

## ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О ПОКАЗАТЕЛЯХ НАДЁЖНОСТИ

Цель работы: изучить методику обработки информационных данных о показателях надёжности на основании собранной информации.

Существует несколько методов обработки информации. Некоторые из них (например, метод максимального правдоподобия) сложны, трудоемки, нуждаются в применении электронно-вычислительной техники. Использование таких методов в хозяйствах и на ремонтных предприятиях для обработки информации о надёжности тракторов и сельскохозяйственных машин не только затруднено, но и нецелесообразно, так как их точность превышает точность входной информации. Рекомендуемые ниже методы обработки информации просты и надёжны. Их могут применять инженеры сельскохозяйственного производства без использования электронно-вычислительных машин.

После составления сводной таблицы информации (о показателях надёжности доремонтных ресурсов 70 двигателей СМД – 14 в течении их работы за период испытаний) в порядке возрастания показателя надёжности (таблица 1.1.) её обрабатывают в такой последовательности:

1. Построение статистического ряда исходной информации и определение величины смещения начала рассеивания  $t_{см}$ .
2. Определение среднего значения  $\bar{t}$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma$  показателя надёжности (ПН).
3. Проверка информации на выпадающие точки.
4. Построение гистограммы, полигона и кривой наклонных опытных вероятностей показателя надёжности.
5. Определения коэффициента вероятности  $V$ .
6. Выбор теоретического закона распределения (ТЗР), определение его параметров и графическое построение интегральной  $F(t)$  и дифференциальной  $f(t)$  функций.
7. Проверка совпадения опытных и теоретических законов распределения ПН по критериям согласия.
8. Определение доверительных границ рассеивания одиночных и средних значений показателя надёжности и возможных наибольших ошибок переноса.

					Лабораторная работа №1						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О ПОКАЗАТЕЛЯХ НАДЁЖ- НОСТИ	Лит.		Лист		Листов	
Разраб.	Лаптев							1		8	
Провер.	Пархоменко					ГГТУ им.П.О.Сухого гр.С-41					

Исходные данные для выполнения лабораторной работы приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Информация о доремонтных ресурсах двигателя по варианту.

№ двигателя	Доремонтный ресурс (мото-ч)	№ двигателя	Доремонтный ресурс (мото-ч)	№ двигателя	Доремонтный ресурс (мото-ч)
1	1340	24	3550	47	4490
2	1380	25	3590	48	4540
3	1420	26	3630	49	4680
4	1600	27	3650	50	4750
5	1760	28	3770	51	4790
6	2090	29	3860	52	4800
7	2160	30	3890	53	4820
8	2270	31	3920	54	4890
9	2300	32	3960	55	4930
10	2400	33	4650	56	5060
11	2500	34	3790	57	5120
12	2700	35	3820	58	5200
13	2950	36	3960	59	5360
14	3100	37	4080	60	5470
15	3190	38	4120	61	5680
16	3240	39	4140	62	5840
17	3260	40	4180	63	5980
18	3320	41	4200	64	6030
19	3350	42	4220	65	6170
20	3390	43	4280	66	6240
21	3440	44	4320	67	6420
22	3480	45	4370	68	6940
23	3520	46	4420	69	7020
				70	7140

1. Построение статистического ряда исходной информации и определение величины смещения начала рассеивания.

1.1. Количество интервалов статистического ряда  $n$  определяем из уравнения:

$$n = \sqrt{N}.$$

Полученный результат округляем в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Количество интервалов не должно выходить за пределы  $n = 6 \dots 20$ .

$$n = \sqrt{70} \approx 9 \text{ интервалов.}$$

1.2. Величину одного интервала  $A$  определяем из уравнения:

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n},$$

где  $t_{\max}$  и  $t_{\min}$  – соответственно наибольшее и наименьшее значения показателей надежности в сводной таблице данных.

$$t_{\max} = T_{\text{др}70} = 7140 \text{ мото-ч}, \quad t_{\min} = T_{\text{др}1} = 1340 \text{ мото-ч}.$$

$$A = \frac{7140 - 1340}{9} \approx 644 \text{ мото-ч}.$$

1.3. Определяем границы каждого интервала в единицах показателя надежности по формулам

$$t_{iH} = t_{(i-1)B},$$

$$t_{iB} = t_{iH} + A,$$

где  $t_{iH}$  и  $t_{iB}$  – нижняя и верхняя граница интервала соответственно.

