УДК 629.083

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВОВ ПРЕДЕЛЬНЫХ И ДОПУСТИМЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ

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

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Предложено обоснование нормативов диагностических параметров цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) и клапанного механизма головки цилиндра на примере двигателя КамАЗ-740 по прорыву газов из надпоршневого пространства в картер двигателя.

Введение

Нормы, которые определяются при помощи двух первых методов, относятся к технически обоснованным, при этом под этим понятием понимают как техническую, так и организационную, экономическую, психо-физиологическую и социальную обоснованность и прогрессивность нормы.

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.

Анализ последних достижений и публикаций

Необходимо учитывать при нормировании предельно допустимых диагностических параметров, что в процессе работы двигателя с ухудшением его технического состояния постепенно меняются условия смазки, динамический режим нагружения, условия теплоотвода, характер взаимодействия деталей в узлах трения [1, 2]. Поэтому закономерности изнашивания элементов ЦПГ двигателя во времени отличаются не только для различных условий эксплуатации каждого узла двигателя.

Кухтов В.Г. [3] уделил внимание методике нормирования износостойкости деталей, в своей работе он указал, что увеличение долговечности деталей, и, соответственно, узлов возможно лишь при условии, что износоустойчивость рабочих поверхностей деталей обеспечит заданный ресурс, т.е. скорость изнашивания должна быть такой, чтобы изнашиваемая поверхность не достигла предельного состояния ранее заданной наработки.

Рассмотренные методы определения ресурса деталей показали, что он зависит от целого ряда факторов и выход из строя детали может произойти в результате превалирования одного из них.

Цель и постановка задачи

Целью исследования является обоснование нормативов диагностических параметров ЦПГ и клапанного механизма головки цилиндра двигателя по прорыву картерных газов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

- определить закономерности распределения предельных значений количества картерных газов;
- определить предельные и допустимые диагностические параметры газов, влияющие на интенсивность отказов ЦПГ и клапанного механизма отремонтированных двигателей.

Постановка вопроса обоснования нормативов диагностических параметров картерных газов от состояния цилиндро-поршневой группы и клапанного механизма

Для определения характеристик взаимосвязи картерных газов с эксплуатационными параметрами ресурса и обоснования нормативов предельных и допустимых значений диагностических параметров необходимо знать законы их распределения. При обосновании вида распределения широко используется принцип максимума энтропии [4]. При заданных ограничениях (предельных значениях) случайной величины выбирается такой вид закона распределения, у которого максимальная энтропия определяется как

$$H = -\int_{-\infty}^{+\infty} g(x) \ln g(x) dx, \qquad (1)$$

где $g(x)$ – плотность распределения вероятностей. Пределы интегрирования $-\infty \div +\infty$ поставлены для общего случая.

Следовательно, зная закон распределения ресурсных показателей и доверительную вероятность, находят нижнюю и верхнюю доверительные границы – величины возможного рассеивания.

В теории надежности наиболее широкое применение находит распределение Вейбулла [4]. Плотность и функция трехпараметрического распределения Вейбулла описывается выражениями

$$g(x) = \delta\lambda(x - x_0)^{\delta-1} e^{-\lambda(x-x_0)^{\delta}}, \; x \geq x_0; \qquad (2)$$

$$G(x) = 1 - e^{-\lambda(x-x_0)^{\delta}}, \qquad (3)$$

где λ, δ, x_0 – параметры распределения. Анализ методов оценивания параметров этого распределения приведен в [5].

Интенсивность отказов для этого распределения имеет вид

$$\lambda(x) = \lambda\delta(x - x_0)^{\delta-1}. \qquad (4)$$

При $\delta > 1$ интенсивность отказов возрастающая функция, при $\delta < 1$ убывающая.

В нашем случае для определения предельных значений количества картерных газов можно применять усеченное распределения Вейбулла, когда $x_0 \le x \le x_1$. В этом случае

$$g(x) = \frac{\delta\lambda(x - x_0)^{\delta-1} e^{-\lambda(x-x_0)^{\delta}}}{1 - e^{-\lambda(x_1-x_0)^{\delta}}},\ x_0 \le x \le x_1; \tag{5}$$

$$G(x) = \frac{1 - e^{-\lambda(x-x_0)^{\delta}}}{1 - e^{-\lambda(x_1-x_0)^{\delta}}}. \tag{6}$$

На практике наиболее часто используется двухпараметрическое распределение

$$g(x) = \delta\lambda x^{\delta-1} e^{-\lambda x^{\delta}},\ x \ge 0; \tag{7}$$

$$G(x) = 1 - e^{-\lambda x^{\delta}}. \tag{8}$$

Математическое ожидание и дисперсия в этом случае находятся по формулам

$$\mathrm{E} = \left(\frac{1}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\delta}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\delta}\right), \tag{9}$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{1}{\lambda}\right)^{\frac{2}{\delta}} \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\delta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\delta}\right)\right]. \tag{10}$$

При этом параметр формы δ связан с коэффициентом вариации соотношением

$$\nu = \frac{\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\delta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\delta}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\delta}\right)}, \tag{11}$$

в этих формулах $\Gamma(y) = \int_0^{+\infty} t^{y-1} e^{-t} dt$ – гамма функция. При $\delta = 2$ распределение Вейбулла переходит в распределение Рэлея, а при $\delta = 1$ – в экспоненциальное. При $\delta > 3{,}5$ распределение Вейбулла хорошо аппроксимируется нормальным законом.

