

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗНОСА ШЛИЦОВ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА Т-150 (часть I)

Скоблю Т.С., доктор техн. наук, проф., Иванов В.И., канд. техн. наук, доц.,  
Сайчук А.В., аспирант

*Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства)*

*Виконано статистичний аналіз зносу шліців первинного вала коробки передач трактора Т-150. Показано, що характер зносу не підпорядковується нормальному розподілу.*

С целью определения абсолютных величин износа шлицов по ширине был проведен микрометраж  $N=158$  валов ремонтного фонда Харьковского тракторного завода. Объем выборки определен из таблиц достаточно больших чисел, точность измерений  $\epsilon=0,05$  мм при надежности  $\alpha=0,95$ . Ширину шлицов измеряли штангенциркулем с ценой деления нониуса 0,05 мм в месте наибольшего износа, находящегося на расстоянии 58...60 мм от торца вала со стороны сальника.

По данным измерений определен размах колебаний величины износа  $R=6,6$  мм. Задавшись числом интервалов  $K=11$ , определили его ширину  $h=0,6$  как частное отношение  $R$  и  $K$ . Сводные данные по группированию величины износа и вспомогательные данные для вычисления параметров эмпирического распределения приведены в табл. 1.

Анализ теоретических распределений показал, что для приближенного выражения эмпирических значений износа деталей, поступающих в ремонт, в большинстве случаев можно использовать закон нормального распределения.

Таблица 1. Последовательность вычислений параметров эмпирического распределения износа шлицов первичного вала КП трактора Т-150

№ интервала	Значения интервалов		Середина интервала, $x_i$	Эмпирическая частота, $m_i$	$m_i \cdot x_i$	$m_i \cdot x_i^2$	Частость, $W_i = \frac{m_i}{N}$
	от	до					
1	0	0,6	0,3	19	5,7	1,71	0,12
2	0,6	1,2	0,9	46	41,4	37,26	0,29
3	1,2	1,8	1,5	40	60,0	90,00	0,25
4	1,8	2,4	2,1	20	42,0	88,20	0,13
5	2,4	3,0	2,7	16	43,2	116,64	0,10
6	3,0	3,6	3,3	7	23,1	76,23	0,04
7	3,6	4,2	3,9	3	11,7	45,63	0,02
8	4,2	4,8	4,5	4	18,0	81,00	0,03
9	4,8	5,4	5,1	1	5,1	26,01	0,01
10	5,4	6,0	5,7	1	5,7	32,49	0,01
11	6,0	6,6	6,3	1	6,3	39,69	0,01

Вычислены параметры нормального распределения: среднее значение износа шлицов  $\bar{x}=1,65$  мм, среднее квадратическое отклонение  $S=1,15$ , коэффициент вариации  $v=0,697$ .

Для построения кривой нормального распределения по опытным данным определили теоретическую частоту нормального распределения.

Последовательность этих вычислений приведена в табл.2

Таблица 2. Последовательность вычислений теоретических частот нормального распределения

№ интервала	Середина интервала, $x_i$	Эмпирическая частота, $m_i$	$t = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$	$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$	Вероятность интервалов, $P(x_i) = \frac{h}{s} \cdot \varphi(t)$	Теоретическая частота, $m'_i = P(x_i) \cdot N$
1	2	3	4	5	6	7
1	0,3	19	-1,174	0,1989	0,1038	16,400
2	0,9	46	-0,652	0,3209	0,1674	26,449
3	1,5	40	-0,130	0,3965	0,2069	32,690
4	2,1	20	0,391	0,3668	0,1914	30,241
5	2,7	16	0,913	0,2565	0,1338	21,140
6	3,3	7	1,435	0,1334	0,0696	10,997
7	3,9	3	1,957	0,0540	0,0282	4,456
8	4,5	4	2,478	0,0154	0,0080	1,264
9	5,1	1	3,000	0,0037	0,0019	0,300
10	5,7	1	3,522	0,0006	0,0003	0,047
11	6,3	1	4,043	-	-	-



Рис. 1 Гистограмма, полигон и выровненная кривая нормального распределения

Для выявления закона распределения случайных величин износа шлицов выполнено выравнивание эмпирического распределения по гипотетическим теоретическим значениям с применением двух общепринятых критериев согласования  $\chi^2$  и  $\lambda$  [1]. По сгруппированным значениям износа шлицов, с учетом распределения, построены гистограмма и полигон (рис. 1).

