

задач. - Архангельск: РИО АГТУ, 1996. - 56 с. [5]. Проблемы судебной автотехнической экспертизы: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИСЭ, 1985. - 119 с.

Поступила 25 февраля 1998 г.

УДК 658.581

*В. Н. ШИЛОВСКИЙ, А. В. ПИТУХИН*

Петрозаводский государственный университет



Шиловский Вениамин Николаевич родился в 1945 г., окончил в 1970 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонта Петрозаводского государственного университета. Имеет более 130 печатных трудов в области исследований эксплуатационной надежности лесных машин и ремонта машин.



Питухин Александр Васильевич родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Ленинградский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН, заведующий кафедрой технологии металлов и ремонта Петрозаводского государственного университета. Имеет более 80 печатных трудов в области оценки надежности, расчета и проектирования машин.

### **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН ПО АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПРИЗНАКУ**

Представлен метод последовательного контроля безотказности по альтернативному признаку применительно к лесозаготовительным машинам. Конкретизирован план испытаний, закон распределения наработки на отказ, исходные данные для контроля безотказности, величины браковочного и приемочного уровней наработки на отказ. Приведен конкретный пример.

Method of sequential monitoring of no-failure operation applied to forest machines is presented. Testing plan is specified as well as the law of distribution of mean time between failures, the initial data for no-failure monitoring, the values of no-go and acceptance levels of mean time between failures. The concrete example as given.

Последовательный контроль безотказности лесозаготовительных машин по альтернативному признаку представляет собой расчетно-экспериментальный метод, основанный на вычислении показателей надежности по исходным данным, полученным в процессе контрольных эксплуатационных испытаний на надежность опытных или серийных образцов лесозаготовительной техники.

Метод ориентирован на план испытаний типа  $[NM(rT_{\Sigma})]$ , в котором участвуют  $N$  объектов, восстанавливаемых ( $M$ ) в процессе испытаний. Работу заканчивают при достижении заданных чисел отказов ( $r$ ) или наработки ( $T_{\Sigma}$ ).

Показатели надежности контролируют по альтернативному признаку, учитывающему риски потребителя и изготовителя. При расчете используют план последовательного контроля на основании предпосылок экспоненциального распределения наработки на отказ. Выбор плана последовательного контроля обусловлен принадлежностью лесозаготовительных машин к восстанавливаемым объектам, а также наличием ограничения по числу испытываемых изделий.

Для лесозаготовительных машин нормируемым показателем безотказности является средняя наработка на отказ.

При последовательном контроле устанавливают число отказов, которое может быть зарегистрировано за определенную суммарную наработку объектов, находящихся на контрольных испытаниях.

Исходными данными для контроля наработки на отказ являются приемочный уровень наработки на отказ  $T_{\alpha}$ ; браковочный уровень наработки на отказ  $T_{\beta}$ ; риск изготовителя  $\alpha$ ; риск потребителя  $\beta$ ; нормативное значение наработки на отказ, установленное в нормативно-технической документации  $T_{\text{норм}}$ .

В качестве браковочного уровня наработки на отказ следует принять нормативное значение, установленное в техническом задании (для опытных образцов) или технических условиях (для серийных образцов)  $T_{\beta} = T_{\text{норм}}$ .

Приемочный уровень наработки на отказ устанавливают в нормативно-технической документации на изделие. Для лесозаготовительных машин рекомендуют следующее соотношение между приемочным и браковочным уровнями:  $T_{\alpha} = 1,64 T_{\beta}$ . Риск изготовителя  $\alpha$  и риск потребителя  $\beta$  рекомендуется принимать равными 0,2.

По согласованию разработчика с потребителем значения  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $T_{\beta}$  могут быть иными, если они оговорены в техническом задании или технических условиях на машину.

Графиком последовательных испытаний является ступенчатая линия, которая показывает изменение количества отказов испытываемых изделий в зависимости от их суммарной наработки. В момент возникновения отказа график имеет скачок по вертикали на одну единицу, далее линия идет параллельно оси абсцисс до момента возникновения следующего отказа. График последовательного контроля строят в прямоугольной системе координат по исходным параметрам ( $T_{\beta} = T_{\text{норм}}$ ,  $T_{\alpha} = 1,64 T_{\beta}$ ,  $\alpha = \beta = 0,2$ ), пара

метры линии соответствия и несоответствия устанавливают согласно положениям работы [1].

Результаты испытаний считают положительными, если ступенчатый график пересекает линию соответствия; в этом случае фактическое значение наработки на отказ отвечает уровню, установленному в нормативно-технической документации. Если ступенчатый график пересекает линию несоответствия, результат испытаний считают отрицательным.

Согласно положениям работы [2] и указанным в статье параметрам графика последовательного контроля ( $T_\beta = T_{\text{норм}}$ ,  $T_\alpha = 1,64 T_\beta$ ,  $\alpha = \beta = 0,2$ ) на рис. 1 приведены минимально возможные значения продолжительности испытаний каждого образца ( $t_n$ ) для различных нормативных значений наработки на отказ ( $T_{\text{норм}} = T_\beta$ ) в зависимости от числа образцов ( $n$ ).

