

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРЕНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА В ДВС

Д.А. Додонов - магистр, Д.Е. Молочников – к.тех.н., доцент
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, г. Ульяновск, Россия, e-mail: denmol@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются расчетные показатели картерного масла, представлен баланс поступающих в масло примесей, зависящий от производительности фильтра и концентрации примесей в масле.

Ключевые слова: картер, масло, насос, фильтр, маслообмен, скорость, загрязнения, производительность.

Моторное масло является неотъемлемой частью современных двигателей внутреннего сгорания. Масло находится в непосредственном контакте со многими деталями двигателя и несет в себе информацию о техническом состоянии двигателя. При эксплуатации ДВС очень важно знать параметры системы смазки. Они могут быть статическими и динамическими.

Из приведенной схемы (рисунок 1) циркуляции масла в системе смазки можно составить баланс поступающих в масло примесей [1, 2].

$$G_m + KW_\phi \cdot q_\phi = W_\phi \cdot q_k, \quad (1)$$

где G_m – количество примесей, поступающих с маслом из двигателя, г/ч;

K – доля производительности фильтра;

W_ϕ – производительность фильтра, л-час;

q_ϕ – концентрация примесей в масле после фильтра;

q_k – концентрация примесей в масле картера, г/л.

В процессе работы двигателя масло загрязняется продуктами окисления и разложения самого масла и топлива, а также посторонними примесями (минеральной и металлической пылью). Вследствие этого ухудшаются его смазывающие и эксплуатационные свойства.

Скорость засорения фильтра механическими примесями зависит от многих факторов.

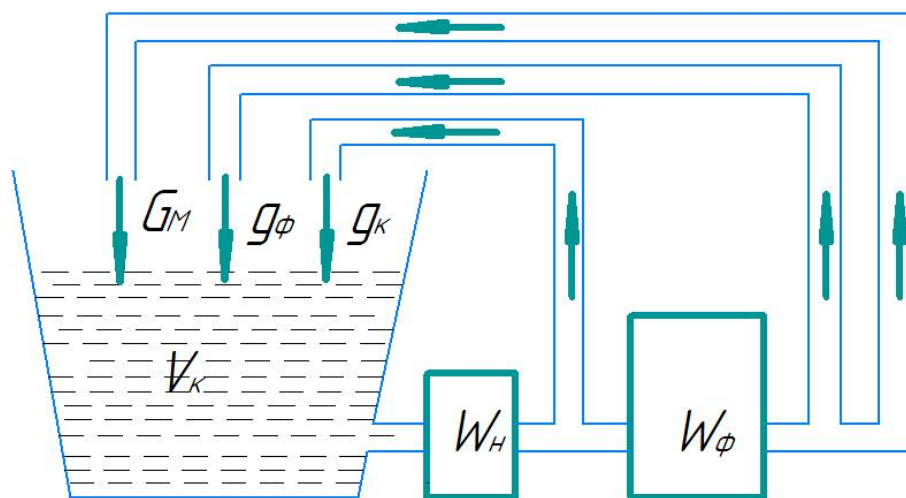


Рисунок 1. Схема циркуляции масла в системе смазки

Общий вид баланса загрязнения фильтра масла механическими примесями выглядит следующим образом:

$$G_m = W_\phi (q_k - K q_\phi) \leq G_\phi, \quad (2)$$

где G_ϕ – скорость засорения фильтра, г/час.

Несмотря на многообразие конструкций системы смазки двигателей, баланс циркуляции примесей имеет общую структуру. Однако количество составляющих в балансе может быть различным в зависимости от схемы системы смазки.

К статистическим параметрам в ДВС относятся емкость картера, продолжительность и кратность маслообмена в системе смазки и картере [3, 4]. При проектировании ДВС расчетами и экспериментальным путем выбирается емкость картера. Емкость картера оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели двигателя, и особенно на тепловой режим.

Продолжительность маслообмена в системе смазки определяется:

$$t_c = \frac{V_k}{W_n}, \quad (3)$$

где V_k – количество масла в картере, л/кг;

W_n – производительность масляного насоса, л/час.

