

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»

Кафедра «Тепловозы и тепловые двигатели»

В.Г. Кочерга

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВОЗОВ

Методические указания
на выполнение контрольной работы
по дисциплине «Надежность локомотивов»

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2011

1. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ

1.1. Вероятность безотказной работы

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации, в пределах заданной наработки не произойдет ни одного отказа.

Вероятность безотказной работы обозначается как $P(l)$, которая определяется по формуле:

$$P(l) = \frac{N_0 - r(l)}{N_0} = 1 - \frac{r(l)}{N_0}, \quad (2.1)$$

где N_0 – число элементов в начале испытания; $r(l)$ – число отказов элементов к моменту наработки.

Следует отметить, что чем больше величина N_0 , тем с большей точностью можно рассчитать вероятность $P(l)$.

1.2. Вероятность отказа

Вероятностью отказа называют вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации, в пределах заданной наработки произойдет хотя бы один отказ.

Вероятность отказа обозначается как $Q(l)$, которая определяется по формуле:

$$Q(l) = 1 - P(l) = \frac{r(l)}{N_0}. \quad (2.2)$$

Вероятность безотказной работы и вероятность отказа являются событиями противоположными и несовместимыми.

1.3. Частота отказов

Частота отказов – это отношение числа элементов в единицу времени или пробега отнесенного к первоначальному числу испытываемых элементов. Другими словами частота отказов является показателем, характеризующим скорость изменения вероятности отказов и вероятности безотказной работы по мере роста длительности работы.

Частота отказов обозначается как $a(\Delta l)$ и определяется по формуле:

$$a(\Delta l) = \frac{r(\Delta l)}{N_0 \cdot \Delta l}, \frac{1}{\text{км}} \quad (2.3)$$

где $r(\Delta l)$ – количество отказавших элементов за промежуток пробега Δl .

1.4. Интенсивность отказов

Интенсивность отказов представляет собой условную плотность возникновения отказа объекта, определяемую для рассматриваемого момента времени или наработки при условии, что до этого момента отказ не возник. Иначе интенсивность отказов – это отношение числа отказавших элементов в единицу времени или пробега к числу исправно работающих элементов в данный отрезок времени.

Интенсивность отказов обозначается как $I(\Delta l)$ и определяется по формуле:

$$I(\Delta l) = \frac{r(\Delta l)}{N_{CP} \cdot \Delta l}, \frac{1}{\text{км}} \quad (2.4)$$

$$N_{CP} = \frac{N(l) + N(l + \Delta l)}{2}. \quad (2.5)$$

1.5. Средняя наработка до отказа

Средняя наработка до отказа – это средний пробег безотказной работы элемента до отказа.

Средняя наработка до отказа обозначается как L_1 и определяется по формуле:

$$L_1 = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{\sum_{i=1}^N r_i}, \quad (2.6)$$

где l_i – наработка до отказа элемента; r_i – число отказов.

Средняя наработка до отказа может быть использована для предварительного определения сроков ремонта или замены элемента.

1.6. Среднее значение параметра потока отказов

Среднее значение параметра потока отказов характеризует среднюю плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени.

Среднее значение параметра потока отказов обозначается как w_{cp} и определяется по формуле:

$$w_{cp} = \frac{1}{L_1}, \frac{1}{\text{км}} \quad (2.7)$$

2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ

Исходные данные.

В течение пробега от 0 до 600 тыс. км., в локомотивном депо произведен сбор информации по отказам ТЭД. При этом количество исправных ТЭД в начале периода эксплуатации составляло $N_0 = 180$ шт. Суммарное количество отказавших ТЭД за анализируемый период составило $\sum r(600000) = 60$. Интервал пробега Δl принять равным 100 тыс. км. При этом количество отказавших ТЭД по каждому участку составило: 2, 12, 16, 10, 14, 6.

Что требуется.

Необходимо рассчитать показатели безотказности и построить их зависимости изменения во времени.

Сначала необходимо заполнить таблицу исходных данных так, как это показано в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные к расчету

Δl , тыс.км.	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600
$\sum r(l)$	2	14	30	40	54	60
$\sum r(\Delta l)$	2	12	16	10	14	6

Первоначально по уравнению (2.1) определим для каждого участка пробега величину вероятности безотказной работы. Так, для участка от 0 до 100 и от 100 до 200 тыс. км. пробега вероятность безотказной работы составит:

$$P(0 \div 100) = 1 - \frac{r(l)}{N_0} = 1 - \frac{2}{180} = 0,989,$$
$$P(100 \div 200) = 1 - \frac{r(l)}{N_0} = 1 - \frac{14}{180} = 0,922.$$

Результаты расчета вероятности безотказной работы $P(l)$ запишем в виде таблицы (табл. 3.2.).

