

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ

А.С. Полянский, д.т.н., проф., А.А. Молодан, к.т.н.

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

Предложена система бортовой диагностики технического состояния цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) и клапанного механизма двигателя, путем установки датчика давления в поддон картера и сигнальной лампы в кабине водителя, оповещающей о приближении критического значения количества картерных газов в картере двигателя и необходимости прохождения технического обслуживания или ремонта.

Введение

Наличие объективных данных о реальном техническом состоянии объекта контроля позволяет отказаться от его обслуживания по ресурсу и выполнять все виды обслуживания только по запросу. Кроме того, сокращаются вредные выбросы двигателей через уплотнения, что положительно влияет на окружающую среду.

Так, как серийно выпускаемые отечественные транспортные средства системами диагностики не оборудованы, имеется острая необходимость в их использовании. Из анализа опыта разработки [1, 2] таких систем сформулированы основные требования по их созданию и установке.

Для локализации отказов в узлах и агрегатах объекта контроля, не охваченных датчиками, предусмотрена их разработка с последующими внедрением в систему диагностирования.

Анализ последних достижений и публикаций

Во многих литературных источниках [3-6], рассматривающих проблемы диагностирования автомобиля, указывается на значительные сложности, связанные с получением достоверного диагностического заключения о техническом состоянии двигателя без его разборки.

В первую очередь, это обусловлено как сложностью самой конструкции двигателя внутреннего сгорания (ДВС), так и сложностью процессов, сопутствующих превращению тепловой энергии в механическую работу, где наиболее нагруженными элементами, воспринимающими как механические, так и тепловые нагрузки, являются цилиндро-поршневая группа и клапанный механизм двигателя [7].

Вместо расчета среднестатистических данных гораздо эффективнее создание системы непрерывного контроля за состоянием ЦПГ, что находит все большее применение в практике эксплуатации – созданию систем непрерывного автоматизированного контроля «on-line».

Цель и постановка задачи

Целью исследования является совершенствование системы бортовой диагностики двигателя методов слежения за давлением картерных газов «on-line». Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

- определить числовые значения номинального, допустимого и предельного значений количества картерных газов в двигателе и их согласования со значениями давления;
- обеспечение слежения за количеством газов в картере двигателя, проходящих сквозь зазоры в ЦПГ и клапанном механизме головки цилиндра.

Постановка вопроса мониторинга технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя

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.

Рассмотренная задача предполагает внедрение в конструкцию автомобиля встроенной системы диагностирования состояния зазоров в цилиндро-поршневой группе и клапанном механизме. Проведение такого диагностирования должно быть непрерывным в процессе движения машины.

В настоящее время эксплуатация автомобилей особенно остро нуждается в инструментальных методах контроля технического состояния, что позволяет назначать периодичность и производить обслуживание по состоянию объекта диагностирования, т.е. для каждой конкретной машины. В этом случае, как показывает практика, снижаются эксплуатационные расходы. Велико значение технического диагностирования как метода инструментального определения технического состояния автомобиля без его разборки, т.е. если бы автомобиль имел высокую степень контролепригодности, должен быть оснащен встроенными точками контроля (точки-выходы для присоединения внешних средств технического диагностирования) и элементами бортовой диагностики.

С диагностикой технического состояния грузового автомобиля связана эксплуатационная надежность. Под эксплуатационной надежностью понимается свойство автомобиля выполнять поставленную оперативно-функциональную задачу, сохраняя во времени или по пробегу эксплуатационные показатели в требуемых пределах.

Основным звеном поддержания эксплуатационной надежности является бортовая диагностика технического состояния автомобиля. Для обеспечения бортовой диагностики автомобиля предлагается следующая концепция контролепригодности.

Если не рассматривать процессы, протекающие внутри грузового авто-

мобиля, то в общем случае его можно рассматривать как «серый ящик», связанный со средой и системами посредством внешних связей.

Обозначим:

x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) – входные параметры;

y_j ($j = 1, 2, \dots, n$) – выходные параметры;

α_γ ($\gamma = 1, 2, \dots, n$) – внутренние помехи в агрегатах автомобиля, возникающие в результате износа, поломок, дефектов.

Обычно поломки, возникающие в агрегатах, носят случайный характер и требуют экспериментального определения их неслучайных характеристик.

Диагностическими параметрами называются такие параметры, которые содержат информацию о неисправностях, над которыми установлены наблюдение и контроль.

Таким образом, можно сформулировать задачу бортового диагностирования автомобиля, как задачу обработки значений выходных параметров и их соответствия определенной оценке.

Значения любой диагностической величины представляет собой произведение численного значения на единицу измерения

$$I = \{I\}[I], \quad (1)$$

где I – идентификатор;

$\{I\}$ – числовое значение;

$[I]$ – единица измерения диагностируемой величины.

