

6. ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ РАБОТ

РАСЧЕТНАЯ РАБОТА № 1

Цель работы:

1. Изучить показатели надежности невосстанавливаемых элементов.
2. Освоить расчетные методы получения численных значений показателей надежности для невосстанавливаемых элементов.

Пояснения к расчетам.

Надежность технических систем или элементов определяет доступность самопроизвольных изменений его технического состояния, которое проявляется в ухудшении качества функционирования и в потере его работоспособности. Теория надежности изучает критерии надежности элементов и систем в целом, методы анализа надежности и способы ее повышения.

Элементы подразделяют на невосстанавливаемые и восстанавливаемые. К невосстанавливаемым элементам автомобиля относят электродвигатели, аккумуляторные батареи и др. Для количественной оценки надежности невосстанавливаемых элементов применяют количественные критерии (показатели), из которых наиболее важными являются вероятность безотказной работы, вероятность отказа, частота отказов, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ.

Поскольку отказы элементов являются случайными событиями, то их оценка и расчет проводят в соответствии с теорией вероятности и статистики.

Вероятность безотказной работы элемента в соответствии с теорией статистики определяется выражением:

$$P_{ct}(t) = \frac{N(0) - n(t)}{N(0)} \quad (1.1),$$

где $N(0)$ – число изделий в начале испытаний или эксплуатации;

$n(t)$ – число отказавших изделий за время t .

При большом числе элементов $N(0)$ статистическая оценка $P_{ct}(t)$ совпадает с вероятностной $P(t)$.

Отказ и безотказная работа – события противоположные и несовместимые и связаны выражением:

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (1.2),$$

$$\text{а } Q_{ct}(t) = \frac{n(t)}{N(0)} \quad (1.3).$$

Частота отказов

$$a_{ct}(t) = \frac{N(\Delta t)}{N(0)\Delta t} \quad (1.4),$$

где $N(\Delta t)$ – число отказавших изделий в интервале времени Δt , а в теории вероятности

$$a(t) = f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt} \quad (1.5).$$

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ – является условной плотностью вероятности и определяется как отношение числа отказавших изделий к среднему числу исправных, работающих в данный отрезок времени:

$$\lambda_{ce}(t) = \frac{N(\Delta t)}{N_{cp}(t)} \quad (1.6),$$

$$\text{где } N_{cp}(t) = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} \quad (1.7),$$

N_i – число работающих изделий а начале интервала времени Δt ;
 N_{i+1} – число работающих изделий в конце интервала времени Δt .

$$\lambda(t) = \frac{a(t)}{P(t)} \quad (1.8),$$

$$\text{а } P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (1.9)$$

Средняя наработка до отказа T_0 – это математическое ожидание наработки на отказ изделия до первого отказа:

$$T_0^{ct} = \frac{N(0)}{\sum_{i=1}^{N(0)} t_i} = \frac{1}{N(0)} \quad (1.10),$$

где t_i – время безотказной работы i -го изделия.

Отказы изделий АТЭ как случайные события подчиняются в основном экспоненциальному закону распределения по времени t , Вейбулла и нормальному.

Для экспоненциального закона распределения применимы следующие формулы:

$$\lambda(t) = \lambda = const \quad (1.11)$$

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (1.12)$$

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1.13)$$

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} \quad (1.14).$$

Порядок выполнения расчетов

1. При выполнении п1 задания для определения количественных значений $P_{\alpha}(t)$ и $Q_{\alpha}(t)$ используют формулы 1.1, 1.2 и 1.3.
2. При расчетах по п.2 – формулы 1.4, 1.6, 1.7.
3. Расчеты по п.3 – формулы 1.1, 1.4, 1.6, 1.7.
4. Расчеты по п.4 – формулы 1.12, 1.2, 1.13 и 1.14.
5. По п.1,2 и 4 рассчитывают численные показатели $P(t)$, $Q_{\alpha}(t)$, $\lambda(t)$, $\lambda(t)$. По п.3 по таблицам с расчетными величинами $P(t)$, $\alpha(t)$, $\lambda(t)$ строят графики этих показателей в функции времени.

Таблица 1.1

Варианты расчетов по 1 пункту задания

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$N(0)$	50	60	70	80	90	100	110	120	130	130	150	160	170	180
n	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28

Таблица 1.2

Варианты по 2 пункту задания

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$N(0)$	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
$n(t)$	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$N(t)$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Таблица 1.3

Варианты по 3 пункту задания

Вариант	Δt , час	0-	100-	200-	300-	400-	500-	600-
		100	200	300	400	500	600	700
1		1	50	40	32	25	20	17
2		2	25	20	16	12	10	8
3	$N(\Delta t)$	3	100	80	60	50	40	36
4		4	12	11	8	7	5	4
5		5	90	75	55	50	40	35
6		6	20	18	17	16	15	13
Вариант	Δt , час.	700-800	800-900	900-1000	1000-1100	1100-1200	1200-1300	1400-1500
		16	16	13	12	13	14	16
1		7	7	6	5	4	5	7
2		32	32	25	20	26	28	32
3	$N(\Delta t)$	4	4	4	3	5	4	4
4		30	28	28	23	20	25	33
5		12	12	12	11	10	10	14
6								

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 1 РАБОТЫ

1. Как определяется вероятность безотказной работы изделия?
2. Как по известной величине вероятности безотказной работы считать вероятность отказа?
3. По какой формуле определяют частоту отказов?
4. Как по величине частоты отказов и вероятности безотказной работы рассчитать интенсивность отказов?
5. Как рассчитать интенсивность отказов при экспоненциальном законе распределения отказов?