

ми ГРМ. Полученные результаты прогнозного выявления управляемых параметров являются основанием для конструкторской разработки автоматических устройств, повышающих эффективность функционирования ГРМ.

Литературы:

1. Майзель М.М. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. —М.: «Высшая школа», 1964г. 579с.

2. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Под ред. Орлина А.С., Круглова М.Г. —М.: Машиностроение, 1983 г. 372с.

Марков В.А., Шатров В.И., Сиротин Е.А. Базовые характеристики управления параметрами дизелей. —Грузовик &, 2001, №12, с.27–36

УДК 621.892.096.1

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЧИСТКИ МОТОРНОГО МАСЛА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ОЧИСТИТЕЛЕМ

Хитрюк В.А., Логвинова Е.Н.

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия
Горки, Беларусь*

В структуре всех затрат на эксплуатацию машинно-тракторного парка затраты на нефтепродукты составляют примерно одну треть. В условиях Республики Беларусь, с ограниченными возможностями поставки моторных масел для регламентированной замены, большое значение имеет решение задач продления их срока службы.

Современные моторные масла имеют значительный запас трибохимических свойств за счет применения высокоэффективных многофункциональных присадок. Эти свойства, по данным многочисленных исследований, поддерживаются на должном уровне в результате регулярного долива, компенсирующего расход на угар и неконтролируемые утечки.

Применяемые на автотракторных двигателях разнообразные очистители и их комбинации отделяют большую часть опасных абразивных загрязнений и продуктов старения масла. Вместе с тем, масло, сливаемое при регламентном обслуживании, используется крайне нерационально.

Нами предложена очистка отработанного моторного масла от продуктов износа, абразивных загрязнений, продуктов старения применением электростатического фильтра.

Принцип работы такого очистителя основан на притягивании к электродам частиц, обладающих электрическим зарядом, независимо от их свойств и происхождения (железо, цветные металлы, кварц, углерод и т.п.). Частицы получают электрический заряд в результате трения о жидкость. По известному правилу Кена частицы загрязнений, имеющие большую диэлектрическую проницаемость, заряжаются положительно.

В очиститель поступают загрязнения широкого фракционного состава. Характеристикой их полидисперсности является дифференциальная функция $F(di)$ распределения загрязнений по размерам. Максимуму данной функции соответствует вероятнейший диаметр загрязнений db , а точка ее пересечения с осью абсцисс — наибольший d_{max} и наименьший d_{min} диаметры. Объем загрязнений V_0 , поступивших с маслом в очиститель, равен сумме объемов всех содержащихся в масле загрязнений [1].

$$V_0 = \frac{1}{6} \pi \sum_{d_{min}}^{d_{max}} F(d_i) d_i^3, \quad (1)$$

где d_i — диаметр загрязнений, м; $F(d_i)$ — доля загрязнений диаметра d_i .

В очистителе задерживаются все загрязнения, размером больше некоторого граничного диаметра $d_{гр}$. Задержанный очистителем объем загрязнений определяется следующим образом

$$V_1 = \frac{1}{6} \pi \left[\sum_{d_{min}}^{d_{гр}} F(d_i) n(d_i) d_i^3 + \sum_{d_{гр}}^{d_{max}} F(d_i) d_i^3 \right], \quad (2)$$

где $n(d_i)$ — доля задержанных очистителем загрязнений диаметром d_i .

Доля загрязнений любого диаметра, задержанных очистителем, определяется отношением действительной скорости частицы в очистителе к скорости, необходимой для осаждения

$$n(d_i) = \frac{v_1}{v_2}, \quad (3)$$

где \bar{v}_1 — действительная скорость частицы загрязнения в очистителе, м/с; \bar{v}_2 — скорость, необходимая для осаждения частицы, м/с.

Допустим, что при равенстве сил загрязнение находится в состоянии покоя относительно масла и его скорость определяется скоростью потока, проходящего через очиститель. Принимая движение масла в очистителе ламинарным, а площадь поперечного сечения очистителя постоянной по всей длине, необходимую для осаждения скорость загрязнения можно определить следующим образом

$$\bar{\delta}_2 = \bar{\delta}_3 = \frac{Q}{BZ\bar{\rho}_y}, \quad (4)$$

где $\bar{\delta}_3$ — скорость потока масла через очиститель, м/с;
 Q — расчетный расход масла через очиститель, кг/с;
 B — ширина электрода, м;
 Z — расстояние между электродами, м;
 $\bar{\rho}_y$ — плотность масла, кг/м³.

Исходя из первого закона Ньютона, загрязнение будет находиться в покое или двигаться прямолинейно и равномерно, если сумма внешних сил, действующих на него в электростатическом поле, равна нулю

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = 0, \quad (5)$$

где F_1 — сила инерции загрязнения;

F_2 — сила Архимеда;

F_3 — сила сопротивления движению загрязнения в вязкой среде;

F_4 — сила тяжести;

F_5 — пондеромоторная сила электростатического поля, возникающая из-за разности диэлектрической проницаемости загрязнения и масла и направленная в сторону увеличения напряженности поля;

F_6 — сила Кулона.

