

УДК 631.436

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТНВД ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МТА

Вороновский И.Б., к.т.н., доцент

e-mail: voronovsky@list.ru

Таврический государственный агротехнологический университет

**Постановка проблемы.** Надежность машинно-тракторного агрегата зависит от надежности каждой из подсистем, а также от способа их соединения в общую систему. Мобильный машинно-тракторный агрегат (МТА) представляет собой систему, состоящую из ряда подсистем. К таким подсистемам, выполняющим самостоятельные функции, относится топливная система дизельного двигателя, которая в свою очередь также может быть представлена, как система, состоящая из более мелких подсистем.

**Формулировка цели** - обоснование влияния надежности топливной системы дизельного двигателя на функциональные характеристики работы МТА в зависимости от износа плунжерных пар ТНВД и загрязненности дизельного топлива.

**Основная часть.** В зависимости от условий эксплуатации МТА концентрация пыли в воздухе колеблется в широких пределах и в некоторых районах юга Украины достигает  $5 \text{ г/м}^3$ . Это отрицательно влияет на работоспособность систем двигателя и топливной аппаратуры. При работе МТА при запыленности воздуха  $1,1 \dots 2,5 \text{ г/м}^3$  содержание загрязняющих примесей в топливе, к моменту его выработки, в 2-3 раза больше, чем при заправке. Топливные фильтры тракторных дизелей не обеспечивают достаточной степени очистки топлива от механических примесей, которые проникают к прецизионным деталям топливной аппаратуры [1, 3, 4].

Для моделирования надежности топливных систем различных типов с помощью графов их состояния, использована математическая модель марковского случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем, согласно которой:  $S_0$  – исправное состояние топливной системы;  $S_1$  – выход из строя фильтра грубой очистки;  $S_2, S_3$  – выход из строя фильтров тонкой очистки.

Примем, что поток отказов фильтров простейший и время между отказами в этом потоке распределяется по показательному закону и определяется параметрами интенсивности отказов

$$\lambda = 1/t_0 \quad (1)$$

где  $t_0$  – среднее время безотказной работы фильтра.

По стрелкам вправо систему из состояния в состояние переводят отказы, а по стрелкам влево – ремонты с интенсивностью восстановления

$$\mu = 1/t_p \quad (2)$$

Применяя правило Колмогорова [5], запишем систему дифференциальных уравнений вероятностей состояний топливной системы:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_0}{dt} &= -\lambda_{01} p_0 + \mu_{10} p_1 \\ \frac{dp_1}{dt} &= \lambda_{01} p_0 - \lambda_{12} p_1 + \mu_{12} p_2 - \mu_{10} p_1 \\ \frac{dp_2}{dt} &= \lambda_{12} p_1 - \mu_{21} p_2 - \lambda_{23} p_2 + \mu_{32} p_3 \\ \frac{dp_3}{dt} &= \lambda_{23} p_2 - \mu_{32} p_3 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Полагая левые части равными нулю, получим систему алгебраических уравнений предельных состояний. Используя нормировочное условие:  $p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1$ , а также условие, что при  $t = 0, p_0 = 1$ , получим выражения для определения вероятности нахождения топливных систем в исправном состоянии

$$P_{0II} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}\lambda_{10}}{\mu_{32}\mu_{21}\mu_{10}}} \quad (4)$$

Применяя аналогичный математический аппарат, получим формулы для определения вероятностей состояний топливной системы с параллельным и комбинированным соединением фильтрующих элементов.

Выполним теоретический расчет вероятностей различных схем топливных систем по формулам (1 ... 4) при единых начальных условиях: - сроки замены фильтров один раз в сезон (шесть месяцев), т.е.  $\lambda=1/6$ , при этом интенсивность воздействия на фильтры распределяется неравномерно. Например, для топливной системы с последовательным соединением фильтров тонкой очистки, фильтр грубой очистки подвергается максимальному воздействию загрязнения, т.е.  $\lambda_{01}=3/6$ , а последующие два фильтра тонкой очистки с интенсивностью  $\lambda_{12}=2/6, \lambda_{23}=1/6$ .

Интенсивность восстановления распределяется аналогично:  $\mu_{32}=1/1=1; \mu_{21}=2/1=2; \mu_{10}=3/1=3$ , из расчета, что время на замену одного фильтра составляет один час.

Подставляя приведенные интенсивности  $\lambda$  и  $\mu$  в формулы (1...4), получим вероятности нахождения топливных систем различных схем соединения фильтров, в исправном состоянии  $p_0$  и вероятности выхода из строя фильтров  $p_{1...5}$ .

Исходя из полученных теоретических данных следует, что наиболее эффективной системой соединения фильтров следует считать последовательное соединение, состоящее из фильтра грубой очистки и двух фильтров тонкой очистки.

**Выводы.** 1. Максимальной вероятностью нахождения фильтров в исправном состоянии обладает система с последовательным соединением фильтров, ( $p_0=0,835$ ).

2. Увеличение количества фильтров тонкой очистки и включение их в схему топливоподачи параллельно, не увеличивает вероятности исправного состояния системы, такой путь является мало эффективным.

3. Максимальную вероятность отказа из всех фильтров имеет фильтр грубой очистки, особенно при параллельном соединении фильтров тонкой очистки ( $p_1=0,175$ ), а затем, на порядок меньше, фильтры тонкой очистки.

#### **Список используемых источников.**

1. Григорьев М.А. Обеспечение надежности двигателей / М.А. Григорьев, В.А. Донецкий. –М.: Стандарты, 1978. -324 с.
2. Дідур В.А. Вплив забрудненості дизельного палива на ефективність використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) / В.А. Дідур, В.В. Дідур, І.Б. Вороновський // Праці ТДАТА. – 2005. – Вип. 33. – с. 3-13.
3. Григорьев М.А. Очистка масла и топлива в автотракторных двигателях / М.А. Григорьев. –М.: Машиностроение, 1970. -270 с.
4. Кацук А.С. Практикум по техническому обслуживанию трактора / А.С. Кацук - Главаха: ИМЭСХ, 2002.-109 с.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С.Вентцель.- М.: Советское радио, 1972.- 552 с.