За начало первого интервала  $t_{1H}$  следует принимать наименьшее значение показателя надёжности (ПН).

Для первого интервала  $t_{1H} = T_{\text{др}1} = 1340 \text{ мото-ч};$

$$t_{1B} = t_{1H} + A = 1340 + 644 = 1984 \text{ мото-ч}.$$

Для второго интервала  $t_{2H} = t_{1B} = 1984 \text{ мото-ч};$

$$t_{2B} = t_{2H} + A = 1984 + 644 = 2628 \text{ мото-ч}.$$

Для третьего интервала  $t_{3H} = t_{2B} = 2628 \text{ мото-ч};$

$$t_{3B} = t_{3H} + A = 2628 + 644 = 3272 \text{ мото-ч}.$$

Для четвертого интервала  $t_{4H} = t_{3B} = 3272 \text{ мото-ч};$

$$t_{4B} = t_{4H} + A = 3272 + 644 = 3916 \text{ мото-ч}.$$

Для пятого интервала  $t_{5H} = t_{4B} = 3916 \text{ мото-ч};$

$$t_{5B} = t_{5H} + A = 3916 + 644 = 4560 \text{ мото-ч}.$$

Для шестого интервала  $t_{6H} = t_{5B} = 4560 \text{ мото-ч};$

$$t_{6B} = t_{6H} + A = 4560 + 644 = 5204 \text{ мото-ч}.$$

Для седьмого интервала  $t_{7H} = t_{6B} = 5204 \text{ мото-ч};$

$$t_{7B} = t_{7H} + A = 5204 + 644 = 5848 \text{ мото-ч}.$$

Для восьмого интервала  $t_{8H} = t_{7B} = 5848 \text{ мото-ч};$

$$t_{8B} = t_{8H} + A = 5848 + 644 = 6492 \text{ мото-ч}.$$

Для девятого интервала  $t_{9H} = t_{8B} = 6492 \text{ мото-ч};$

$$t_{9B} = t_{9H} + A = 6492 + 644 = 7136 \text{ мото-ч}.$$

1.4. Определяем количество случаев (частота  $m$ ) в каждом интервале. Если точка информации попадает на границу между интервалами, то в предыдущий и в последующий интервалы вносят по 0,5 точки.

Для первого интервала  $m_1 = 5.$

Для второго интервала  $m_2 = 6.$

Для третьего интервала  $m_3 = 6.$

Для четвертого интервала  $m_4 = 13.$

					Лабораторная работа №1	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для пятого интервала  $m_5 = 2$ .  
 Для шестого интервала  $m_6 = 26$ .  
 Для седьмого интервала  $m_7 = 4$ .  
 Для восьмого интервала  $m_8 = 5$ .  
 Для девятого интервала  $m_9 = 2$ .

1.5. Определяем опытную вероятность появления показателя надежности в каждом интервале

$$P_i = m_i / N.$$

Для первого интервала  $P_1 = 5 / 70 = 0,071$ .  
 Для второго интервала  $P_2 = 6 / 70 = 0,086$ .  
 Для третьего интервала  $P_3 = 6 / 70 = 0,086$ .  
 Для четвертого интервала  $P_4 = 13 / 70 = 0,186$ .  
 Для пятого интервала  $P_5 = 2 / 70 = 0,029$ .  
 Для шестого интервала  $P_6 = 26 / 70 = 0,371$ .  
 Для седьмого интервала  $P_7 = 4 / 70 = 0,057$ .  
 Для восьмого интервала  $P_8 = 5 / 70 = 0,071$ .  
 Для девятого интервала  $P_9 = 2 / 70 = 0,029$ .