Следовательно, кратность маслообмена в системе смазки, выраженная через производительность масляного насоса и емкость картера, будет равна:

$$K_c = \frac{W_n}{V_k}, \quad (4)$$

В процессе эксплуатации двигателя уровень масла в картере уменьшается, т. к. происходит выгорание масла. Доля расхода масла на единицу расхода топлива у разных двигателей будет различной [1, 5]. В эксплуатационных условиях производится доливка масла в двигатель, и, следовательно, продолжительность маслообмена может быть выражена через скорость долива масла в картер:

$$t_p = \frac{V_k}{W_o} \text{ или } t_p = \frac{V_k}{\theta}, \quad (5)$$

где W_o – скорость доливки масла в картер, л/час;

θ – доля расхода масла на единицу расхода топлива, л/кг, т.

Кроме того, кратность маслообмена при известной скорости долива масла выразится уравнением:

$$K_p = \frac{W_n}{V_k}. \quad (6)$$

Динамические показатели системы смазки оказывают существенное влияние на работоспособность двигателя.

Концентрация примесей в картере постоянно увеличивается, и ее можно выразить исходя из баланса в следующем виде:

$$q_k = \frac{G_m + KW_\phi \cdot q_\phi}{W_\phi}. \quad (7)$$

Нужно отметить, что при замене масла концентрацию примесей, поступающих после фильтров, можно приравнять к нулю, т.е. $q_\phi = 0$.

Тогда:

$$q_k = \frac{G_m}{W_\phi}. \quad (8)$$

Это частный случай, и по времени он незначителен, так как масло в процессе работы двигателя загрязняется постоянно.

В масляном фильтре также постоянно откладываются примеси, образующиеся в процессе работы в масле. Количество загрязнителей, оседаемых в фильтре может быть определено:

$$Q = q_k \cdot W_\phi \cdot t_{p,\phi}, \quad (9)$$

где $t_{p,\phi}$ – продолжительность работы фильтра, час.

Количество загрязнений, оседаемых в фильтре в единицу времени, даже для одной марки двигателя может существенно отличаться в зависимости от условий эксплуатации.

Коэффициент очистки масла можно определить:

$$\eta_{ом} = \frac{q_o - q_n}{q_o}, \quad (10)$$

где q_o ; q_n – содержание примесей до и после очистки масла в фильтре, г/л.

Общий коэффициент качества масла выражается неравенством:

$$\eta_{ок} \leq \frac{q_{фк}}{q_{пк}} + \frac{q_{фщ}}{q_{нщ}} + \frac{q_{фм}}{q_{нм}} \leq 1, \quad (11)$$

где $q_{фк}$; $q_{фщ}$; $q_{фм}$ – фактическая концентрация кислот, щелочей и примесей в масле, г/л;

$q_{пк}$; $q_{нщ}$; $q_{нм}$ – допустимая концентрация кислот, щелочей и примесей в масле, г/л.

Коэффициент неравномерности расхода масла имеет вид:

$$\eta_n = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}}, \quad (12)$$

где q_{max} ; q_{min} – максимальный и минимальный расход масла, л.

Коэффициент расхода масла равен:

$$\eta_n = \frac{q_{min}}{q_{max}}. \quad (13)$$

Таким образом, на основании проведенного анализа и предложенных расчетных выражений имеется возможность производить статическую и динамическую оценку работы масла в двигателе.

Библиографический список

1. Замальдинов М.М., Яковлев С.А., Молочников Д.Е. Влияние загрязнения масла на надежность и долговечность двигателя // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 28 февраля 2019 года. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 421-426.
2. Молочников, Д.Е. Влияние качества топлива на техническое состояние двигателя / Д. Е. Молочников // Молодежь и наука XXI века: Материалы Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 21–23 марта 2006 года / Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия; Редколлегия: А.В. Дозоров главный редактор, М.А. Багманов, В.И. Костин, В.И. Курдюмов, Д.А. Васильев, М.В. Постнова, А.В. Бушов, В.А. Исайчев, Ю.Б. Никульшина. Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2006. С. 182-186.
3. Замальдинов М.М., Яковлев С.А., Молочников Д.Е. Влияние загрязнения масла на надежность и долговечность двигателя // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 28 февраля 2019 года. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 421-426.
4. Замальдинов М.М., Яковлев С.А., Молочников Д.Е., Замальдинова Ю.М. Определение продуктов износа и деструкции присадок в моторных и трансмиссионных маслах // Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве: материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 27–28 февраля 2019 года / Ответственный редактор И.Я. Пигорев. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова. 2019. С. 124-129.
5. Марьин Д.М., Салахутдинов И.Р., Молочников Д. Е. Результаты моторных испытаний экспериментального бензинового двигателя внутреннего сгорания // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 4-2(56). С. 64-68.