

*ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
МАСЛЯНОГО ФИЛЬТРА*

Ю.Д. ШЕВЦОВ, Н.В. ВАСИЛЕНКО, В.В. БОГДАНОВ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2 ;
электронная почта: _simpson_@mail.ru*

В статье рассмотрен способ оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания по параметрам частотных характеристик масляного фильтра, как гидравлического элемента в системе смазки двигателя. Проанализированы различные режимы эксплуатации двигателя, в том числе и при возникновении неисправности, от которых зависит износ различных его деталей.

В зависимости от рассмотренных режимов изменяются законы фильтрования при прохождении масла через фильтр; изменяется гидравлическое сопротивление фильтра, а именно его активная и инерционная составляющие, которые и будут влиять на параметры частотных характеристик.

Ключевые слова: масляный фильтр, засорение, дизель, гидравлическое сопротивление, закон фильтрования.

При работе масляного фильтра его фильтрующая перегородка постепенно загрязняется, в результате изменяется его полнота отсева, гидравлическое сопротивление и пропускная способность. Для определения характера изменения этих показателей, в частности, гидравлического сопротивления фильтра, необходимо рассмотреть законы фильтрования жидкости при прохождении ее через сетчатое препятствие [1].

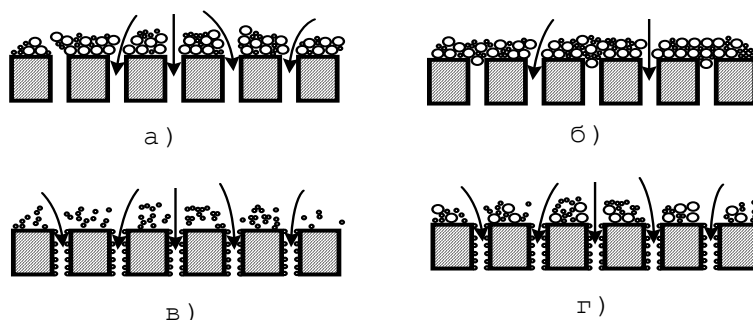
Исследование процессов загрязнения масла [2] в дизелях различной конструкции позволяет сделать вывод о том, что с учетом тонкости очистки фильтров ($\delta = 20 \dots 250$ мкм) процесс загрязнения их фильтрующих элементов при нормальном функционировании двигателя идет по промежуточному закону фильтрования, когда фильтр удерживает частицы на поверхности фильтровальной перегородки и на внутренних стенках ее каналов (рисунок 1):

$$\Delta P = \Delta P_0 e^{K_1 \cdot g},$$

где ΔP - перепад давления масла на фильтре;

ΔP_0 - перепад давления масла на фильтре при $t = 0$;

g - объем масла, проходящий через единицу поверхности фильтра;



- а) с образованием осадка;
- б) полным закупориванием пор;
- в) с постепенным закупориванием каждой поры;
- г) промежуточный

Рисунок 1 – Схемы осаждения частиц загрязнения на фильтрующей перегородке фильтра при различных законах фильтрации

При возникновении неисправностей двигателя концентрация примесей в масле растет и процесс фильтрования проходит уже по другому закону. При повышенном износе деталей цилиндрико-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма имеет место фильтрование масла с постепенным закупориванием пор мелкодисперсными частицами (рисунок 1в).

Соотношение перепада давления масла на фильтре в этом случае можно записать в виде:

$$\Delta P = \frac{1}{\left(\left(\frac{1}{\Delta P_0} \right)^{0,5} - \frac{1}{K_2} g \right)^2}.$$

В случае ухудшения рабочего процесса двигателя появляются частицы органического происхождения, и процесс фильтрования масла идет по закону полного закупоривания пор частицами соизмеримыми с их размером (рисунок 1б):

$$\Delta P = \frac{\Delta P_0 K_3}{K_3 - g}.$$

Появление повышенной концентрации в масле продуктов усталостного разрушения сопровождается очисткой масла по закону фильтрования с образованием осадка на фильтрующей перегородке (рисунок 1а):

$$\Delta P = K_4 g .$$

В этих выражениях коэффициенты K_1, K_2, K_3, K_4 являются постоянными, характеризующими закон фильтрования.