1.6. Определяем накопленную (интегральную) опытную вероятность  $\sum P_i$ .

$$\sum P_i = P_i + \sum P_{i-1}$$

Для первого интервала  $\sum P_1 = 0,071$ .  
 Для второго интервала  $\sum P_2 = 0,071 + 0,086 = 0,157$ .  
 Для третьего интервала  $\sum P_3 = 0,157 + 0,086 = 0,243$ .  
 Для четвертого интервала  $\sum P_4 = 0,243 + 0,186 = 0,429$ .  
 Для пятого интервала  $\sum P_5 = 0,429 + 0,029 = 0,458$ .  
 Для шестого интервала  $\sum P_6 = 0,458 + 0,371 = 0,829$ .  
 Для седьмого интервала  $\sum P_7 = 0,829 + 0,057 = 0,886$ .  
 Для восьмого интервала  $\sum P_8 = 0,886 + 0,071 = 0,957$ .  
 Для девятого интервала  $\sum P_9 = 0,957 + 0,029 = 0,984$ .

1.7. Определяем смещение начала рассеивания показателя надежности.

При определении величины смещения начала рассеивания  $t_{см}$  используем практические рекомендации:

- при наличии статистического ряда информации ( $N > 25$ ) величина смещения  $t_{см}$  равна:

$$t_{см} = t_{1н} - 0,5 \cdot A, \quad (1.3)$$

где  $t_{1н}$  – значение начала первого интервала;

$A$  – величина одного интервала.

$$t_{см} = 1340 - 0,5 \cdot 644 = 1018$$

2. Определение среднего значения и среднего квадратического отклонения показателя надежности.

					Лабораторная работа №1	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1. Среднее значение является важной характеристикой показателя надежности. Зная средние значения, планируют работу машины, составляют заявку на запасные части, определяют объем ремонтных работ и т. д.

Среднее значение показателя надежности  $\bar{t}$  определяем по уравнению:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n t_{ic} \cdot P_i ,$$

где n – количество интервалов в статистическом ряду;

$t_{ic}$  – значение середины i-го интервала;

$P_i$  – опытная вероятность i-го интервала.

Определим значения середины каждого интервала:

$$t_{ic} = \frac{t_{in} + t_{ib}}{2} .$$

$$t_{1c} = \frac{1340 + 1984}{2} = 1662 ;$$

$$t_{2c} = \frac{1984 + 2628}{2} = 2306 ;$$

$$t_{3c} = \frac{2628 + 3272}{2} = 2950 ;$$

$$t_{4c} = \frac{3272 + 3916}{2} = 3594 ;$$

$$t_{5c} = \frac{3916 + 4560}{2} = 4238 ;$$

$$t_{6c} = \frac{4560 + 5204}{2} = 4882 ;$$

$$t_{7c} = \frac{5204 + 5848}{2} = 5526 ;$$

$$t_{8c} = \frac{5848 + 6492}{2} = 6170 ;$$

$$t_{9c} = \frac{6492 + 7136}{2} = 6814 .$$

Среднее значение показателя

$$\bar{t} = \sum_1^9 1662 \cdot 0,071 + 2306 \cdot 0,086 + 2950 \cdot 0,086 + \dots + 6814 \cdot 0,029 = 4123 .$$

2.2. При определении среднего значения величин  $\bar{q}$ , обратных основным показателям надежности  $\bar{t}$ , воспользуемся средними гармоническими значениями, определяемыми по уравнению:

$$\bar{q} = \frac{1}{\bar{t}} = \frac{N}{\sum_{i=1}^N t_i} .$$

$$\bar{q} = \frac{1}{4123} = 2,4 \cdot 10^{-4} .$$

					Лабораторная работа №1	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.3. Среднее квадратическое отклонение определим по уравнению:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2 \cdot P_i}.$$

$$\sigma = \sqrt{(1662 - 4123)^2 \cdot 0,071 + \dots + (6814 - 4123)^2 \cdot 0,029} = 1311 \text{ мото-ч.}$$

### 3. Проверка информации на выпадающие точки.

#### 3.1. Грубую проверку информации проводим по правилу

$$\bar{t} = \pm 3\sigma,$$

т. е. полученное расчетным путем среднее значение показателя надежности последовательно уменьшаем и увеличиваем на  $3\sigma$ . Если крайние точки информации не выходят за пределы  $\bar{t} = \pm 3\sigma$ , все точки информации действительны.

$$4123 - 3 \cdot 1311 = 190 \text{ мото-ч (нижняя граница)}$$

$$4123 + 3 \cdot 1311 = 8056 \text{ мото-ч (верхняя граница).}$$

Наименьший доремонтный ресурс двигателя  $T_{др1} = 1340$  мото-ч. Следовательно, эта точка информации действительна и должна быть учтена при дальнейших расчетах ( $1340 > 190$ ).