Для практического использования формул (5) и (7) плотности вероятности отказов удобно записать в виде

$$g(t) = \frac{m}{T_0}\left(\frac{t_i - \gamma}{T_0}\right)^{m-1} e^{-\left(\frac{t_i-\gamma}{T_0}\right)^{m}};\ x \ge \gamma;\ \gamma \ge 0;\ m > 0;\ T_0 > 0, \tag{12}$$

где T_0 – параметр масштаба;

m – параметр формы;

γ – параметр положения.

При $\gamma = 0$

$$g(t)=\frac{m}{T_0}\left(\frac{t_i}{T_0}\right)^{m-1} e^{-\left(\frac{t_i}{T_0}\right)^m}. \qquad (13)$$

Вероятность отказа выражается формулой

$$Q(t)=1-e^{-\left(\frac{t_i}{T_0}\right)^m}. \qquad (14)$$

Вероятность безотказной работы

$$P(t)=e^{-\left(\frac{t_i}{T_0}\right)^m}. \qquad (15)$$

Интенсивность отказов

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{P(t)}=\frac{m}{T_0}\left(\frac{t_i}{T_0}\right)^{m-1}. \qquad (16)$$

Функция надежности

$$R(t)=e^{-\frac{t_i^m}{T_0}}. \qquad (17)$$

Среднее время безотказной работы элемента вычисляется по формуле

$$\overline{T}=T_0^{1/m}\Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right), \qquad (18)$$

где $\Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right)$ – гамма-функция, берется по таблице [6].

Дисперсия равна

$$\sigma^2=T_0^{2/m}\left\{\Gamma\left(1+\frac{2}{m}\right)-\left[\Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right)\right]^2\right\}; \qquad (19)$$

коэффициент вариации

$$\nu=\sqrt{\frac{\Gamma\left(1+\frac{2}{m}\right)}{\Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right)^2}-1}. \qquad (20)$$

Этот закон распределения позволяет путем подбора параметров m и T_0 аппроксимировать статистические данные об отказах с учетом степени влияния времени эксплуатации ЦПГ и клапанного механизма и их элементов.

Данная методика реализована при нормировании диагностических и эксплуатационных показателей цилиндро-поршневой группы клапанного механизма на примере двигателя КамАЗ-740 [7].

Выводы:

1. Обоснованы закономерности распределения отказов в зависимостях между количеством картерных газов и важными эксплуатационными параметрами, определяющих сопряжения ЦПГ и клапанного механизма

головки цилиндра.

2. Полученные зависимости хорошо коррелируются с заводскими данными, по которым прорыв газов в картер не должен превышать 120 л/мин, что соответствует изменению интенсивности нарастания количества картерных газов.

Список использованных источников

1. Сумец А.М. Прогнозирование потребности в запасных частях / Сумец А.М. – Х.: ОКО, 1997. – 182 с.
2. Методика определения предельных и допустимых диагностических параметров агрегатов машин. – Горький: ВНИИНМАШ, 1980. – 34 с.
3. Кухтов В.Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов: Монография / Кухтов В.Г. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 291 с.
4. Переверзев Е.С. Надежность и испытания технических систем / Переверзев Е.С. – Киев: Наукова думка, 1990. – 328 с.
5. Кудлаев Э.М. Оценивание параметров распределения Вейбулла Гнеденко / Э.М. Кудлаев // Техническая кибернетика. – 1986. – №6. – С. 3-18.
6. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы / Двайт Г.Б. – М.: Наука, 1973. – 228 с.
7. Полянский А.С. Нормирование показателей технического состояния цилиндро-поршневой группы и клапанного механизма двигателя / А.С. Полянский, А.А. Молодан, // Вісник ХНТУСГ. Підвищення надійності відновлюємих деталей: Зб. наук. пр., 2012. – Вип. 124, Т.2. – С. 390-394.

Анотація

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВІВ ГРАНИЧНИХ І ДОПУСТИМИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТЕРНИХ ГАЗІВ

О.С. Полянський, А.О. Молодан

Запропоновано обґрунтування нормативів діагностичних параметрів циліндро-поршневої групи (ЦПГ) і клапанного механізму голівки циліндра на прикладі двигуна КАМАЗ-740 по прориву газів з надпоршневого простору в картер двигуна.

Abstract

THEORETICAL GROUND OF NORMS OF MAXIMUM AND POSSIBLE DIAGNOSTIC PARAMETERS OF CRANKCASES

A. Poljansky, A. Molodan

Proposed standards for substantiation of the diagnostic parameters of the cylinder-piston group (CPG) and the cylinder head valve train on the example of KamAZ-740 engine for the breakthrough of the gas nadporshnevogo space in the engine crankcase.