

УТОЧНЕННАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРУБОК ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ

Лушпа И.Л., Кулыгин В.Н.
НИУ ВШЭ, г. Москва

Рассмотрена методика уточненной оценки показателей долговечности. Проведен расчет поправочных коэффициентов математических моделей показателей долговечности класса «Трубки электронно-лучевые». Сделаны выводы.

AN UPDATED ASSESSMENT OF DURABILITY INDEX CATHODE TUBES Lushpa I.L., Kulygin V.N.

The technique of an updated assessment of indicators of longevity. The calculation of the correction coefficients of mathematical models of durability class indicators "cathode-tubes". Conclusions.

Статья написана в рамках научного проекта (№ 15-05-0029), выполненного при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2015 г.

Современная радиоэлектронная аппаратура (РЭА) характеризуется значительными показателями большого спектра параметров, например помехозащищенности, стойкости и др. Одним из таких является надежность. В частности к РЭА приводятся высокие требования по безотказности, сохраняемости, а так же долговечности. Далее будет приведена расчет уточненной оценки показателей долговечности.

Методика расчета показателей долговечности электронных средств (ЭС) рассмотрена в ОСТ 4.012.013 [1], а так же в статье [2]. Согласно [1], минимальная наработка T_{HM} равна:

$$T_{HM} = \frac{(1 - v \cdot \chi_{0,999})}{(1 - v \cdot \chi_{\gamma})} \cdot T_{\gamma} \quad (1)$$

где: $\chi_{0,999}$ – квантиль нормального распределения для вероятности 0,999; χ_{γ} – квантиль нормального распределения для вероятности γ ; T_{γ} – гамма-процентный ресурс, v – коэффициент вариации.

Проблема формулы (1) в том, что значения коэффициента вариации принимается равным 0,15 для любого класса электрорадиоизделия (ЭРИ). Данный подход даёт погрешность, при уточненной оценке показателей долговечности. Причем необходимо отметить, что значение реального коэффициента вариации должно учитывать не только класс ЭРИ, но и его подкласс.

Уточненный коэффициент вариации возможно получить на основе данных, приведенных в справочнике «Надежность ЭРИ 2006» [3], в частности таблиц «Характеристика надежности и справочные данные отдельных типов ЭРИ».

Так в справочнике [3] приведено большое количество классов ЭРИ, поэтому указан будет только расчет класса «Трубки электронно-лучевые».

Согласно [3] классификация подклассов резисторов с точки зрения долговечности имеет вид, приведенный в таблице 1.

Таблица 1. Классификация подклассов трубок электронно-лучевых.

№ п/п	Наименование
Трубки приемные	
1	Индикаторные монохромные без запоминания
2	Индикаторные монохромные с запоминанием
3	Индикаторные цветные без запоминания
4	Знакопечатающие

5	Осциллографические без запоминания
6	Осциллографические с запоминанием
7	Кинескопы монохромные
8	Кинескопы цветные
9	Трубки фоторегистрирующие
10	Трубки проекционные
Трубки преобразовательные	
1	Запоминающие без видимого изображения
2	Функциональные

Тогда для каждого отдельного ЭРИ расчетная формула уточненного коэффициента вариации будет иметь вид:

$$v_{ym} = \frac{T_{P,\gamma} - T_{HM}}{T_{P,\gamma} \cdot \chi_{0,999} - T_{HM} \cdot \chi_{\gamma}} \quad (2)$$

где: $\chi_{0,999}$ – квантиль нормального распределения для вероятности 0,999; χ_{γ} – квантиль нормального распределения для вероятности γ ; $T_{P,\gamma}$ – гамма-процентный ресурс, приведенный в [3], T_{HM} – минимальная наработка, приведенная в [3].

По формуле (2) проводится расчет для каждого ЭРИ, указанного в [3]. По результатам проведенных расчетов находятся среднегрупповые значения коэффициентов вариации и среднегрупповой по классу, формулы которых имеют вид:

$$v_{cp,gr} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} v_{ym,gr,i}}{n} \quad (3)$$

$$v_{cp,kl} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} v_{ym,kl,i}}{n} \quad (4)$$

где: $v_{ym,gr,i}$ – i -ое уникальное значение коэффициента вариации по группе, $v_{ym,kl,i}$ – i -ое уникальное значение коэффициента вариации по классу, n – количество уникальных элементов.

Полученные значения средних коэффициентов вариации приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения средних коэффициентов вариации

Наименование группы	Значение коэффициента
Трубки приемные	
Индикаторные монохромные без запоминания	0,203203734
Индикаторные монохромные с запоминанием	0,171796754
Индикаторные цветные без запоминания	0,171217684
Знакопечатающие	0,213990357

Осциллографические запоминания	без	0,228798311
Осциллографические запоминанием	с	0,244781378
Кинескопы монохромные		0,18324795
Кинескопы цветные		0,218761035
Трубки фоторегистрирующие		0,182461063
Трубки проекционные		0,144466356
Трубки преобразовательные		
Запоминающие без видимого изображения		0,176922367
Функциональные		0,224474518
По классу		0,199986468

Как видно, из результатов таблицы 2, полученные значения резко отличаются от 0,15.

По результатам вычислений можно сделать вывод, что коэффициент вариации, указанный в [1], является слишком приближенным и для более точных расчетов не годится. Зато полученные значения дают более высокую точность.

Единственной проблемой данного подхода является иностранная элементная база, данные по которой отсутствуют в [3]. Один из выходов является использовании среднеклассового коэффициента вариации.

Литература

1. ОСТ 4.012.013-84. Аппаратура радиоэлектроники. Определение показателей долговечности.
2. Жаднов В. В. Расчетная оценка показателей долговечности электронных средств космических аппаратов и систем // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 2. С. 65-73.
3. Справочник. Надежность электрорадиоизделий, 2006.