Предельно допустимые величины технического состояния обусловлены недопущением возникновения неисправностей агрегата и являются величинами технико-экономического характера.

В случае, рассматриваемом автором, контролируется состояние зазоров в клапанно-поршневой группе по косвенному параметру – количеству картерных газов. С этой целью в поддон картера устанавливается датчик, контролирующий давление картерных газов и в дискретном виде передает ее на сравнивающее устройство. Предельное значение параметров определяется [8] полученной зависимостью $Q = -34,95 + 194,8S_1 + 244,34S_2 - 80,52S_1S_2$.

Эта информация передается в блок обработки и отображения информации, который сигнализирует водителю о возникающей ситуации.

Согласно разработанной концепции, такая система легко интегрируется в общую систему диагностики, добавляя еще одну характеристику эксплуатационных условий

$$\lambda_{эксн} = f(I_n), \quad (2)$$

где n – число контролируемых параметров (в настоящее время их число не ограничивается возможностями системы).

Полученное значение функции сравниваем с эталонным значением Q^* , рассчитанным для аналогичных условий эксплуатации $\lambda_{эксн}$ и режимных характеристик нового автомобиля.

Таким образом, при принятии решения о дальнейшей эксплуатации автомобиля следует обязательно учитывать режимные характеристики.

По результатам сравнения принимаем решение о дальнейшей эксплуатации двигателя автомобиля:

- при $Q(S_1, S_2, \lambda_\varepsilon, \lambda_p) \leq Q_{эм}(S_1, S_2, \lambda_\varepsilon, \lambda_p)$ – эксплуатация допускается в полном объеме в соответствии с техническими условиями на автомобиль;
- при $Q(S_1, S_2, \lambda_\varepsilon, \lambda_p) > Q_{эм}(S_1, S_2, \lambda_\varepsilon, \lambda_p)$ – принимаются в результате анализа ограничения на условия эксплуатации.

Такое диагностирование легко выполнить, применяя простое сравнивающее устройство (рис. 1), индикаторный экран которого можно установить в кабине водителя.

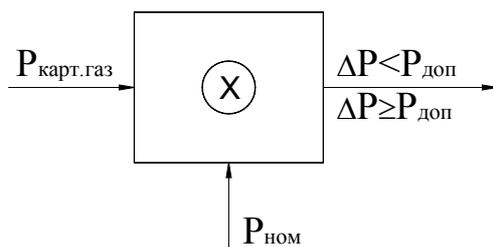


Рис.1. Схема работы сравнивающего устройства для контроля избыточного давления в картере двигателя

Таким образом, рассмотренная концепция бортовой системы диагностики автомобиля позволяет повышать точность и полноту контроля, которые обеспечивают улучшение его эксплуатации.

Для повышения эксплуатационной надежности рекомендовано снабдить каждую структурную единицу автомобиля КамАЗ средствами диагностики, которые контролируют избыточное давление в картере, которое свидетельствует о чрезмерном количестве газов в картере двигателя. Определять количество картерных газов можно по эмпирической зависимости от давления газов в картере, предварительно построив ее с помощью экспериментальных данных (рис. 2).

Для измерения давления в картере двигателя установлен датчик давления типа DMP 330M, основанный на тензометрическом принципе действия с диапазоном измерения 0 – 1000 кПА, как показано на рис.3, предварительно, проделав отверстие в поддоне выше положения уровня масла и закрепив его.

Эмпирическая зависимость между количеством картерных газов и их давлением определяется экспериментально. Для двигателя КамАЗ-740 она выглядит следующим образом

$$Q = 0,076 p_{к.г.}^2 + 2,11 p_{к.г.} + 6,38. \quad (3)$$

где $p_{к.г.}$ – давление газов в картере двигателя.

Схема обработки информации о повышении давления газов в картере двигателя представлена принципиальная схема устройства на рис. 4, а установленный прибор в кабине водителя (рис. 5).

