

НИУ ВШЭ, Москва

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА КЛАССА ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ
«ПРИБОРЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ»

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 «Фотоэлектрические приборы».

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

Таблица 1. Классификация подклассов резисторов.

№ п/п	Наименование
Фотодиоды	
1	Неохлаждаемые на основе кремния
2	Неохлаждаемые на основе германия
3	Неохлаждаемые на основе InGaAsP
4	Охлаждаемые на основе IsSb
Фоторезисторы	
5	Неохлаждаемые на основе PbS
6	Охлаждаемые на основе InSb
7	Охлаждаемые на основе CdHgTe
8	Охлаждаемые на основе PbSe
Фототранзисторы	
9	Фототранзисторы
Фотоприемные устройства	
10	Фотоприемные устройства
Приборы фоточувствительные с переносом заряда	
11	Приборы фоточувствительные с переносом заряда

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

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

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:

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

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

где: $v_{ут.гр,i}$ – i -ое уникальное значение коэффициента вариации по группе, $v_{ут.кл,i}$ – i -ое уникальное значение коэффициента вариации по классу, n – количество уникальных элементов.

Данные для расчета $v_{ут.гр,i}$ и $v_{ут.кл,i}$ приведены в таблица 2.

Таблица 2. Расчетные значения уточненных коэффициентов вариации по группам.

№ п/п	Значение i -го коэффициента вариации
Неохлаждаемые на основе кремния	
1.	0,294117647
2.	0,287769784
3.	0,25974026
4.	0,217391304
5.	0,257558791
6.	0,277777778
7.	0,25
8.	0,222984563
9.	0,267175573
10.	0,203334689
11.	0,298507463
12.	0,31986532
13.	0,282392027
Неохлаждаемые на основе германия	
1.	0,281333521
2.	0,287769784
3.	0,322107211
4.	0,314886247
Неохлаждаемые на основе InGaAsP	

1.	0,203334689
Охлаждаемые на основе InSb	
1.	0,224039431
2.	0,203334689
3.	0,312922033
4.	0,13554457
Неохлаждаемые на основе PbS	
1.	0,30284676
2.	0,277777778
3.	0,314569536
Охлаждаемые на основе InSb	
1.	0,226628895
2.	0,249438763
3.	0,203334689
4.	0,076341705
5.	0,261287625
6.	0,269832704
7.	0,197258112
Охлаждаемые на основе CdHgTe	
1.	0,203334689
Охлаждаемые на основе PbSe	
1.	0,292327269
Фототранзисторы	
1.	0,27027027
2.	0,243902439
3.	0,287769784
Фотоприемные устройства	
1.	0,272175109
2.	0,269832704
3.	0,289697967
4.	0,203334689
5.	0,216474557
Приборы фоточувствительные с переносом заряда	
1.	0,116904372
2.	0,203334689
3.	0,319426336

Полученные значения средних коэффициентов вариации приведены в таблице 3.

Таблица 3. Значения средних коэффициентов вариации.

Наименование группы	Значение коэффициента
Фотодиоды	0,242358608

Неохлаждаемые на основе кремния	0,245615371
Неохлаждаемые на основе германия	0,301524191
Неохлаждаемые на основе InGaAsP	0,203334689
Охлаждаемые на основе InSb	0,218960181
Фоторезисторы	0,25151937
Неохлаждаемые на основе PbS	0,298398025
Охлаждаемые на основе InSb	0,212017499
Охлаждаемые на основе CdHgTe	0,203334689
Охлаждаемые на основе PbSe	0,292327269
Фототранзисторы	0,267314164
Фотоприемные устройства	0,250303005
Приборы фоточувствительные с переносом заряда	0,213221799
По классу	0,247671191

Как видно, из результатов таблицы 3, 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.

Список литературы

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.