

1. ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

1.1. Расчетные соотношения и формулы

Таблица 1.1

Выражение	Номер	Выражение	Номер
$K = \sum_{i=1}^n \alpha_i k_{iH}$	1.1	$K = m \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m k_{iH}^{\alpha_i}}$	1.2
$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$	1.3	$\prod_{i=1}^m \alpha_i = 1$	1.4
$k_{iH} = \frac{k_{i\delta}}{k_{i\text{пр}}}$	1.5	$k_{iH} = \frac{k_{i\text{пр}}}{k_{i\delta}}$	1.6
$k_{iH} = \frac{k_i - k_i^*}{k_{i\text{опт}} - k_i^*}$	1.7	$k_{iH} = \frac{k_i}{k_{i\text{max}}}$	1.8
$k_{iH} = \frac{k_i}{k_{i\text{min}}}$	1.9	$k_{iH} = \frac{k_i}{k_{i\text{ср}}}$	1.10
$k = \frac{\sum_{j=1}^n k_j}{n}$	1.11	$k = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_j k_j}{\sum_{j=1}^n \alpha_j}$	1.12
$K_V = \frac{\sum_{i=1}^n v_{\text{уст } i}}{V}$	1.13	$K_M = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{M}$	1.14
$K_S = \frac{\sum_{i=1}^n s_{\text{уст } i}}{S}$	1.15	$K_{y\beta}^M = \frac{1}{K_M}$	1.16
$K_{y\beta}^V = \frac{1}{K_V}$	1.17	$K_{y\beta}^S = \frac{1}{K_S}$	1.18
$\alpha_i = \alpha_i^{(\%)} / \sum_{i=1}^m \alpha_i^{(\%)}$			1.19

Примечания. 1. Формулами (1.6) и (1.8) табл. 1.1 пользуются в случаях, когда лучшему уровню качества соответствует большее значение единичного показателя k_i , формулами (1.5) и (1.9) – в обратных случаях.

2. Формулой (1.1) пользуются при обеспечении условия (1.3), а формулой (1.2) – при обеспечении условия (1.4).

3. Примерное значение коэффициентов $K_{yв}^V, K_{yв}^S, K_{yв}^M$ выбирают из диапазонов [2]: $K_{yв}^V = 1,1 \dots 5$; $K_{yв}^S = 1,5 \dots 3$; $K_{yв}^M = 1,1 \dots 5$.

1.2. Пояснение параметров

- K – комплексный показатель качества;
- $k_{iн}$ – нормированное безразмерное значение i -го единичного показателя качества;
- α_i – коэффициент, характеризующий вес (значимость, важность) i -го единичного показателя для данного вида РЭУ;
- m – количество единичных показателей, принятых во внимание;
- k_i – текущее значение i -го единичного показателя;
- $k_{iб}$ – значение i -го единичного показателя для базового варианта;
- $k_{iпр}$ – значение i -го единичного показателя для проектируемого варианта;
- $k_{iопт}$ – оптимальное значение i -го единичного показателя качества;
- k_i^* – критическое значение i -го единичного показателя с точки зрения потребительских свойств РЭУ;
- k – оценка (в баллах) единичного показателя качества;
- k_j – оценка (в баллах), сделанная j -м экспертом;
- α_j – весовой коэффициент j -го эксперта, назначаемый с учетом его опыта, квалификации и т.д.;
- K_V, K_M, K_S – коэффициенты заполнения соответственно по объему, массе, площади;
- V, M, S – соответственно общий объем, масса РЭУ или площадь несущего основания (печатной платы и т.п.);
- $V_{уст i}$ – установочный объем i -го элемента (прил. [2]);
- $S_{уст i}$ – установочная площадь i -го элемента (прил. [2]);
- m_i – масса i -го элемента (прил. [2]);
- $K_{yв}^V, K_{yв}^M, K_{yв}^S$ – коэффициенты увеличения соответственно объема, массы и площади;
- n – количество элементов в РЭУ;
- $\alpha_i^{(%)}$ – абсолютная значимость i -го единичного показателя в процентах, указанная заказчиком.

