

УДК 658.588:629.114.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ ТРАКТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Н. В. МУРАШКИН, Н. Н. КУЗЬМИНЫХ, Ю. И. АРХИПОВ,  
И. М. РОШИН

Ленинградская лесотехническая академия, ЧФ НАТИ

Один из основных оценочных показателей надежности трелевочных тракторов — среднее число отказов, приходящееся на один трактор за установленный промежуток работы до первого капитального ремонта.

В соответствии с рекомендациями НАТИ все отказы группируют по интервалам наработки и для каждого интервала подсчитывают среднее число отказов на один трактор. Затем находят кумулятивное значение полученных величин за определенный период работы.

Пусть из  $N$  выбранных тракторов один трактор проработал до предельного состояния, или за ним в момент времени  $t_{j\max}$  перестали наблюдать по каким-либо другим причинам. Нарботки остальных  $N - 1$  тракторов меньше наработки этого трактора и находятся в пределах  $0 \leq t_j < t_{j\max}$ . Кроме того, пусть за период эксплуатации трактора при различных их наработках  $t_j$  возник ряд отказов  $n$ .

Порядок установления среднего числа отказов на конец  $\rho$ -го интервала следующий.

1. Из выборки изделий определяется и печатается  $t_{j\max}$ .

2. Нарботку  $t_{j\max}$  разбивают на целое число интервалов  $k$  с приращением интервала  $\Delta t = 50a$ , где  $a = 1, 2, 3$  и т. д. Определяется и печатается начало и конец каждого интервала.

3. Если наработка изделий меньше верхней границы  $\rho$ -го интервала, определяют наработку в этом интервале:

$$t'_j = t_j - t_\rho^n, \quad (1)$$

где  $t'_j$  — наработка  $j$ -того трактора (его узла), превышающая нижнюю границу  $\rho$ -го интервала;

$t_j$  — полная наработка  $j$ -того трактора (его узла) до предельного состояния или до конца наблюдения за этим изделием;

$t_\rho^n$  — нижняя граница  $\rho$ -го интервала.

4. Определяется и печатается условное общее число тракторов (изделий), работающих в интервале наработки:

$$N_\rho = N_k + \frac{\sum_{j=1}^N t'_j}{\Delta t}, \quad (2)$$

где  $N_k$  — число тракторов (изделий), наработка которых находится в пределах  $\rho$ -го интервала.

5. Определяется и печатается общее число отказов изделий, возникших в  $\rho$ -м интервале  $n_\rho$  и с начала эксплуатации на конец  $\rho$ -го интервала наработки.

6. Определяется и печатается среднее число возникших в  $\rho$ -м интервале отказов, приходящихся на один трактор:

$$n_{ср\rho} = \frac{n_p}{N_p} \quad (3)$$

7. Определяется и печатается число отказов, возникших в среднем на одном изделии, к концу  $\rho$ -го интервала (кумулятивное значение):

$$n_{ср}(t_p) = \sum_{\rho=1}^k \frac{n_p}{N_p} \quad (4)$$

где  $k$  — общее число интервалов наработки.

Для оценки точности кумулятивного значения показателя допускается [1], что число отказов, приходящихся на выборку определенного объема, в период нормальной эксплуатации изделий подчиняется закону распределения Пуассона (экспоненциальный закон распределения наработки на отказ), для которого дисперсия случайной величины равна ее математическому ожиданию. В соответствии с этим среднее квадратичное отклонение величины  $n_p$  может быть найдено по формуле

$$\sigma_{n_{ср\rho}} = \sqrt{\frac{n_p}{N_p}} \quad (5)$$

Здесь математическое ожидание суммарного числа отказов в выборке на  $N_p$  изделий в  $\rho$ -м интервале наработки заменено выборочным значением  $n_p$ .

8. Определяется и печатается среднее квадратичное отклонение величины  $n_p$  в каждом интервале наработки в соответствии с формулой (5).