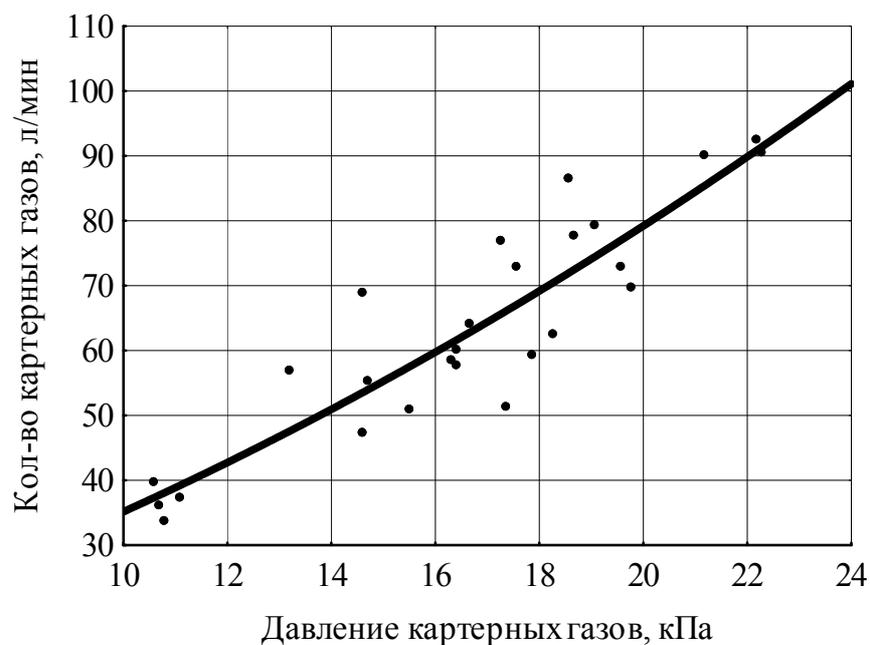


Рис.2. Зависимость между количеством и давлением газа в картере двигателя КамАЗ-740

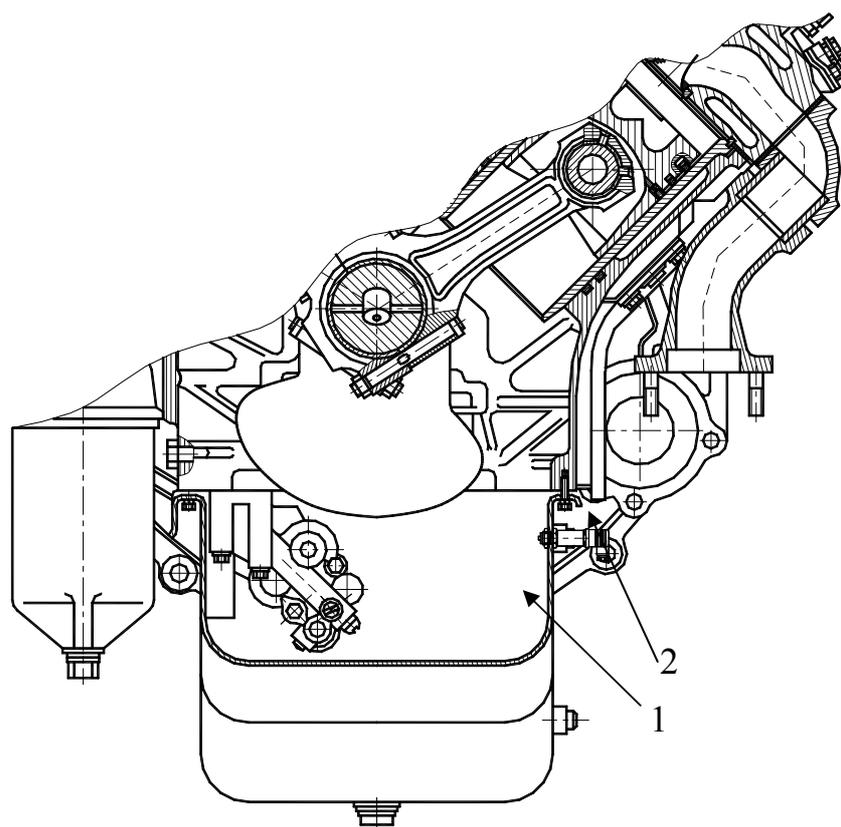


Рис.3. Принципиальная схема установки датчика давления картерных газов в поддон картера двигателя КамАЗ-740: 1 – поддон картера двигателя КамАЗ-740; 2 – датчик давления картерных газов.

Для оповещения водителя о состоянии избыточного давления или количества картерных газов, связанных эмпирически (рис. 2) по установленной схеме работы устройства бортовой диагностики (рис. 4) в кабине автомобиля

установлено световое оповещающее устройство, состоящее из трех лампочек: «зеленая» – давление газов в картере двигателя в норме; «желтая» – давление газов превышено на 40% – необходимо обратить внимание, провести техническое обслуживание; «красная» – давление газов в картере достигло критического значения, дальнейшая эксплуатация невозможна.

