечки картерных газов [1].

По мере того как часть газов из надпоршневого пространства может проходить во впускной или в выпускной тракт через вышеуказанные зазоры, и в зависимости от степени износа манжетных уплотнений и самого узла головки цилиндра «стержень клапана – направляющая втулка», газы попадают в картер двигателя на различных этапах работы двигателя, особенно при такте выпуска отработавших газов.

Анализ последних достижений и публикаций. В работе Сараевой И.Ю. [2] использовался метод назначения предельно-допустимого значения на основе толерантных границ, который применяется при малой статистической информации, а также в случаях, когда затруднительно установить экономические зависимости. В качестве предельных значений принимаются так называемые толерантные границы функции распределения величины диагностического параметра, внутри которых с вероятностью p содержится доля m генеральной совокупности значений параметра. При этом предполагается, что объекты, эксплуатирующиеся до появления форсированных износов, дают нормальное распределение параметра.

Определение допустимого значения диагностического параметра проводится на основе выделения толерантных границ нормального распределения по формулам [3]

$$P_{\max} = \bar{P} + K(m, p, n)\sqrt{D}, \quad (1)$$

$$P_{\min} = \bar{P} - K(m, p, n)\sqrt{D}, \quad (2)$$

где \bar{P} – выборочное среднее значение параметра; D – дисперсия; K – коэффициент, зависящий от заданных вероятностей p и m ; n – размер выборки.

Определение же предельно-допустимых значений диагностических параметров Сараева И.Ю. [2] осуществляла эмпирическим способом, при этом на характер изменения диагностического или структурного параметров влияет большое число эксплуатационных (временных, нагрузочных, температурных и др.) факторов. Кроме того, при переходе от структурных параметров к диагностическим и от уровня отдельных элементов и сопряжений к оценке технического состояния агрегатов машин в целом, характер изменения диагностических параметров перестает быть монотонным и в этом случае применение

В тех случаях, когда понятие неисправности задается отраслевой документацией (например, в виде ограничений на выходные показатели), условное предельное значение диагностического параметра может быть определено путем пересчета на основе аналитической или регрессионной модели. Однако в большинстве случаев понятие неисправности количественно не задается, а определяется субъективно из опыта эксплуатации.

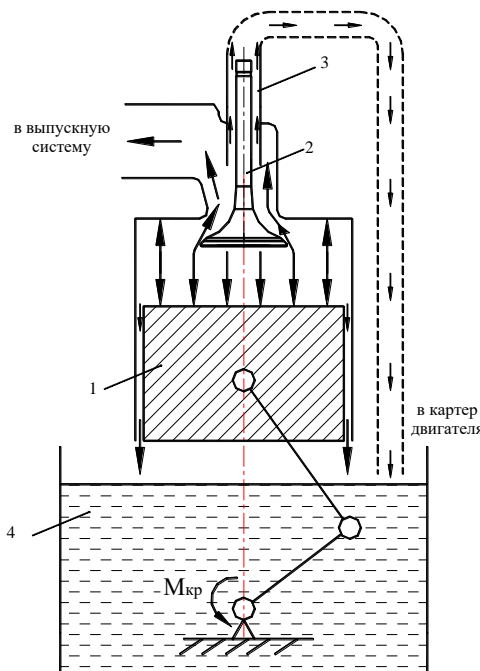
Цель и постановка задачи. Целью исследования является совершенствование метода оценки технического состояния цилиндро-поршневой группы путем разделения потоков газов, проходящих в картер. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

- определить рабочие параметры при тактах сжатия, рабочего хода и выпуска отработавших газов из цилиндра;
- определение скорости и количества газов, проходящих сквозь зазоры в узле «стержень клапана – направляющая втулка» на всех режимах работы дизельного двигателя;
- определение процентной доли картерных газов, приходящихся на клапанный механизм головки цилиндра на примере двигателя КамАЗ-740;
- определить влияние погрешности измерения количества картерных газов на прогнозирование технического состояния цилиндро-поршневой группы дизельного двигателя.