Таблица 3.2

Результаты расчета $P(l)$

Δl , тыс.км.	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600
$\sum r(l)$	2	14	30	40	54	60
$P(l)$	0,989	0,922	0,833	0,778	0,7	0,667

Приведем характер изменения вероятности безотказной работы ТЭД в зависимости от пробега (рис. 3.1.). Необходимо отметить, что первой точ-

кой на графике, т.е. при пробеге равном 0, величина вероятности безотказной работы примет максимальное значение – 1.

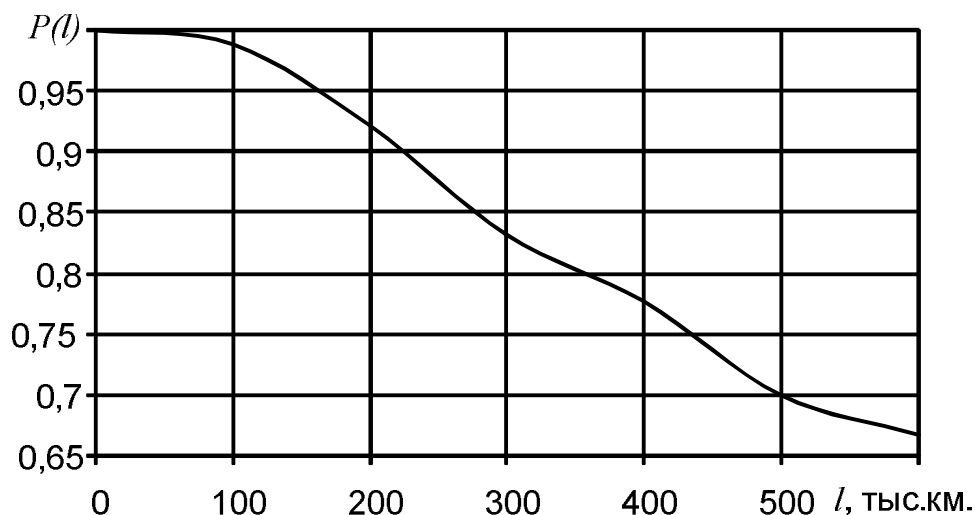


Рис.3.1. График изменения вероятности безотказной работы $P(l)$ в зависимости от наработки

Далее, используя зависимость (2.2) произведем расчет вероятности отказа ТЭД.

$$Q(0 \div 100) = 1 - P(l) = 1 - 0,989 = 0,011,$$

$$Q(100 \div 200) = 1 - P(l) = 1 - 0,922 = 0,078.$$

Результаты расчета вероятности отказа $Q(l)$ представим в виде таблицы (табл. 3.3.).

Таблица 3.3

Результаты расчета $Q(l)$

Δl , тыс.км.	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600
$\sum r(l)$	2	14	30	40	54	60
$Q(l)$	0,011	0,078	0,167	0,222	0,3	0,333

Приведем характер изменения вероятности отказа ТЭД в зависимости от пробега (рис. 3.2.). Необходимо отметить, что первой точкой на графике, т.е. при пробеге равном 0, величина вероятности отказа примет минимальное значение – 0.

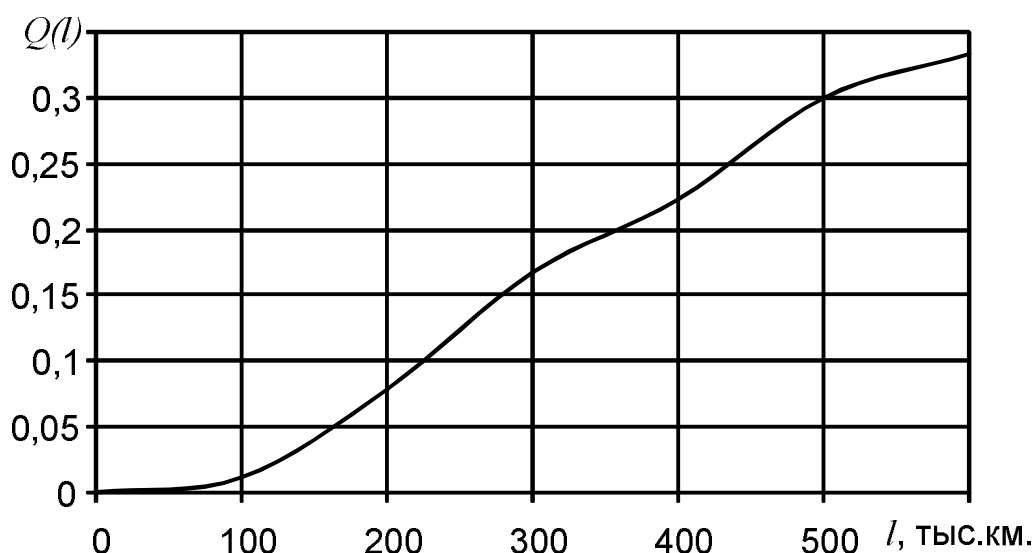


Рис.3.2. График изменения вероятности отказа $Q(l)$ в зависимости от наработки

Произведем расчет частоты отказов по уравнению (2.3).

