

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТНВД ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МТА

Вороновский И.Б., к.т.н., доцент

*Таврический государственный агротехнологический университет*

**Постановка проблемы.** 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. Надежность машинно-тракторного агрегата зависит от надежности каждой из подсистем, а также от способа их соединения в общую систему.

**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, в том числе на работоспособность 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 затем проникают к прецизионным деталям топливной аппаратуры [1, 3, 4].

По количеству и расположению средств очистки топливные системы дизелей с/х техники можно разделить на три группы: с последовательным расположением фильтрующих элементов, с параллельным расположением и комбинированным расположением.

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:

$$\lambda = 1/t_6 \quad (1)$$

где  $t_6$  – среднее время безотказной работы фильтра.

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

$$\mu = \frac{1}{t_p} \quad (2)$$

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

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_0}{dt} &= -\lambda_{01}P_0 + \mu_{10}P_1 \\ \frac{dp_1}{dt} &= \lambda_{01}P_0 - \lambda_{12}P_1 + \mu_{12}P_2 - \mu_{10}P_1 \\ \frac{dp_2}{dt} &= \lambda_{12}P_1 - \mu_{21}P_2 - \lambda_{23}P_2 + \mu_{32}P_3 \\ \frac{dp_3}{dt} &= \lambda_{23}P_2 - \mu_{32}P_3 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

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:

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

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  $p_{1...5}$ . Результаты расчета представим таблично (табл. 1).

**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.

*Таблица 1 - Результаты расчета вероятностей исправного состояния  $p_0$  и вероятностей отказов фильтров  $p_{1...5}$*

Схема соединения фильтров в топливной системе	Вероятность исправного состояния системы $p_0$	Вероятность отказа за ФГО, $p_1$	Вероятность отказа за ФТО №1, $p_2$	Вероятность отказа за ФТО №2, $p_3$	Вероятность отказа за ФТО №3, $p_4$	Вероятность отказа за ФТО №4, $p_5$
Последовательное соединение фильтров	0,835	0,139	0,023	0,0038	-	-
Параллельное соединение фильтров	0,7	0,175	0,058	0,058	-	-
Комбинированное соединение фильтров	0,816	0,136	0,022	0,022	0,0036	-
Разветвленное соединение с дополнительными ФТО	0,813	0,135	0,022	0,022	0,0036	0,0036

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.

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.

#### *Литература.*

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. Воронівський // 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 - Глеваха: ИМЭСХ, 2002.-109 с.

5. *Вентцель Е.С.* Исследование операций / *Е.С.Вентцель.*- М.: Советское радио, 1972.- 552 с.