

## Обоснование периодичности проведения регулировочных работ в двигателе семейства СМД методом определения вероятностных характеристик поведения прогнозирующего параметра

Мазуркевич М.А.<sup>1</sup>

Петрозаводский государственный университет

Рассматриваются вопросы обоснования периодичности проведения регулировочных работ газораспределительного механизма двигателя СМД-18ВН путем расчета вероятностных характеристик (вероятности безотказной работы и периода эксплуатации, приводящего к резкому росту отказов).

**Ключевые слова:** вероятность безотказной работы, начальный размер детали, предельный износ, наработка, зазоры, скорость изнашивания, газораспределительный механизм, техническое обслуживание.

Для двигателей внутреннего сгорания (ДВС) важной характеристикой является величина зазоров между впускным и выпускным клапанами и их толкателями (коромыслами). При нормальной величине зазора обеспечиваются заданные углы начала открытия и конца закрытия клапанов относительно ВМТ и НТМ поршней (фазы газораспределения), а значит, и оптимальные условия наполнения цилиндров воздухом, и динамики движения деталей механизма при этом. В процессе эксплуатации ДВС рабочие поверхности кулачков распределительного вала, толкателей, коромысел изнашиваются, что ведет к увеличению зазоров в клапанном механизме. По мере увеличения зазоров изменяются фазы газораспределения, нарушается рабочий процесс, изменяется динамика движения деталей и повышается интенсивность изнашивания.

Правилами технической эксплуатации ДВС установлена периодичность выполнения данного вида регулировочных работ, в частности для лесных машин, равная наработке 300 м.ч. (при очередном ТО-2). Однако данные работы [1] показывают, что эта периодичность не является обоснованной, а критерием необходимости выполнения регулировок в клапанном механизме является повышенный шум в работе ДВС.

В этой связи обоснование периодичности регулировки зазоров в клапанах газораспределительного механизма (ГРМ) ДВС является актуальной задачей. Для обоснования периодичности регулировки зазоров в ГРМ двигателей лесных машин (в частности двигателя СМД-18ВН) воспользуемся данными вышеприведенной работы, в которой полученный экспериментальный материал использовался для расчета трудо-

емкости ТО-2 лесных машин. Обработка экспериментального ряда позволила получить зависимость скорости нарастания износа в клапанах ГРМ со следующими характеристиками: оценка математического ожидания скорости изнашивания ( $m_{ви} = 0.0008$  мм/моточасов), оценка среднего квадратичного отклонения ( $\delta_{и} = 0.00017$ ). Начальный зазор в клапанах, по рекомендации работы [1], составляет 0.4. Изменение износа по пробегу подчиняется линейной зависимости типа

$$y = b + a \cdot x, \quad (1)$$

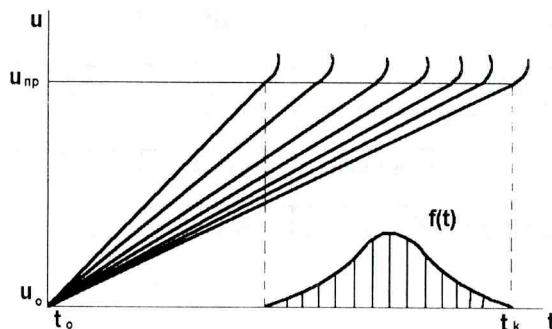
где

$a$  и  $b$  - эмпирические коэффициенты скорости изнашивания;

$x$  - наработка (в моточасах).

Применяя допущения, изложенные в работах [2,3], представим процесс изнашивания в виде полуслучайного процесса, в котором случайной величиной является скорость изнашивания, а детерминированным параметром - время работы двигателя  $t$ . Скорость изнашивания распределена по нормальному закону с вышеприведенными параметрами  $m_{ви}$  и  $\delta_{и}$ , критерий согласия Пирсона  $\chi^2 = 0.44$ .

За случайное событие, приводящее к отказу, примем момент пересечения кривых изнашивания величины износа  $U_{пр}$  (рис.1)



$U$  - величина износа,  $t_0 - t_k$  - участок нормальной работы.

Рис.1. Типичный вид закона изнашивания

Опуская математические расчеты, получаем функцию распределения плотности отказов  $f(t)$  в следующем виде, названную Г.В. Дружининым  $\alpha$ -распределением.

$$f(t) = \frac{B \cdot c}{t^2 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp(-0.5) \cdot \left(\frac{B}{t} - \alpha\right)^2; \quad (2)$$

$$B = \frac{U_{пр} \cdot p - U_0}{\sigma_u};$$

<sup>1</sup> Автор - доцент, зав. кафедрой тяговых машин  
© М.А.Мазуркевич, 1996

$$\alpha = \frac{m_{vu}}{\sigma_u};$$

где

$U_0$  - начальный зазор, мм;

$U_{np}$  - предельный зазор, мм;

$\sigma_u$  - среднее квадратичное отклонение;

$m_{vu}$  - математическое ожидание скорости изнашивания.