$$a(0 \div 100) = \frac{r(\Delta l)}{N_0 \cdot \Delta l} = \frac{2}{180 \cdot 100 \cdot 10^3} = 1,111 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{км}}$$

$$a(100 \div 200) = \frac{r(\Delta l)}{N_0 \cdot \Delta l} = \frac{12}{180 \cdot 100 \cdot 10^3} = 6,667 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{км}}$$

Результаты расчета частоты отказов $a(\Delta l)$ представим в виде таблицы (табл. 3.4.).

Таблица 3.4

Результаты расчета $a(\Delta l)$

Δl , тыс.км.	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600
$\sum r(\Delta l)$	2	12	16	10	14	6
$a(\Delta l), 10^{-7}, 1/\text{км}$	1,111	6,667	8,889	5,556	7,778	3,333

Приведем характер изменения частоты отказов ТЭД в зависимости от пробега (рис. 3.3.). Необходимо отметить, что первой точкой на графике, т.е. при пробеге равном 0, величина частоты отказов примет минимальное значение – 0.

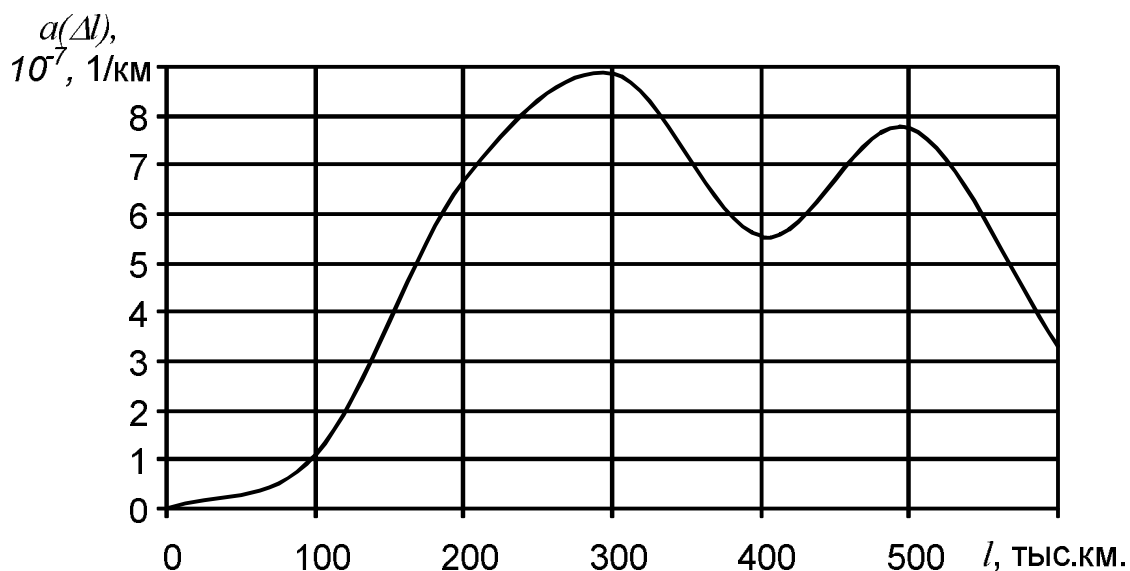


Рис.3.3. График изменения частоты отказов $a(Dl)$ в зависимости от наработки

Далее по уравнениям (2.4 и 2.5) произведем расчет интенсивности отказов ТЭД в зависимости от наработки.

Первоначально рассчитаем среднее количество работоспособных ТЭД на участке от 0 до 100 тыс. км. пробега:

$$N_{CP} = \frac{N(0) + N(0 + 100)}{2} = \frac{180 + (180 - 2)}{2} = 179.$$

Тогда интенсивность отказов на участке 0-100 тыс.км. будет равна:

$$I(0 \div 100) = \frac{r(\Delta l)}{N_{CP} \cdot \Delta l} = \frac{2}{179 \cdot 100 \cdot 10^3} = 1,117 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{км}}.$$

Аналогичным образом определим Величину интенсивности отказов для интервала 100-200 тыс. км.

$$N_{CP} = \frac{N(100) + N(100 + 200)}{2} = \frac{178 + (178 - 12)}{2} = 172,$$

$$I(100 \div 200) = \frac{r(\Delta l)}{N_{CP} \cdot \Delta l} = \frac{12}{172 \cdot 100 \cdot 10^3} = 6,977 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{км}}.$$

Результаты расчета интенсивности отказов $I(\Delta l)$ представим в виде таблицы (табл. 3.5.).