Составляющие гидравлического сопротивления масляного фильтра, входящие в выражения его АЧХ и ФЧХ, можно представить следующими отношениями:

$$R_1(t) = \frac{\delta \Delta \bar{P}_\phi}{\delta \bar{G}} ; \quad \tau_{u1}(t) = \frac{l + 2h_{oc}}{F_n} ; \quad \tau_{e2}(t) = \frac{\rho_{жс} F_n}{k} ,$$

где l - толщина фильтрующей перегородки;

h_{oc} - высота осадка загрязнений на поре;

F_n - суммарная площадь сечения фильтрующей перегородки;

$\rho_{жс}$ - плотность жидкости;

k - коэффициент сжимаемости жидкости.

Активная составляющая R изменяется пропорционально перепаду давления на фильтре в соответствии с законом фильтрования. Изменение инерционной составляющей гидравлического сопротивления фильтра происходит вследствие увеличения величины h_{oc} и уменьшения F_n . Толщина фильтрующей перегородки (рисунок 2) определяется по формуле:

$$h_{oc} = X \frac{g}{S} ,$$

где X - концентрация примесей в масле;

S - суммарная площадь фильтроэлемента.

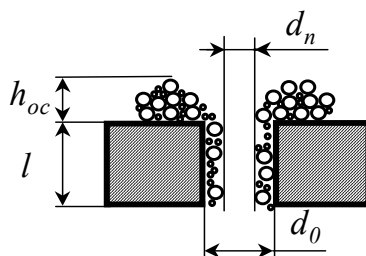


Рисунок 2 – Пора фильтроэлемента в период отсева загрязнений из масла

Диаметр пор фильтроэлемента d_n (рисунок 2) будет изменяться в соответствии с законами фильтрования:

$$d_1 = d_0 e^{-0,25K_1 t}; \quad d_2 = \frac{1}{\left(\left(\frac{1}{d_0} \right)^{0,5} + \frac{1}{K_2} t \right)^2};$$

$$d_3 = \frac{d_0 K_3}{K_3 + 4t}; \quad d_4 = d_0 (Q_0 K_4 t + 1)^{-0,25},$$

где d_0 - начальный диаметр пор при $t = 0$;

Q_0 - начальный расход жидкости через фильтр при $t = 0$.

С учетом теоретических исследований и характера изменения концентрации примесей в масле X получим выражение для инерционной составляющей гидравлического сопротивления фильтра:

$$\tau_u = \left\{ 4l + 8 \left[X_0 \cdot e^{\frac{Q \cdot \varphi + Q_y}{V} t} + \frac{100\alpha}{\gamma(Q \cdot \varphi + Q_y)} \times \left(1 - e^{-\left(\frac{Q \cdot \varphi + Q_y}{V} t \right)} \right) \right] \frac{g}{S} \right\} / \pi d^2.$$

В связи с этим, в зависимости от размеров частиц, плотности и толщины слоя отложений на фильтре будет изменяться активная составляющая гидравлического сопротивления фильтра R_ϕ и инерционная постоянная времени τ_{uf} , которые повлияют на параметры k , ξ и T амплитудной и фазовой частотных характеристик масляного фильтра. Попадание в масло топлива или воды ведет к изменению плотности масла, что сказывается на емкостной составляющей гидравлического сопротивления τ_{ef} . Это положение можно использовать для проведения диагностики технического состояния двигателя по параметрам гидравлического сопротивления масляного фильтра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жужиков В. А. Фильтрование: Теория и практика разделения суспензий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1980. – 400 с., ил.
2. Григоьев М. А. Очистка в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1983. – 148 с., ил.

REFERENCES

1. Zhuzhikov V.A. Filtering: Theory and practice of division of suspensions. – 4 prod. reslave. and additional – M.: Chemistry, 1980. – 400 pages, silt.
2. Grigoev M.A. Cleaning in internal combustion engines. – M.: Mechanical engineering, 1983. –148 pages, silt.

*DIAGNOSTICS OF TECHNICAL CONDITION OF DIESEL ENGINES IN
PARAMETERS OF HYDRAULIC RESISTANCE OF THE OIL FILTER*

YU.D. SHEVTSOV, N.V. VASILENKO, V.V. BOGDANOV

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya St., Krasnodar, Russian Federation, 350072
e-mail: _simpson_@mail.ru*

In article the way of an assessment of technical condition of an internal combustion engine in parameters of frequency characteristics of the oil filter, as hydraulic element in system of greasing of the engine is considered. Various modes of operation of the engine, including are analysed at malfunction emergence on which wear of its various details depends.

Depending on the considered modes filtering laws change when passing oil via the filter; hydraulic resistance of the filter, namely its active and inertial components which will influence parameters of frequency characteristics changes.

Keywords: oil filter, contamination, diesel, hydraulic resistance, filtering law.