Нормируемый множитель  $c$  в формуле (2) определяется по аргументам:

$$Z_1 = \frac{B}{t_2 - \alpha}; \quad Z_2 = \frac{B}{t_1 - \alpha}; \quad (3)$$

При  $\alpha \geq 2$ ,  $c = 1$ , что является наиболее частым случаем для практики. В нашем примере  $\alpha = 4,7$ . Рассчитанный график функции плотности отказов  $f(t)$  для зазоров в клапанах ГРМ представлен на рис.2

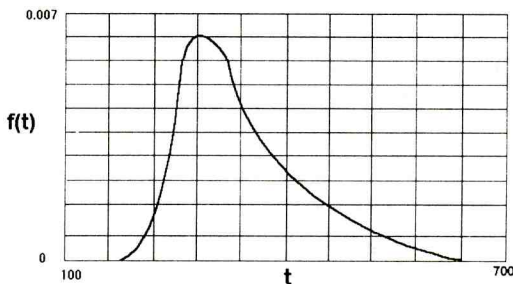


Рис.2. Функция плотности распределения отказов в клапанах ГРМ двигателя СМД-18БН

Анализируя график функции  $f(t)$ , видим, что отказы в системе начинают возникать начиная со 170 м.-ч. и достигают максимального значения к 280 м.-ч., а к 460 м.-ч. практически у всех ДВС, по данному параметру, наступит отказ. Для обоснования оптимальной величины наработки, при которой необходимо проводить регулировку, рассмотрим следующие параметры: вероятность безотказной работы  $P(t)$  и значение наработки  $t_H$ , которая приравнивается к математическому ожиданию периода проведения регулировочных работ [3].

Интегрируя плотность распределения  $f(t)$ , получаем интегральную функцию  $Q(t)$  и вычисляем ВВР по формуле:

$$P(t) = 1 - Q(t). \quad (4)$$

Полученный график вероятности безотказной работы представлен на рис. 3.

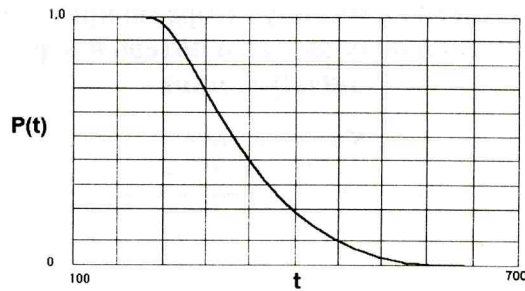


Рис.3. График вероятности безотказной работы ГРМ по параметру (зазор в клапанах)

Значение  $t_H$  является одной из важнейших характеристик (наряду с вероятностью безотказной работы) надежности, так как характеризует начало периода эксплуатации, приводящего к резкому росту массовых отказов. При этом наработка  $t_H$  принимается равной:

$$t_H = B \cdot g_H(\alpha), \quad (5)$$

где

$g_H(\alpha)$  - функция, определяемая из таблиц или графиков работы (3)

Для нашего случая  $\alpha = 4,705$ ;  $g_H(\alpha) = 0,142$ ;  
 $B = 1471$ ;  $t_H = 0,142 \cdot 1471 = 208$  м.-ч.

Вероятность безотказной работы для периода  $t_H$  равна  $P(t) = 0,9634$ . Если следовать рекомендациям завода-изготовителя ( $t_H = 300$  м.-ч.), то вероятность безотказной работы  $P(t) = 0,5482$ . Это означает, что у 45% двигателей зазоры в ГРМ будут выше предельного. Таким образом, периодичность регулировки клапанов, установленная заводом-изготовителем, возможно, применима для двигателей, установленных на тракторах, работающих в менее тяжелых условиях, чем лесные трактора. Учитывая тяжелые эксплуатационные режимы работы лесных тракторов, проверку зазоров в ГРМ необходимо производить при каждом ТО-1 (кратность проведения профилактических работ для лесных тракторов ОТЗ следующая: ТО-1 - 100 м.-ч., ТО-2 - 300 м.-ч., ТО-3 - 900 м.-ч.) и при необходимости (зазор более 0,5, что соответствует наработке 215 м.-ч.) проводить регулировку.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технические средства диагностирования. Справочник / Под ред. чл.-корр. АН СССР В.В.Клюева. М.: Машиностроение, 1989.
2. Пронников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1974.
3. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986.