Постановка вопроса повышения точности оценки технического состояния ЦПГ двигателя. До настоящего времени рассматривался вопрос прорыва газов из надпоршневого пространства только через зазоры в ЦПГ из-за трудностей описания прохода газа через отверстия в картер двигателя.

В рассматриваемом случае учитывается расход газа из надпоршневого пространства как через зазоры в ЦПГ, так и через зазоры в клапанном механизме головки цилиндра.

Схему прохождения газов из надпоршневого пространства в картер двигателя внутреннего сгорания представим следующим образом (рис. 1.).



1 – поршень; 2 – выпускной клапан; 3 – направляющая втулка клапана; 4 – поддон картера.
Рис. 1 – Схема прохождения газов из надпоршневого пространства в картер двигателя внутреннего сгорания

Суть этого метода заключается в следующем: при износе деталей цилиндропоршневой группы (цилиндров, поршневых колец, поршней) или при появлении другой неисправности (поломка колец, закоксовывание колец, задиры цилиндров) нарушается герметичность надпоршневого пространства цилиндров двигателя.

Поскольку функцию герметичности надпоршневого пространства обеспечивает не только ЦПГ, но и клапанная группа, необходимо учитывать в процессе диагностирования двигателя и такой структурный параметр, как зазор между клапаном и седлом, то есть герметичность клапана.

По мере того, как часть газов из надпоршневого пространства может выходить либо во впускной или в выпускной коллектор через вышеуказанные зазоры, в зависимости от степени износа манжетных уплотнений и узла головки цилиндра «стержень клапана – направляющая втулка», они попадают в картер двигателя на различных этапах работы, особенно при такте выпуска отработавших газов.

В настоящее время методы и средства технической диагностики позволяют определить техническое состояние механизмов автомобиля на момент диагностирования и не позволяют сразу же получить сведения о их безотказной работе.

Тогда как измерение такого диагностического параметра, как «прорыв газа в картер», позволяет достаточно верно судить о мощности двигателя (основной рабочий параметр), о расходе топлива и масла (экономический параметр), о пусковых качествах двигателя и о техническом состоянии всех деталей цилиндропоршневой группы.

Техническое состояние же головки цилиндров, а именно клапанов и установочных мест под клапана, которые непосредственно влияют на определение количества газов в картере, определить сложно.

В литературе [2] пренебрегают этим параметром и считают, что клапана идеально уплотняют надпоршневое пространство. И когда определяется количество газов [1, 4], прорывающихся в картер двигателя через зазоры в цилиндропоршневой группе, никогда не учитывается та доля газов, попадающих в картер двигателя через зазоры в узле «стержень клапана – направляющая втулка», будь-то во время сжатия и рабочего хода в цилиндре через зазоры между клапаном и седлом или во время выпуска отработавших газов.

При определении процентной доли газов из надпоршневого пространства, проходящих через зазоры в клапанном механизме головки цилиндра в картер двигателя необходимо рассмотреть возможные случаи, когда газы могут проходить через вышеуказанные зазоры.

При рассмотрении вариантов, когда газы могут проходить сквозь зазоры в клапанном механизме головки цилиндров надо учитывать пробег и возраст двигателя, т.к. при определенном пробеге у различных двигателей происходит износ, в результате чего, в паре трения «стержень клапана – направляющая втулка» увеличивается зазор и в зависимости от того, установлена ли манжета в этом узле, газы начинают проходить в картер двигателя. Газы из надпоршневого пространства сквозь зазоры в клапанном механизме могут попадать в картер как минимум в двух случаях.

Первый случай, когда газы выходят из надпоршневого пространства сквозь зазоры между клапаном и седлом, попадая соответственно во впускной и выпускной коллекторы и далее через узел трения «стержень клапана – направляющая втулка» и затем в картер двигателя.