1.3. Типовые примеры и их решение

Пример 1.1. Используя комплексный показатель качества, требуется определить, является ли проектируемый вариант конструкции лучше базового. Информация о важнейших единичных показателях и их значимости приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Показатель	Условное обозначение	Значение показателя		Значимость показателя, %
		Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1. Потребляемая мощность, Вт	k_1	1,1	1	80
2. Вероятность безотказной работы за время t_3 , $P(t_3)$	k_2	0,9	0,96	100
3. Ремонтпригодность, баллы	k_3	8,5	7,9	50
4. Стоимость, у.е.	k_4	95	120	30

Решение. Для нормировки единичных показателей качества k_1 и k_4 воспользуемся выражением (1.5), для k_2 и k_3 – выражением (1.6). Применительно к проектируемому варианту получим следующие значения:

$$k_1=1,1; \quad k_2 \approx 1,067; \quad k_3 \approx 0,929; \quad k_4 \approx 0,792.$$

Сравнение вариантов конструкции выполним по комплексному показателю качества (1.1). Пересчитаем значимость единичных показателей с учетом обеспечения условия (1.3). Воспользуемся выражением (1.19). Для коэффициента α_1 получим

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 [\%]}{\sum_{i=1}^4 \alpha_i [\%]} = \frac{80}{260} \approx 0,308.$$

Аналогично определяем остальные коэффициенты:

$$\alpha_2 \approx 0,385; \quad \alpha_3 \approx 0,192; \quad \alpha_4 \approx 0,115.$$

Далее, используя выражение (1.1), подсчитываем комплексный показатель качества для проектируемого варианта:

$$K_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^4 \alpha_i k_{i\text{н}} = 0,308 \cdot 1,1 + \dots + 0,115 \cdot 0,792 = 0,997.$$

Теперь определим комплексный показатель качества базового варианта. При рассмотрении проектируемого варианта нормировка единичных показателей выполнялась относительно значений показателей базового варианта. Поэтому для нормированных значений показателей $k_1 - k_4$ базового варианта справедлива запись

$$k_{1\text{н}} = k_{2\text{н}} = k_{3\text{н}} = k_{4\text{н}} = 1.$$

Следовательно, с учетом коэффициентов $\alpha_1 - \alpha_4$, пересчитанных по условию (1.19), комплексный показатель качества для базового варианта

$$K_{\text{б}} = 1.$$

Сравнивая значения $K_{пр}$ и $K_{Б}$, приходим к выводу, что проектируемый вариант по обобщенному уровню качества не превосходит базовый вариант.

Пример 1.2. Методом экспертных оценок по пятибалльной непрерывной шкале давалась количественная оценка такому единичному показателю качества, как удобство технического обслуживания и ремонта. Причем лучшей считалась оценка, равная 5 баллам. Оценки, сделанные разными экспертами, а также весовые коэффициенты экспертов, назначаемые с учетом их опыта, квалификации и авторитета, указаны в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Номер эксперта	1	2	3	4	5	6	7
Сделанная оценка	4,2	4,6	3,8	2,8	4,0	3,2	4,5
Весовой коэффициент эксперта, %	100	80	100	60	80	50	50

Требуется определить результирующую оценку.

Решение. Так как весовые коэффициенты экспертов различны, то воспользуемся формулой (1.12).

Получим

$$k = \frac{1 \cdot 4,2 + 0,8 \cdot 4,6 + \dots + 0,5 \cdot 4,5}{1 + 0,8 + \dots + 0,5} \approx 3,77.$$

Пример 1.3. Электрическая принципиальная схема РЭУ содержит 100 элементов. При проектировании конструкции РЭУ выбраны типы и типоразмеры элементов. Требуется определить, какова должна быть площадь несущего основания (печатной платы), необходимая для размещения элементов.

Решение. По справочным таблицам приложения 2, приведенного в [2], или используя нормативно-техническую документацию на те элементы, которые отсутствуют в справочных таблицах, находим установочные площади $S_{уст\ i}$ всех элементов.

Далее подсчитываем значение величины $\sum_{i=1}^{100} S_{уст\ i}$.

Предположим, что получено

$$\sum_{i=1}^{100} S_{уст\ i} = 60 \text{ см}^2.$$

Выбираем значения коэффициента $K_{ув}^S$. Примем $K_{ув}^S = 2$.

Тогда площадь печатной платы $S_{пл}$, необходимая для размещения элементов, определится как

$$S_{пл} = K_{ув}^S \cdot \sum_{i=1}^{100} S_{уст\ i} = 120 \text{ см}^2.$$

1.4. Задачи для самостоятельного решения

1.1. Определить, какой вариант проектируемой конструкции РЭУ лучше в сравнении с базовым вариантом (табл. 1.4). Оценка уровня дизайна делалась по десятибалльной шкале.