Таблица 3. Последовательность вычислений критериев согласования  $\chi^2$  и  $\lambda$

№ интервала	Эмпирическая частота, $m_i$	Теоретическая частота, $m_i'$	$ m_i - m_i' $	$(m_i - m_i')^2/m_i'$	$m_i$ накоплен-ное	$m_i'$ накоплен-нос	$m_i - m_i'$ накоп-ленное
1	19	16,400	2,60	0,41	18	16,20	1,80
2	46	26,449	19,55	14,45	65	42,90	22,10
3	40	32,690	7,31	1,63	105	76,10	28,90
4	20	30,241	10,24	3,47	125	106,80	18,20
5	16	21,140	5,14	1,25	141	128,30	12,70
6	7	10,997	4,00	1,45	148	138,90	9,10
7	3	4,456	1,46	0,48	151	144,40	6,60
8	4	1,264	2,74	5,94	155	145,70	9,30
9	1	0,300	0,70	1,63	156	146,0	10,00
10	1	0,047	0,95	19,2	157	146,04	10,96
11	1	-	-	-	158	146,08	11,96

Из рис. 1 видно плохое согласование распределения. Чтобы это оценить, найдём вероятность того, что эмпирическая кривая будет соответствовать теоретической, проведя сравнение их по двум критериям согласования  $\chi^2$  и  $\lambda$  (табл. 3).

Определяем число степеней свободы:

$$k = n - r - 1,$$

где  $n$  – число сравниваемых частот, равное 8;

$r$  – число параметров теоретической функции распределения, равное 2.

Находим, что для  $\chi^2=32,73$  и  $k=5$  ближайшее значение  $P=0,0001$ – $0,05$ , т.е. гипотеза о применении закона нормального распределения отвергается.

Оперируя накопленными частотами (табл. 3), находим критерий согласования  $\lambda=2,31$ .

Для данного значения  $\lambda$ , находим  $P(\lambda)$  – вероятность того, что гипотетическая функция выбрана правильно.

$P(\lambda)=0,0001$ – $0,05$ , т.е. эмпирическая и теоретическая кривые не согласуются [2].

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что эмпирическое распределение величины износа шлицов не описывается нормальным распределением. Проф. Казанцев В.И. ранее показал, что износ деталей машин подчиняется именно этому закону нормального распределения. Отклонения в данном случае объясняются тем, что износ шлицов вала, как и многих других деталей,

является следствием одновременного протекания нескольких видов изнашивания. Это абразивное и окислительное изнашивание, развитие фреттинг-процесса, и местное пластическое деформирование поверхности шлица.

Для описания наиболее полного согласования теоретической и экспериментальной кривой износа следует произвести оценку с использованием законов логарифмически нормального распределения и Вейбулла.

### Список литературы

1. Восстановление деталей и ремонт машин. Сб. Под ред. Е.Л. Воловик - Калуга. Малоярославский филиал ГОСНИТИ в ЦОКТЬ 1975.
2. Справочник технолого-машинистроителей. В двух томах. Издание 3. том 2. Под ред. Макова А. Н., Машиностроение, 1972.

### Аннотация

#### Статистический анализ износов шлицов первичного вала КП трактора Т-150

*Выполнен статистический анализ износа шлицов первичного вала коробки передач трактора Т-150. Показано, что характер износа не подчиняется нормальному распределению.*

### Abstract

#### Statistical analysis of wears of splines of the primary arbor of a gear box of a tractor T-150

*The statistical analysis of wearing of splines of the primary arbor of a gear box of a tractor T-150 is executed. It is noted, that the nature of wearing is not subject to a normal distribution.*