Второй случай, когда во время такта выпуска отработавших газов, газы из надпоршневого пространства попадая в выпускной коллектор, испытывая силу сопротивления выпускной системы, проходят через узел трения «стержень клапана – направляющая втулка» и затем в картер двигателя.

Експериментальним путем предполагается впервые выявить влияние каждого из зазоров: зазор в замке компрессионного кольца h_1 , зазор в сопряжении «гильза-поршень» h_2 , торцевой зазор компрессионного кольца h_3 и зазор в сопряжении «направляющая втулка – стержень клапана» h_4 на количество картерных газов.

С этой целью экспериментальные данные отсортированы следующим образом: один из 4-х зазоров выбирается переменным при постоянных 3-х остальных. Поскольку прорыв газов в картер двигателя из надпоршневого пространства сквозь зазоры в ЦПГ напрямую связан только с двумя зазорами: зазором в замке компрессионного кольца и торцевым зазором компрессионного кольца, то зазор между гильзой цилиндра и поршнем можем не учитывать. Таким образом, при проведении эксперимента попеременно можно брать один из 3-х зазоров переменным при остальных 2-х постоянных.

Зависимость утечки газов в картер Q от величин зазоров обозначим следующим образом

$$Q = f(h_1, h_2, h_3, h_4). \quad (3)$$

Как показывает практический опыт, вместо величин зазоров, через которые проходят газы из надпоршневого пространства в картер двигателя рационально рассматривать утечку газа через их площади поперечного сечения S_i , образованных зазорами h_i .

Так для поршневой группы характерны два зазора h_1 и h_3 , упомянутые выше, при подсчете значений их площадей поперечного сечения мы можем их объединить в одну – S_1 для удобства подсчета прохождения газов из надпоршневого пространства в картер двигателя и отдельно рассмотреть площадь поперечного сечения S_2 в соединении «направляющая втулка – стержень клапана».

В этом случае утечка газа, как функция двух параметров – площадей сечения зазоров ЦПГ – S_1 и площадей зазоров клапанного механизма, именно в узле «стержень клапана – направляющая втулка» – S_2 . Тогда

$$Q = f(S_1, S_2), \quad (4)$$

где Q – количество картерных газов в двигателе.

Для оценки влияния перечисленных факторов на надежность проводится направленный факторный эксперимент (в отдельности для эксплуатационных и ремонтно-обслуживающих факторов), реализующий соответственно все возможные неповторяющиеся комбинации трех независимых факторов, каждый из которых варьируется на двух крайних уровнях.

Надо отметить, что чем больше число ограничений, тем больше роль человека в задаче оптимизации, поскольку уменьшается число варьируемых параметров и, наоборот, при их уменьшении возрастает вклад компьютера и усложняется объем вычислительной работы, так как увеличивается число оптимально выбираемых параметров.

При конкурсном отборе вариантов конструкторских решений и оценке результатов испытаний необходимо ориентироваться на определенные показатели и критерии.

Введены два обобщенных параметра, характеризующих ЦПГ – пропускные способности прохождения газов из надпоршневого пространства через зазоры цилиндропоршневой группы – Δ_1 и, соответственно, через зазоры клапанного механизма головки цилиндра – Δ_2 в картер двигателя. Безусловно, существуют определенные нормативные значения параметров $\Delta_{1н}$, $\Delta_{2н}$ которые отражают ресурс машины. Введены в качестве

оценочных параметров отклонения от нормативных значений $\bar{\Delta}_1$ и $\bar{\Delta}_2$, то, очевидно, лучшей машиной будет та, у которой $\bar{\Delta}_1$ и $\bar{\Delta}_2$ меньше. Нельзя ограничиваться лишь техническими оценками, поскольку стремление к минимизации $\bar{\Delta}_1$ и $\bar{\Delta}_2$, может привести к существенному увеличению стоимости (затрат) в процессе изготовления и ремонта ЦПГ и нарушению допусков заложенных в конструкцию для компенсации тепловых расширений. Предложено увязать эти показатели с величиной утечек газов из надпоршневого пространства сквозь эти зазоры Q , т.е. в эксплуатации отнесенных к диагностическому параметру ЦПГ – количеству картерных газов.

