

УДК 620.179.112/075.8

## НАДЕЖНОСТЬ ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВ

Коломоец В.А., асп. \*

*Таврический государственный агротехнологический университет*

г. Мелитополь, Украина

Тел. (619) 44-02-74

**Аннотация.** Работа посвящена определению показателей надежности элементов топливных насосов высокого давления, работающих как на дизельном, так и на биотопливе. Определены законы распределения параметрических отказов, с помощью которых установлены средние ресурсы. Сопоставлены значения средних ресурсов отдельных элементов ТНВД, что позволило установить звенья с наименьшими показателями надежности, т.е. «слабые звенья». Установлено, что «слабым звеном» ТНВД, работающего на биодизеле, является уплотняющие элементы. Расчитаны показатели надежности каждого элемента топливного насоса и надежность насоса в целом, работающего на различных видах топлива. При работе на биологическом топливе все показатели надежности ниже, чем при работе на дизельном топливе, что объясняется агрессивным воздействием метанолов биотоплива на конструкционные материалы.

**Ключевые слова:** топливный насос высокого давления, биотопливо, надежность, гамма-ресурс, средний ресурс, вероятность безотказной работы, параметрический отказ, наработка до отказа.

**Постановка проблемы.** На основании анализа топлив биологического происхождения было определено, что перспективным альтернативным топливом ДВС для условий Украины есть топливо, которое получают путем смешивания жидких углеводородных топлив и производных рапсового

---

\* Научный руководитель: акад. МААО, д.т.н., проф. Дидур В.А.

масла (РМ) - метиловых эфиров РМ (МЭРМ). Однако, элементы топливной системы двигателей по разному реагируют на химическую активность топлив.

*Анализ последних исследований.* Эффективность использования сельскохозяйственной техники, в первую очередь, зависит от ее эксплуатационной надежности, которая поддерживается системой технического обслуживания и ремонта. В соответствии с нормативной документацией средний ресурс основных узлов и агрегатов машинно-тракторного парка должны соответствовать 10 – 15 тыс. мото-часов. Эти требования относятся и к топливной аппаратуре автотракторных и комбайновых дизельных двигателей. [1] Основными элементами топливной системы являются: топливный насос высокого давления (ТНВД), топливный насос низкого давления (ТННД), фильтры и форсунки. Практика показывает, что порядка 25 – 30 % всех отказов дизельных двигателей приходится на топливную аппаратуру. Из общего числа отказов топливной системы 60 % приходится на ТНВД. [2]. Основными показателями надежности топливной аппаратуры являются вероятность безотказной работы  $P(t)$  и средний ресурс в мото-часах

В соответствии с ГОСТ 10579-82 (СЭВ 2405-80)[3] средний ресурс топливного насоса высокого давления тракторных дизелей должен быть не менее среднего ресурса до первого капитального ремонта дизеля. Для тракторных дизелей средний ресурс топливных насосов высокого давления должен составлять 10000-12000 мото-часов,. А межрегулировочный период работы топливных насосов, соответственно не менее 4000 мото-часов. Это соответствует ресурсу всех элементов уплотнения, большинство которых заменяются при частичной разборке в процессе технического обслуживания [2].

Опыт эксплуатации сельскохозяйственной техники на топливе биологического происхождения, свидетельствует о том, что приведенные данные средних ресурсов элементов ТНВД существенно отличаются. Причем, в литературе приводятся весьма противоречивые сведения.[ 3,4].

*Цель исследования.* Целью данной работы является установление показателей надежности ТНВД, работающих на различных видах топлива.

*Основная часть.* Топливный насос высокого давления  
*Основная часть.* Топливный насос высокого давления дизеля

представляет собой сложную систему, состоящую из корпуса, регулятора, насосной секции, подкачивающего насоса и элементов уплотнения.

Статистический анализ наработки элементов топливных насосов, поступающих в ремонт, позволил установить наработки до отказов элементов топливных насосов и их средний ресурс.

Результаты расчётов осуществлены на примере элементов топливного насоса высокого давления дизеля МТЗ-82. Отказы этих элементов статистически независимы. Результаты расчётов времени  $t_n$ , в течение которого вероятность выхода параметра за фиксированные границы допуска составляют не более  $P_T \leq 0,5$ . При этом  $t_n$  соответствует среднему ресурсу  $R(t)$ , а при  $P_T \leq 0,8 - t_n = R_{\gamma 80\%}$ , т.е. восьмидесяти процентный гамма-ресурс (табл. 1).