Спроецируем силы, действующие на загрязнение (рис.). Проекция сил на ось Y , направленную в сторону движения потока масла, описывается уравнением



Рис. Схема сил, действующих на частицу загрязнения в электростатическом поле.

$$F_{1y} = F_{3y}, \quad (6)$$

Подставив значения сил, рассчитанных по формулам Осеена и Ньютона [2], и упростив выражение, получим уравнение

$$\frac{dv_y}{dt} + bv_y + cv_y^2 = 0, \quad (7)$$

где b, c — коэффициенты, определяемые по формулам

$$b = -\frac{18\mu_1}{d_i^2 \rho_2}, c = -\frac{27\rho_1}{8d_i^2 \rho_2},$$

где μ_1 — динамическая вязкость масла, Па·с;

ρ_2 — плотность загрязнения, кг/м³.

Дифференциальное уравнение (7) имеет решение вида

$$v_y = \frac{b}{c(e^{(t+p)b} - 1)}$$

где p — постоянная интегрирования.

Постоянную интегрирования можно определить, исходя из граничных условий. Предположим, что в момент времени $t = 0$, когда загрязнение попадает в межэлектродное пространство, проекция скорости на ось Y относительно потока масла равна нулю. Тогда постоянная интегрирования равна нулю. Следовательно

$$v_y = \frac{b}{c(e^{tb} - 1)}, \quad (8)$$

Проекция сил на ось X , совпадающую по направлению с силовыми линиями электростатического поля, описывается уравнением

$$F3X = F5X + F6X + F1X, \quad (9)$$

Подставив значения данных сил и упростив выражение, получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dv_y}{dt} + bv_y + cv_y^2 - j = 0, \quad (10)$$

где j — коэффициент, определяемый по формуле

Дифференциальное уравнение (10) имеет решение следующего вида [1]

$$v_x = \frac{e^{(t+p)x}(x-b) + x + b}{2c(e^{(t+p)x} - 1)}, \quad (11)$$

где pi — постоянная интегрирования; x — коэффициент, определяемый следующим образом $x = \sqrt{b^2 + cj}$.

Постоянную интегрирования определим исходя из граничных условий. В момент времени $t=0$ проекция скорости загрязнения относительно потока масла на ось X равна скорости его осаждения под действием силы тяжести, которая определяется по закону Стокса

$$v_0 = \frac{d_i^2}{18} (\gamma_1 - \gamma_2) \frac{1}{\eta}, \quad (12)$$

где v_0 — скорость осаждения частицы загрязнения, м/с;

γ_1 — удельный вес загрязнения, Н/м³;

γ_2 — удельный вес масла, Н/м³;

η — абсолютная вязкость, Н/м³.

Тогда постоянная интегрирования определяется по зависимости

$$P = \frac{\ln \left[-\frac{x+b+2cv_0}{x-b-2cv_0} \right]}{x}, \quad (13)$$

Спроецировав силы на ось Z, направленную вертикально, видим, что сила Архимеда F_{2z} равна силе тяжести F_{4z} , следовательно загрязнение находится во взвешенном состоянии и не движется относительно оси Z. Выражения (11) и (8) позволяют получить зависимости мгновенной скорости загрязнения от его размера, местоположения в межэлектродном пространстве, расстояния между электродами и приложенного к ним напряжения.

Зная скорость движения загрязнения, можно определить долю загрязнений любого диаметра, которая будет задержана в фильтре, и тем самым вычислить коэффициент эффективности

$$K = \frac{W_0 - W_1}{W_0},$$

где W_0 — начальная объемная концентрация загрязнений в масле;

W_1 — объемная концентрация загрязнений после очистителя.

Таким образом, полученные формулы представляют математическую модель зависимости эффективности очистки масла электростатическим очистителем от его основных параметров и характера поступающих загрязнений.

Литература:

1. Грановский М.П., Лавров И.С., Смирнов О.В. Электрообработка жидкостей. Л.: Химия, 1979.

2. Фукс Н. А. Механика аэрозолей. М.: Изд. АН СССР, 1955.

3. Математические методы решения физических задач /В. В. Харитонов, Д. Г. Лин, В. А. Пенязь и др.; Под. общ.ред. В. В. Харитонова. — Мн.: Выш.шк, 1991.

УДК 629.4.016.2

О НОРМИРОВАНИИ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТЕПЛОВОЗАМИ

Френкель С.Я.

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

Количество топлива, израсходованного тепловозом на перемещение состава по участку, зависит от многих факторов. Среди них особо следует выделить эксплуатационные факторы, величина и характер которых изменяются в процессе осуществления перевозочного процесса, что определяет их влияние на расход топлива тепловозами.

Эксплуатационные факторы, определяющие расход энергоресурсов на тягу поездов можно разделить на две большие группы: *качественные* и *количественные*.

К *качественным* следует отнести факторы, которые нельзя или достаточно сложно измерить. Например, машинист или локомотив, модифицированное топливо или система управления локомотивом.

К *количественным* относят такие факторы, как тоннокилометровая работа, масса состава и средняя осевая нагрузка, техническая и участковая скорость движения и др.

Подход к исследованию влияния эксплуатационных факторов на расход энергоресурсов должен быть различным для каждой из названных групп.

Традиционно исследование влияния эксплуатационных факторов на расход топлива (электроэнергии) выполняют либо экспериментальным путем, либо с помощью моделирования движения поезда, опирающегося на положения теории локомотивной тяги и, нередко, теории оптимального управления. Каждое из направлений имеет как достоинства, так и недостатки.

Получение экспериментальных данных с помощью тягово-энергетических испытаний не только трудоемко, но требует дополнительных затрат на топливо. В то же время много ценной информации содержится в маршрутных листах машинистов.