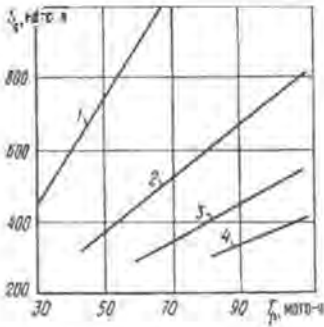


Рис. 1. Зависимость продолжительности испытаний  $t_n$  от нормируемого значения безотказности  $T_\beta$  для различного количества образцов  $n$ : 1 -  $n = 1$ ; 2 -  $n = 2$ ; 3 -  $n = 3$ ; 4 -  $n = 4$

Если нормируемое значение наработки на отказ больше указанного на рис. 1, то  $t_n$  определяют экстраполяцией. При невозможности обеспечить испытания требуемым числом образцов может быть изменено соотношение  $T_\alpha / T_\beta$ . Если линии соответствия и несоответствия приближаются друг к другу, то вероятность получения корректных результатов снижается.

Использование расчетно-экспериментального метода можно проиллюстрировать на следующем примере. Для контроля средней наработки на отказ были испытаны два образца условной лесозаготовительной машины, для которых  $T_{\text{норм}} = 70$  мото-ч. В процессе испытаний возникли отказы машин при следующих наработках: для машины № 1 - 52, 103, 119, 165, 237, 274, 325, 378, 396 мото-ч; для машины № 2 - 62, 152, 169, 228, 233, 305, 356, 376 мото-ч.

По плану последовательного контроля необходимо определить объем испытаний и принять решение о соответствии фактических показателей безотказности требованиям, установленным в нормативно-технической документации.

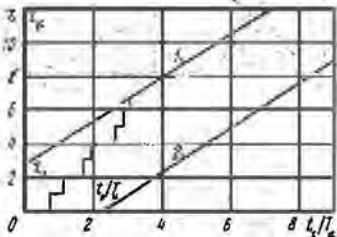


Рис. 2. График последовательного контроля

Согласно рис. 1 при  $T_\beta = T_{\text{норм}} = 70$  мото-ч для  $n = 2$  максимальная наработка каждого образца должна составить около 565 мото-ч. Ранее принято  $\alpha = \beta = 0,2$ ;  $T_\alpha = 1,64 T_\beta = 115$  мото-ч. Параметры плана испытаний определяем по табл. 5, приведенной в работе [1]. По ним в прямоугольной системе координат (рис.2) строим наклонные линии несоответствия ( $I$ )

$$r = a t_i / T_\alpha + r_0;$$

соответствия (2)

$$r = a(t_{\Sigma}/T_{\alpha} - t_0/T_{\alpha}),$$

где  $a$  – тангенс угла наклона линий соответствия или несоответствия на графике последовательного контроля;

$t_{\Sigma}$  – суммарная наработка;

$r_0$  – точка пересечения линии несоответствия с осью ординат;

$t_0/T_{\alpha}$  – относительное значение точки пересечения линии соответствия с осью абсцисс.

При  $T_{\alpha}/T_{\beta} = 1,64$  и  $\alpha = \beta = 0,2$  получим следующие значения параметров:  $a = 1,29$ ;  $r_0 = 2,815$ ;  $t_0/T_{\alpha} = 2,180$ ; предельное число отрицательных исходов при усеченном последовательном контроле  $r_{yc} = 12$ .

Определим точки скачкообразного изменения графика последовательного контроля согласно данным таблицы.

$t_1$	$t_2$	$t_{\Sigma}$	$t_{\Sigma}/T_{\alpha}$	$t_1$	$t_2$	$t_{\Sigma}$	$t_{\Sigma}/T_{\alpha}$
52	39*	91	0,80	237	233	470	4,10
76*	61	137	1,19	274	270*	544	4,73
103	90*	193	1,68	315*	305	620	5,39
119	110*	229	1,90	325	317*	642	5,58
160*	152	312	2,70	371*	356	727	6,32
165	159*	324	2,81	378	366*	744	6,47
176*	169	345	3,00	386*	372	758	6,59
230*	228	458	3,98	396	380*	776	6,75

\* Нарботка одной машины на момент отказа другой, т. е. наработка исправной машины.

На графике последовательного контроля (рис. 2) в моменты возникновения отказа какой-либо одной или обеих машин по оси абсцисс откладывается отношение  $t_{\Sigma}/T_{\alpha}$ .

Испытания могут быть прекращены после возникновения седьмого отказа, т. е. при наработке первой машины 176 и второй 169 мото-ч. Таким образом, в данном примере фактическое значение средней наработки на отказ меньше установленного в технических условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 27.410 – 87. Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность. - М.: Изд-во стандартов, 1987. - 109 с. [2]. ОСТ 22-27.1677 – 87. Строительные, дорожные, коммунальные машины и оборудование. Порядок и методы контроля показателей надежности, рекомендуемых нормативно-технической документацией. - М.: Миностройдормаш, 1987. - 47 с.

Поступила 10 декабря 1996 г.