Анализ табл. 1 позволяет констатировать наличие существенного отличия в значениях ресурсов  $R(t)$  и  $R_{\gamma 80\%}$  для рассматриваемых элементов ТНВД. Это свидетельствует о наличии «слабого звена» в общей цепи надежности ТНВД. Из табл.1 следует, что «слабым звеном» являются уплотнения.

Устранение «слабого звена» является одним из основополагающих принципов повышения надежности сложных систем. Например, средние ресурсы элементов топливного насоса, работающего на ДТ составляют: плунжерные пары - 11150 мото-часов.; клапаны - 19200 мото-часов.; подкачивающая помпа - 13200 мото-часов.; уплотняющие элементы - 5200 мото-часов. Средние ресурсы этих элементов ТНВД, работающих на МЭРМ ниже, чем при работе на ДТ.

Таблица 1 - Фактические ресурсы элементов ТНВД работающих на различных видах топлива

Наименование элемента топливного насоса	Фактический ресурс при работе на различных видах топлива, мото-часов				Нормируемый сред. ресурс, мото-часов
	80%		средний		
	ДТ	МЭРМ	ДТ	МЭРМ	
Плунжерная пара	8920	6080	11150	7600	10000-12000
Клапан	15360	10800	19200	13600	18000-20000
Подкачивающая помпа	10560	7400	13200	9300	12000-14000
Уплотнения	4160	768	5200	960	4000

Наработки до отказа элементов топливного насоса высокого давления, работающего на различных видах топлива представлено на рис.1. Распределение наработок до отказа элементов ТНВД, представленных на рис.1., подчиняются нормальному закону и определяются следующей зависимостью [6].

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(t - t_0)^2}{2\sigma^2} \right], \quad (1)$$