Наибольший ресурс двигателя  $T_{др70} = 7140$  также не выходит за верхнюю границу достоверности ( $7140 > 8056$  мото-ч). Поэтому она тоже должна учитываться в дальнейших расчетах.

#### 3.2. Проверим смежные точки информации по критерию $\lambda$ (критерий Ирвина).

Фактическое значение критерия  $\lambda_{оп}$  определим по уравнению:

$$\lambda_{оп} = \frac{1}{\sigma} \cdot (t_i - t_{i-1}),$$

где  $t_i$  и  $t_{i-1}$  – смежные точки информации.

$\lambda_{оп}$  для крайних точек информации:

- для наименьшей точки информации ( $T_{др1} = 1340$  мото-ч)

$$\lambda_{оп} = \frac{1}{\sigma} (T_{др2} - T_{др1}) = \frac{1380 - 1340}{1311} \approx 0,003;$$

- для наибольшей точки информации ( $T_{др70} = 7140$  мото-ч)

$$\lambda_{оп} = \frac{1}{\sigma} (T_{др70} - T_{др69}) = \frac{7140 - 7020}{1311} \approx 0,09.$$

Сравним опытные и теоретические (см. таблицу. П.1.1 приложения практического руководства) критерии при  $N=70$ :

- первая точка информации  $T_{др1} = 1340$  мото-ч является достоверной точкой ( $\lambda_{оп} = 0,003 < \lambda = 1,1$ ) и её следует учитывать при дальнейших расчетах;

- последняя точка информации  $T_{др70}=7140$  мото-ч является достоверной точкой ( $\lambda_{оп}=0,09 < \lambda = 1,1$ ), и её следует учитывать в дальнейших расчетах.

Если проверка исключает точки информации, то необходимо вновь перестроить статистический ряд и пересчитать среднее значение и среднее квадратическое отклонение показателя надежности.

Приведем уточненный статистический ряд распределения доремонтного ресурса двигателя в таблицу.

Таблица 1.2. Уточненный статический ряд распределения доремонтного ресурса двигателя СМД - 14.

Интервал, мото-ч	$m_i$	$P_i$	$\sum P_i$
1340-1984	5	0,071	0,071
1984-2628	6	0,086	0,157
2628-3272	6	0,086	0,243
3272-3916	13	0,186	0,429
3916-4560	2	0,029	0,458
4560-5204	26	0,371	0,829
5204-5848	4	0,057	0,886
5848-6492	5	0,071	0,957
6492-7136	2	0,029	0,984

4. Построение гистограммы, полигона и кривой накопленных опытных вероятностей показателя надежности.

Составленный по данным исходной информации уточненный статистический ряд (таблица. 1.2) дает полную характеристику опытного распределения показателя надежности.

По данным статистического ряда можно строим гистограмму, полигон и кривую накопленных опытных вероятностей. По оси абсцисс откладываем в масштабе значение показателя надежности  $t$ , а по оси ординат – частоту или опытную вероятность  $P_i$  (у гистограммы и полигона) и накопленную опытную вероятность  $\sum P_i$  (у кривой накопленных вероятностей).

5. Определим значение коэффициента вариации:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t} - t_{см}}$$

$\bar{t} = 4123$  мото-ч;  $\sigma = 1311$  мото-ч;  $t_{см} = 1018$ .