Таблица 3.5

Результаты расчета $I(\Delta l)$

Δl , тыс.км.	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600
$\sum r(\Delta l)$	2	12	16	10	14	6
$I(\Delta l)$, 10^{-7} , 1/км	1,111	6,667	8,889	5,556	7,778	3,333

На рис. 3.4. представлена зависимость изменения интенсивности отказов от наработки.

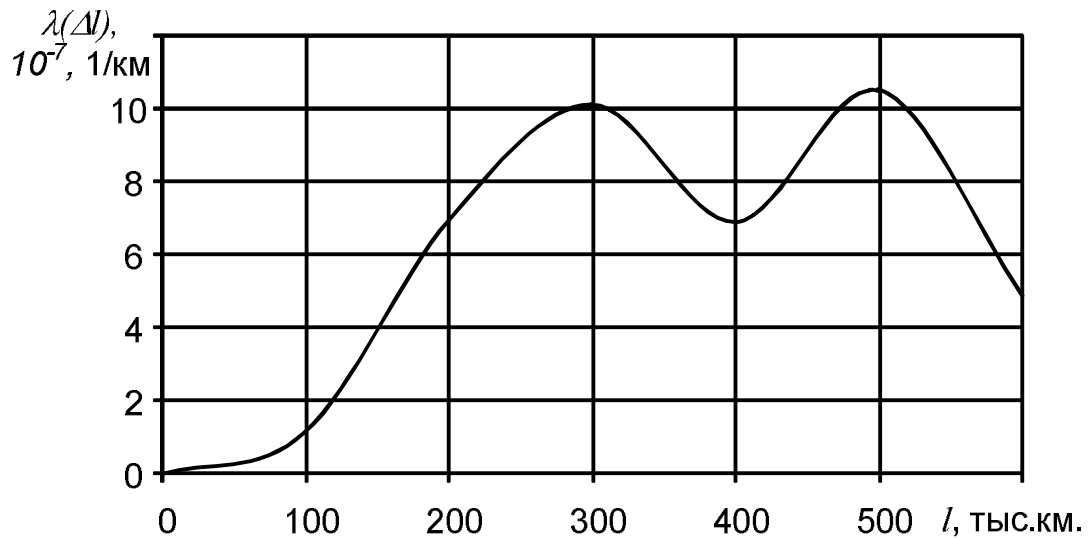


Рис.3.4. График изменения интенсивности отказов $I(\Delta l)$ в зависимости от наработки

По уравнениям (2.6 и 2.7) определим среднюю наработку до отказа и среднее значение параметра потока отказов.

$$L_1 = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{\sum_{i=1}^N r_i} = \frac{600000}{60} = 100 \cdot 10^3 \text{ км.}$$

$$w_{\text{cp}} = \frac{1}{L_1} = \frac{1}{100 \cdot 10^3} = 0,01 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{км}}$$

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ варианта (предпоследняя цифра шифра)	Количество исправных элементов, N_0	Наименование элемента	Границы участка и интервал пробега, тыс. км.	Распределение отказов по участкам
0	350	ТЭД	0-600 $\Delta l=160$	2; 10; 7; 6; 8; 10; 7; 10; 12; 16.
1	120	ТГ	0-1500 $\Delta l=250$	7; 12; 14; 16; 10; 15.
2	170	ТК	0-1200 $\Delta l=150$	2; 3; 7; 9; 10; 12; 13; 10;
3	156	ТНВД	300-1600 $\Delta l=130$	7; 16; 10; 10; 11; 2; 19; 15; 14; 17.
4	130	Форсунка	600-1200 $\Delta l=100$	7; 16; 18; 2; 5; 10.
5	300	Секции радиатора	300-1500 $\Delta l=120$	2; 7; 10; 6; 10; 8; 10; 7; 12; 14.
6	178	Водяной насос	0-600 $\Delta l=160$	2; 10; 7; 6; 8; 10; 7; 10; 12; 16.
7	106	Масляный насос	0-1500 $\Delta l=250$	7; 12; 14; 16; 10; 15.
8	196	Тормозной компрессор	0-1200 $\Delta l=150$	2; 3; 7; 9; 10; 12; 13; 10;
9	175	МОП	300-1600 $\Delta l=130$	7; 16; 10; 10; 11; 2; 19; 15; 14; 17.
10	232	Аккумуляторная батарея	600-1200 $\Delta l=100$	7; 16; 18; 2; 5; 10.