При этом полагаем, что при сборке ЦПГ выдержаны все необходимые зазоры по техническим условиям (ТУ), то есть при удовлетворении нормативам ($\bar{\Delta}_1 = \bar{\Delta}_1 = \min$) количество картерных газов соответствует заданному при проектировании.

Выводы:

1. В результате исследования определены параметры в двигателе при тактах сжатия, рабочего хода и выпуска отработавших газов из цилиндра;
2. Процентная доля картерных газов [5], приходящихся на клапанный механизм головки цилиндра составляет для новых и качественно отремонтированных двигателей составляет 5...7%, для изношенных 15...20%, а иногда достигает 25...30% в зависимости от степени износа;
3. При измерениях количества картерных газов необходимо учитывать поправку на износ клапанного механизма, который влечет за собой относительную ошибку при прогнозировании технического состояния цилиндра-поршневой группы дизельного двигателя, которая может составлять до 20%.

Литература:

1. Чумаков Л.Д. Оценка вероятности безотказной работы для условных распределений при наличии ограниченной информации о безусловном распределении. Прочность и надежность элементов конструкции / Л.Д. Чумаков. – К.: Наукова думка, 1982.
2. Сараева И.Ю. Усовершенствование процесса диагностирования цилиндропоршневой группы и герметичности клапанов бензинового двигателя автомобиля: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.20 / Ирина Юрьевна Сараева. – Х., 2006. – 262 с.
3. Методика определения предельных и допустимых диагностических параметров агрегатов машин. – Горький: ВНИИНМАШ, 1980. – 34 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров: ГОСТ 23435-79. – [Введен в действие с 1980-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 8 с. – (Стандарт СССР).
5. Молодан А.А. Оценка технического состояния цилиндра-поршневой группы двигателя с учетом разделения потоков газов, проходящих в картер: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.20 / Молодан Андрей Александрович. – Х., 2011. – 184 с.

Summary

A. Molodan, A. Poljansky Improved method of technical cylinder-piston evaluation

We propose a method of evaluating the technical condition of the cylinder-piston group (CPG) is different from the existing view of the separation of gas streams in the cylinder head and piston group, passing into the crankcase, which improves accuracy compared to existing methods known to 40%.

Keywords: *diagnostics, cylinder-piston group, crankcase gases, pumping losses.*

References

1. Chumakov L.D. Ocenka veroyatnosti bezotkaznoj raboty dlya uslovnnyh raspredelenij pri nalichii ogranichennoj informacii o bezuslovnom raspredelenii. Prochnost i nadezhnost elementov konstrukcii / L.D. Chumakov. – K.: Naukova dumka, 1982.
2. Saraeva I.Yu. Usovershenstvovanie processa diagnostirovaniya cilindroporshnevoj grupy i germetichnosti klapanov benzinovogo dvigatelya avtomobilya: dis. ... kandidata tehn. nauk: 05.22.20 / Irina Yurevna Saraeva. – H., 2006. – 262 s.
3. Metodika opredeleniya predelnyh i dopustimyh diagnosticheskikh parametrov agregatov mashin. – Gorkij: VNIINMASH, 1980. – 34 s.
4. Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevye. Nomenklatura diagnosticheskikh parametrov: GOST 23435-79. – [Vveden v dejstvie s 1980-01-01]. – M.: Izd-vo standartov, 1979. – 8 s. – (Standart SSSR).
5. Molodan A.A. Ocenka tehničeskogo sostoyaniya cilindro-porshnevoj grupy dvigatelya s uchetom razdeleniya potokov gazov, prohodyashih v karter: dis. ... kandidata tehn. nauk: 05.22.20 / Molodan Andrej Aleksandrovich. – H., 2011. – 184 s.