9. Определяются и печатаются значения средних квадратичных отклонений  $n_{ср}$  на конец каждого интервала наработки, согласно теореме о сложении дисперсий, также имеющих пуассоновское распределение:

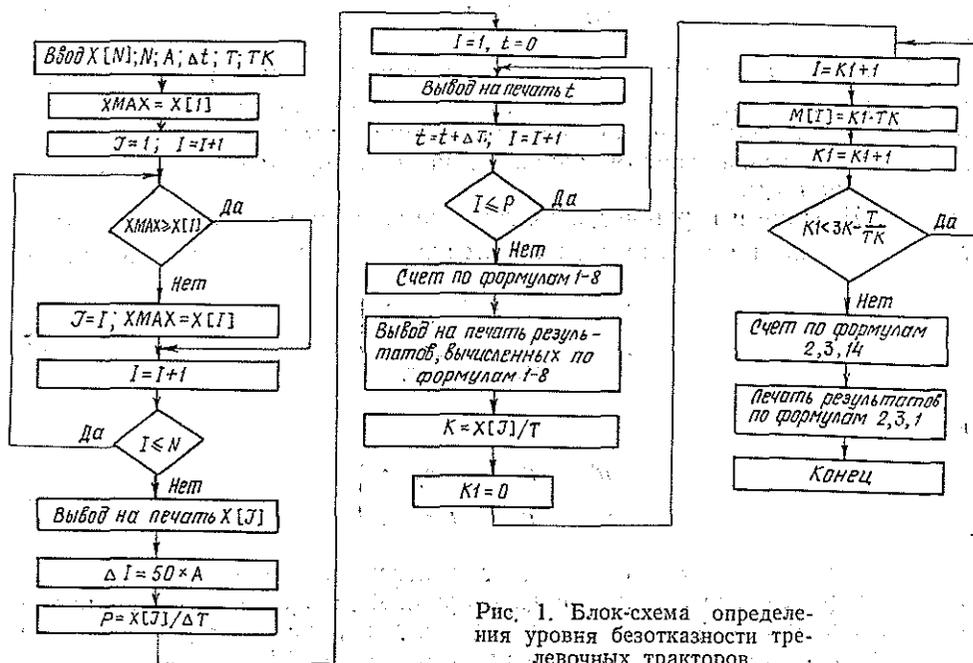


Рис. 1. Блок-схема определения уровня безотказности трелевочных тракторов.

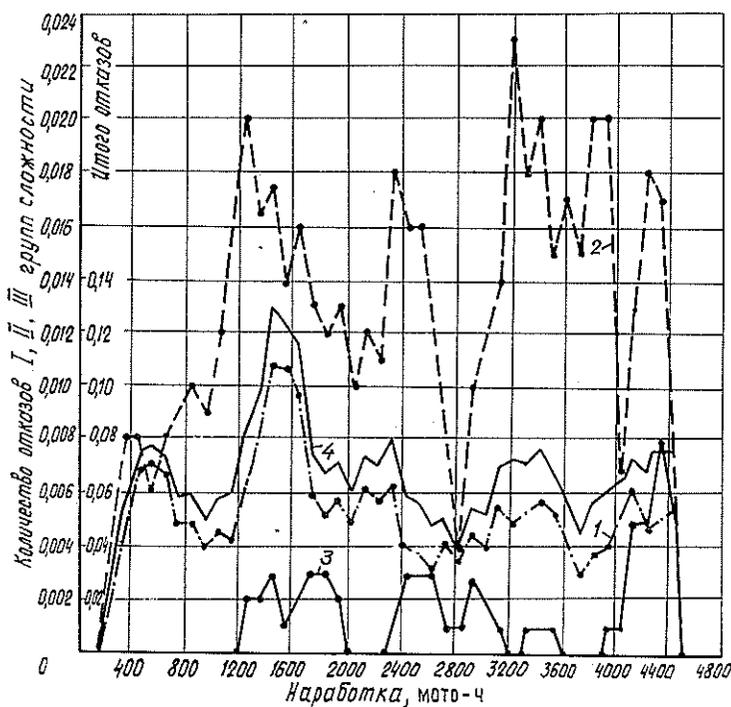


Рис. 2. Зависимость потока отказов тракторов ТБ-1 от наработки.