Таблица 1.4

Единичный показатель	Значение показателя			Вес показателя, %
	Базовый вариант	Проектируемый вариант		
		первый	второй	
1. Нарботка на отказ, ч	2000	2800	3500	70
2. Уровень дизайна, баллы	7,3	8,5	8,1	80
3. Стоимость, у.е.	90	105	115	100
4. Энергопотребление, Вт	140	140	120	50

1.2. Определить, какому проекту конструкции РЭУ следует отдать предпочтение. Информация о важнейших единичных показателях и их значимость для данного вида РЭУ приведена в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Единичный показатель	Проект			$k_{\text{опт}i}$	k_i^*	Значимость (вес), %
	1	2	3			
1. Вероятность безотказной работы за время t_3	0,97	0,99	0,98	—	0,95	100
2. Масса, кг	1,5	2,5	2	0,15 [■]	3	80
3. Объем, дм ³	1,5	1,8	1	0,3 [■]	2	60
4. Стоимость, у. е.	60	80	70	—	100	30

■ соответствует случаю учета только комплектующих элементов.

1.3. Определить, какой вариант исполнения бытового звуковоспроизводящего РЭУ лучше с точки зрения комплексного показателя качества. Информация о важнейших единичных показателях и их значимость с позиций потребителя приведена в табл. 1.6. Комплексный показатель качества считается равным нулю при критическом значении хотя бы одного из единичных показателей.

Таблица 1.6

Единичный показатель	Вариант			$k_{\text{опт}i}$	k_i^*	Значимость (вес), %
	1	2	3			
1. Коэффициент нелинейных искажений, %	1	0,5	1,2	—	2	60
2. Дизайн, баллы	7	8	6	10	5	100
2. Ремонтопригодность, баллы	8	7	6	10	6	80
4. Стоимость, у. е.	65	80	50	—	100	100

1.4. Методом экспертных оценок определялась количественная мера двух единичных показателей качества – дизайна и удобства технического обслуживания РЭУ. Требуется подсчитать результирующие оценки этих показателей, предполагая, что весовые коэффициенты, устанавливаемые для экспертов, одинаковы и различны (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Номер эксперта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Уровень дизайна, баллы	6,5	7,0	6,0	8,0	6,5	8,5	8,7	7,2	7,0	8,0
Уровень ремонтпригодности, баллы	6,0	6,5	3,9	5,0	4,0	6,8	7,0	4,0	5,5	4,5
Весовой коэффициент эксперта	1	1	0,9	0,8	0,8	0,75	0,75	0,6	0,5	0,5

1.5. Требуется определить комплексный показатель качества K четырех вариантов исполнения РЭУ (табл. 1.8). Известно, что вариант не может быть запущен в производство при критическом значении хотя бы одного из единичных показателей, ибо в этом случае K считается равным нулю.

Таблица 1.8

Единичный показатель	Вариант исполнения				$k_{\text{опт } i}$	k_i^*	$\alpha_i, \%$
	1	2	3	4			
1. Дизайн, баллы	8,6	8,2	9,0	9,2	10	8	100
2. Надежность, $P(t_3)$	0,92	0,95	0,98	0,93	—	0,9	80
3. Стоимость, у. е.	85	80	92	90	—	100	100
4. Ремонтпригодность, баллы	7,3	7,5	8,5	8,2	10	7	30
5. Выходные электрические характеристики:							
а) выходная мощность, Вт	0,75	1	1,2	0,9	1	0,5	30
б) избирательность по соседнему каналу, дБ	60	60	50	55	—	40	100
в) избирательность по зеркальному каналу, дБ	40	50	46	40	—	30	80

1.6. Для функционального узла (ФУ) РЭУ, электрическая схема которого указывается преподавателем, выбрать типы элементов, а при необходимости и их типоразмеры. Используя приложение работы [2], или НТД (справочники, каталоги и т.п.), определить установочный объем, установочную площадь и массу элементов. Предполагая, что для сборки ФУ будет использован печатный монтаж, по заданию преподавателя найти: 1) габаритные размеры (площадь) печатной платы; 2) примерный объем, занимаемый ФУ; 3) примерную массу ФУ.

1.7. ФУ РЭУ выполнен с применением печатного монтажа. Пользуясь спецификацией и сборочным чертежом ФУ, требуется дать заключение о техническом уровне его разработки, определив коэффициенты заполнения по площади, объему и массе. Объем ФУ рассматривать в виде параллелепипеда по максимально выступающим частям (элементам и их выводам).