$$V = \frac{1311}{4123 - 1018} = 0,422$$

## 6. Определяем параметры закона распределения Вейбулла

6.1. По коэффициенту вариации из таблицы П.2. приложения практического руководства выбираем коэффициенты:

$$b = 2,5; \quad K_b = 0,887; \quad C_b = 0,380.$$

6.2. Параметр  $a$  находим по уравнению:

$$a = \frac{\sigma}{C_b} = \frac{1311}{0,380} = 3450 \text{ мото-ч.}$$

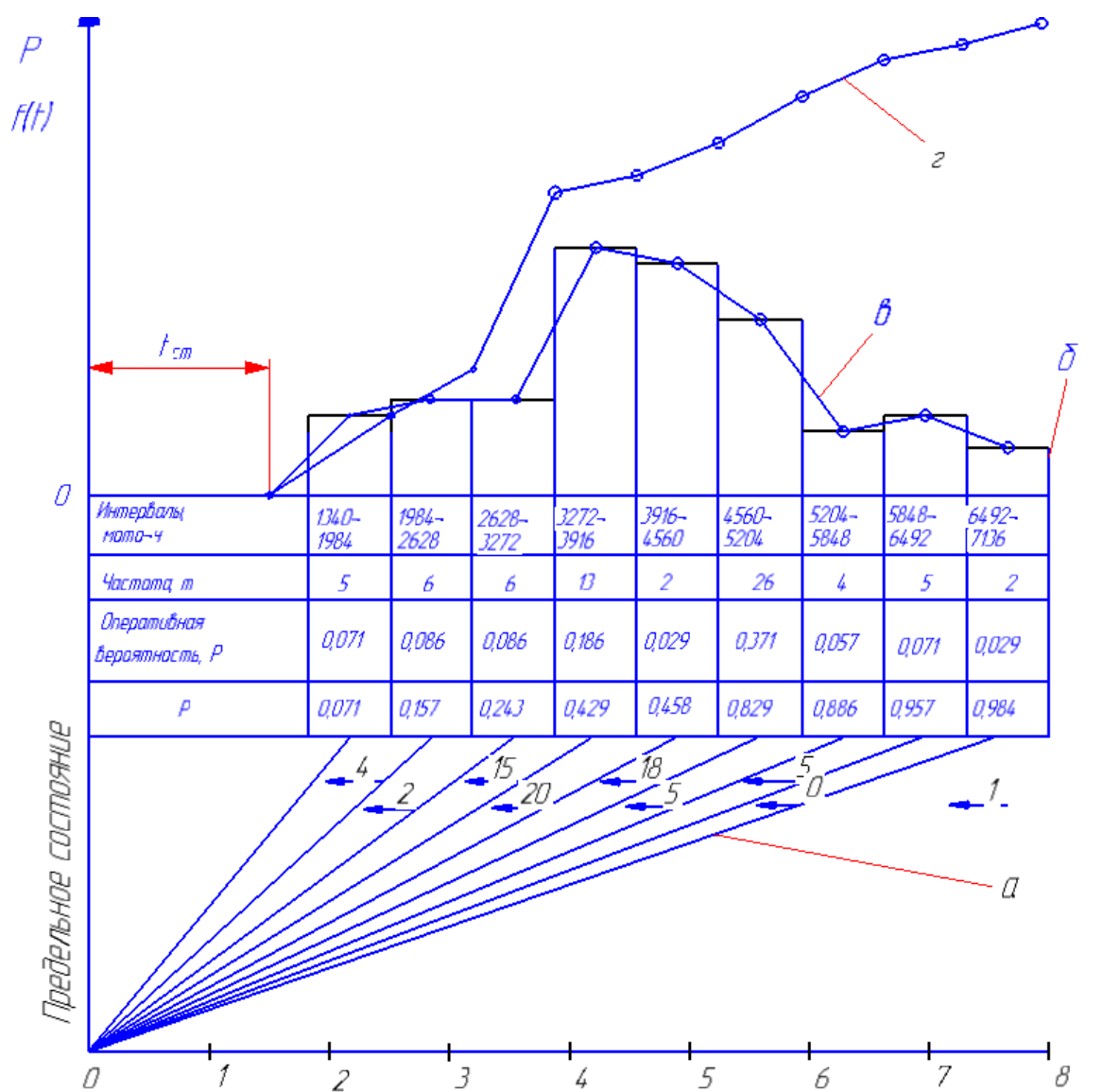


Рисунок. 1.1. Схема обработки информации о показателях надежности: а – распределение первичной информации; б – гистограмма распределения; в – полигон распределения; г – кривая накопленных вероятностей.

Вывод: изучили методику обработки информационных данных о показателях надёжности на основании собранной информации.