а вероятность безотказной работы при этом определяется

$$P(t) = \int_0^t f(t) dt$$

следующим образом

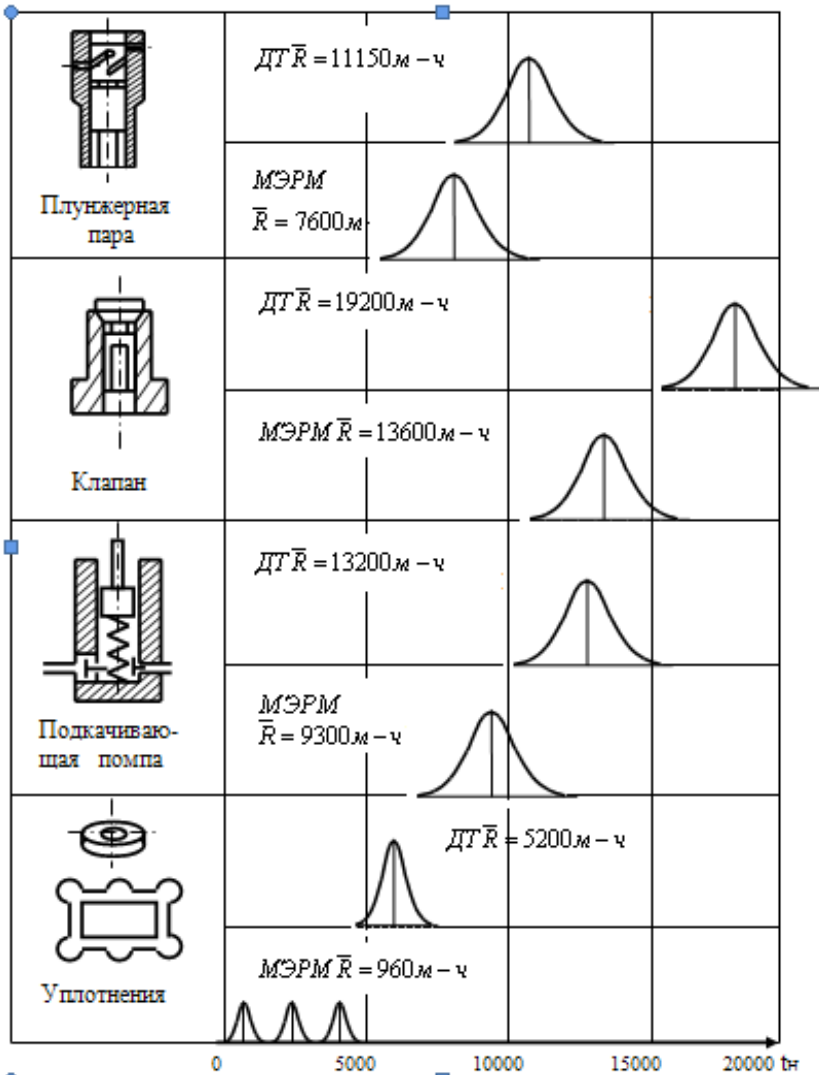


Рисунок 1 - Распределение наработки до отказа элементов ТНВД, работающих на различных видах топлива

Если ТНВД представить как сложную систему, состоящую из ряда элементов, то вероятность безотказной работы ТНВД, как сложной системы представляет собой произведение вероятностей составляющих элементов системы [6].

$$P_{cmn.}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (2)$$

где  $P_i(t)$ - вероятность безотказной работы элементов системы подачи топлива.

Вероятность безотказной работы элементов топливных насосов высокого давления, работающих на ДТ и МЭРМ представлена на рис. 2.

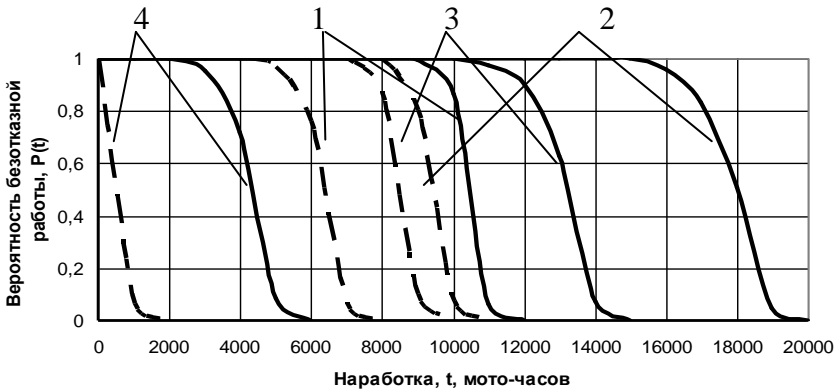


Рисунок 2 - Вероятность безотказной работы элементов топливных насосов высокого давления, работающих на ДТ (сплошная линия) и МЭРМ (пунктирная линия): 1 -плунжерная пара; 2 - клапан; 3 -подкачивающая помпа; 4 - уплотнения

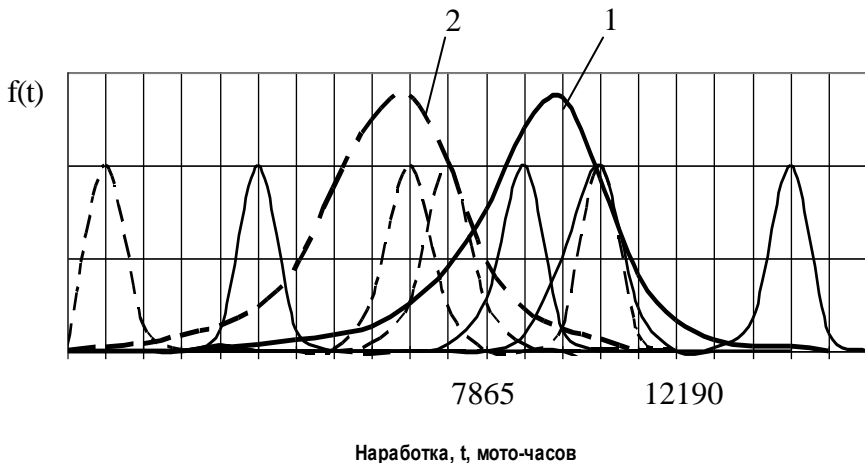


Рисунок 3 - Определение средних ресурсов топливных насосов высокого давления, работающих на 1 -ДТ и 2 – МЭРМ

Как видно из рис. 3, средний ресурс топливных насосов высокого давления, работающих на ДТ составляет 12190 мото-часов, а на МЭРМ - 7865 мото-часов, что меньше на 35,5%.

В основном, это падение ресурса происходит из-за низкой стойкости уплотняющих элементов, изготовленных из синтетических каучуков, которые очень активно взаимодействуют с эфирами биологических топлив.