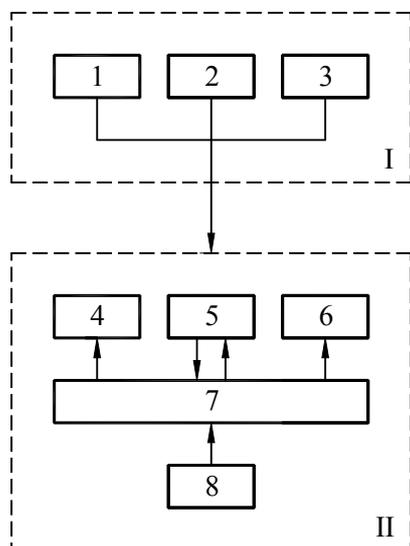


Рис.4. Принципиальная схема работы устройства диагностики состояния масла и избыточного давления газов в двигателе КамАЗ-740:

I - блок сбора первичной информации; II – вычислительный блок;
 1 - датчик давления масла; 2 – датчик температуры; 3 – датчик давления газов; 4 – блок световой и звуковой сигнализации давления масла; 5 – электронный делитель-преобразователь; 6 – блок световой и звуковой сигнализации давления газов; 7 – вычислительно-электронный блок; 8 – преобразователь и стабилизатор аккумуляторной батареи.



Рис.5. Контроль за состоянием давления и количества картерных газов водителем из кабины автомобиля: 1 – (зелен.) – норма; 2 - (желт.) - давл.газов превыш. на 40%; 3 – (красн.) – давл.газов критич.

Выводы:

1. Получены номинальные (18-22 л/мин), допустимые (до 70 л/мин) и предельные (более чем 90 л/мин) значения количества картерных газов в двигателе КамАЗ-740 для оценки технического состояния ЦПГ, а также обоснованы номинальные и предельные значения для количества газов проходящих из надпоршневого пространства сквозь площади зазоров в клапанном механизме головки цилиндра в картер (номинальные – 1-1,5 л/мин.; предельные – более чем 20 л/мин).

2. Впервые внедрена система бортовой диагностики состояния цилиндро-поршневой группы и клапанного механизма по повышению количества картерных газов через аналитическую зависимость с давлением газов в картере двигателя КамАЗ-740, путем установки датчика в поддон картера и сигнальной лампы в кабине водителя, оповещающей о приближении критического значения и необходимости прохождения технического обслуживания или ремонта.

Список використаних джерел

1. Кухтов В.Г. Основные направления работ по созданию и внедрению микропроцессорной диагностики транспортных и с/х машин / В.Г. Кухтов, А.С. Полянский, Б.И. Шаптола // Труды Международной научно-технической конференции «Упрочнение, восстановление и ремонт на рубеже «веков». – Ново Полоцк: Полоцкий Государственный университет. – 2001. – С. 247 –251.
2. Лисовой В.И. Перспективы развития диагностики мобильных машин / В.И. Лисовой, В.Г. Кухтов, А.С. Полянский, Б.И. Шаптола // Вестник ХАИ: Сб. науч. тр. – Харьков: ХИЛ. – 2001. – С. 427 – 432.
3. Аринин И.Н. Комплексный контроль технического состояния автомобилей [Текст]: монография / И.Н. Аринин, М.П. Сергеев. – Челябинск: Южно-Уральское кн. изд., 1965.– 104 с.
4. Говорущенко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Николай Яковлевич Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 256 с.
5. Храмцов Н.В. Надёжность отремонтированных автотракторных двигателей / Храмцов Н.В. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 159 с.
6. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей / Хрулев А.Э. – М.: За рулем, 2000. – 440 с.
7. Подригало М.А. Влияние периодичности диагностирования на надёжность и эксплуатационные затраты силовых агрегатов машин / М.А. Подригало, А.С. Полянский, А.А. Молодан // Вісник ХДТУСГ. Механізація сільськогосподарського виробництва. – 2003. – Вип. 21. – С. 379-383.
8. Полянский А.С. Повышение долговечности новых и отремонтированных двигателей в период эксплуатации / Полянский А.С., А.А. Молодан // Механіка та машиновудування: Науково-технічний журнал, №2. Харків, ХПІ – 2011. – С. 151-157.

Анотація

МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНА

О.С. Полянський, А.О. Молодан

Запропонована система бортової діагностики технічного стану циліндро-поршневої групи (ЦПГ) і клапанного механізму двигуна, шляхом установки датчика тиску в піддон картера й сигнальної лампи в кабіні водія, що сповіщає про наближення критичного значення кількості картерних газів у картері двигуна й необхідності проходження технічного обслуговування або ремонту.

Abstract

MONITORING THE TECHNICAL STATE CYLINDER-PISTON ENGINE

A. Poljansky, A. Molodan

The system of on-board diagnostics of technical condition of the cylinder-piston group (CPG) and the valve train engine by installing a pressure sensor in the sump and the warning light in the cab, indicating that the approximation of the critical value of crankcase gases in the crankcase, and having to go through the maintenance or repair .