1 — отказы I группы сложности; 2 — II группы; 3 — III группы; 4 — всего отказов.

$$\sigma_{n_{ср}} = \sum_{p=1}^k \sqrt{\frac{n_p}{N_p}}. \quad (6)$$

Величины  $n_{ср}$  и  $n_{ср}$  рассматриваются как параметры закона Пуассона, они асимптотически нормальны и могут быть с достаточной для практических целей точностью аппроксимированы нормальным распределением. Это позволяет определить для них приближенные доверительные границы.

10. Нижние и верхние доверительные значения  $n_{ср}$  на конец каждого интервала наработки и в каждом интервале находят по формулам:

$$\left. \begin{aligned} n_{ср}^н &= n_{ср} - t_{\alpha} \sigma_{n_{ср}}; \\ n_{ср}^в &= n_{ср} + t_{\alpha} \sigma_{n_{ср}} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

и

$$\left. \begin{aligned} n_{ср}^н &= n_{ср} - t_{\alpha} \sigma_{n_{ср}}; \\ n_{ср}^в &= n_{ср} + t_{\alpha} \sigma_{n_{ср}} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Индексы «н» и «в» обозначают соответственно нижнюю и верхнюю доверительные границы с двусторонней доверительной вероятностью. Значения коэффициента Стьюдента для различных уровней доверительной вероятности  $\alpha$  приведены в источнике [3] и др.

При определении уровня безотказности трактора целесообразно установить характер изменения статистического значения параметра потока отказов в зависимости от наработки.

В каждый момент времени работы трактора параметр потока отказов устанавливаются в следующем порядке.

1. Из выборки в  $N$  изделий определяется и печатается  $t_{j \max}$ .

2. Нарботку  $t_{j \max}$  разбивают на целое число интервалов  $k$  с приращением интервала  $\Delta t = 300$  (интервал усреднения). Начало каждого интервала находят по формуле

$$t' = k_1 t_k, \quad (9)$$

где  $k_1 = 0, 1, 2, 3, \dots, k$  ( $3-5$ ) — 1;

$t_k$  — интервал скольжения ( $t_k = 100$ ).

Определяется и печатается начало и конец каждого интервала.

Интервал скольжения обычно выбирают из соотношения

$$\Delta t = (3 - 5) t_k. \quad (10)$$

3. Определяется и печатается условное общее число тракторов, работающих в  $k$ -том интервале наработки (см. формулу (3)).

4. Определяется и печатается общее число отказов тракторов, возникших в  $k$ -том интервале  $n_k$ .

5. Для каждого интервала ( $kt_k; \Delta t$ ) определяется и печатается параметр потока отказов, согласно справочнику [1], по формуле:

$$W(kt_k; \Delta t) = \frac{n_k(kt_k; \Delta t)}{N_k(kt_k; \Delta t) \Delta t}, \quad (11)$$

где  $n_k(kt_k; \Delta t)$  — число отказов изделий в интервале наработки ( $kt_k; kt_k + \Delta t$ );

$N_k(kt_k; \Delta t)$  — условное число наблюдаемых в интервале изделий (тракторов или их агрегатов, узлов).

Блок-схема определения уровня безотказности трелевочных тракторов приведена на рис. 1.

График изменения статистического значения параметра потока отказов, построенный в соответствии с формулой (11), позволит: определить период приработки агрегатов, системы или трактора в целом и выявить ранние отказы; установить период их нормальной эксплуатации и начало интенсивного выхода из строя элементов.

Параметр потока отказов тракторов ТБ-1 характеризуется данными рис. 2.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Агзамов С. К., Фалеев О. П. Оценка достоверности потока отказов при ресурсных испытаниях тракторов.— Тракторы и сельхозмашины, 1973, № 2. [2]. Козлов Б. А., Ушаков И. А. Краткий справочник по расчету надежности радиоэлектронной аппаратуры.— М.: Сов. радио, 1966. [3]. Шор Я. Б., Кузьмин Ф. И. Таблицы для анализа и контроля надежности.— М.: Сов. радио, 1968.

Поступила 7 июля 1983 г.