Повышение среднего ресурса уплотнений до уровня среднего ресурса плунжерных пар, позволит поднять средний ресурс насоса с 7865 мото-часов до 8925 мото-часов, что даст увеличение ресурса на 13,5%.

Анализ приведенных данных показывает, что начиная примерно после 10000 мото-часов работы на ДТ, наступает непрерывный поток ресурсных отказов.

При работе на биологическом топливе, непрерывный поток ресурсных отказов наступает после 6200 мото-часов работы. Это ещё и сопряжено с тем, что при отсутствии средств диагностики из-за отказа одного из элементов, независимо от группы сложности, на практике требуется производить капитальный ремонт насоса в целом.

#### *Выводы:*

1. Установлено, что надежность ТНВД дизельного двигателя, работающего на биотопливе (МЭРМ) значительно ниже, чем при работе на дизельном топливе нефтяного происхождения (ДТ). Например, средний ресурс ТНВД, работающего на ДТ составляет 12190 мото-часов, а на МЭРМ -7865 мото-часов, что на 35,5% меньше по сравнению с топливным насосом, работающим на ДТ.

2. Установлено, что в топливном насосе высокого давления, работающего на биотопливе наиболее «слабым звеном» являются подвижные и неподвижные уплотнения. Повышение среднего ресурса уплотнений до уровня среднего ресурса плунжерных пар, позволит поднять средний ресурс насоса с 7865 мото-часов до 8925 мото-часов, что позволит увеличить средний ресурс на 13,5%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фанлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей /Б.Н. Фанлейб// - Машино-строение, 1974. - 263 с.

2. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей. М.: Легион-Автодата, 2008. - 248 с.

3. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакового масла / Марченко А.П., Семенов В.Г., Семенова Д.У., Ліньков О.Ю.// Машиностроение: Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Сборник научных трудов. Выпуск 101.-Харьков: ХГПУ.- 2000.- С.159-163.

4. Дидур В.А. Особенности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биодизельного топлива. /В.А.Дидур, В.Т.Надыкто, Д.П.Журавель, В.Б. Юдовинский. - М. «Тракторы и сельхозмашины», 2009. - №3. - С.3-6.

5. ГОСТ 10579-82. Форсунки дизелей. Общие технические условия.

6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. -М.:1969.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Fanleib B.N. Fuel equipment of motor and tractor diesel engines / B.N. Fanleib.- Mashinostroenie, 1974. - 263 s.

2. Gabitov I.I. Maintenance and troubleshooting of fuel equipment of motor and tractor diesel engines/ I.I.Gabitov, L.V.Grehov, A.V.Negovora.- М.: Legion-Avtodata, 2008. -248 s.

3. Marchenko A.P. Research of physicochemical parameters of alternative biofuel based on rapeseed oil / A.P.Marchenko, V.G.Semenov, D.U. Semenova, O.Yu. Lin'kov// Mashinostroenie: Vestnik Kharkovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Sbornik nauchnih trudov. Vypusk 101.-Kharkov: KhGPU, 2000.- S.159-163.

4. Didur V.A. Service peculiarities of agricultural mashinery when using of biodiesel /V.A.Didur, V.T.Nadykto, D.P.Zhuravel', V.B. Yudovinskiy. - М. «Traktory i sel'hozmashiny», 2009. -№3- S.3-6.

5. State Standard 10579-82. Diesel injector. General specifications.

6. Venttsel' E.S. Probability theory/ E.S. Venttsel'. - М.:1969.



## RELIABILITY OF DIESEL FUEL INJECTION PUMP OPERATING ON DIFFERENT FUEL TYPES

V.A. Kolomoets

### *Summary*

The article is devoted to the definition of parameters reliability of fuel injection pump elements operating both diesel and biofuel. There were determined the distributive laws of failure as related to products parameters by means of mean lives were set. The values of mean lives of diesel fuel injection pump single elements were matched and it permitted to find out the links with least reliability parameters in other words “weak links”. It was defined that “weak link” of diesel fuel injection pump operating on diesel was sealing elements.

The reliability parameters of each element of fuel injection pump and reliability of pump operating on different fuel types have been calculated. All reliability parameters when operated at biofuel are less than the same ones when operated at diesel due to attack of biofuel methanols on constructional materials

**Key words:** fuel injection pump, biofuel, reliability, gamma-resource, mean life, probability of no failure, failure as related to products parameters, mean time to failure.