

$$y^{(j)} = \left\{ a_0^{(j)} \ln \left[ a_1^{(j)} (1000 - 180) + e \right] + 0,231 \right\}.$$

## Список использованных источников

1. Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., Мозгалевский А.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры.-М.: «Советское радио», 1974. – 224 с.
2. Пиганов М.Н. Индивидуальное прогнозирование показателей качества элементов и компонентов микросборок. – М.: Новые технологии, 2002. – 267 с.

## ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ И ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

А.И.Архипов, С.В.Тюлевин, Е.А.Новикова

Самарский государственный аэрокосмический университет  
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Современный этап развития радиоэлектроники характеризуется обострением проблемы надежности вследствие усложнения радиоэлектронных средств (РЭС), выражаящимся как в резком увеличении количества используемых элементов и блоков, в появлении качественно новых ответственных функций, возлагаемых человеком на аппаратуру, так и в расширении условий работы. Аппаратуре различного назначения приходится действовать в условиях интенсификации режимов работы и выполнять различные функции [1]. В силу этих причин повышаются требования к точности и эффективности выполнения заданных функций не только системой в целом, но и каждым отдельным элементом.

В наиболее жестких условиях должна функционировать радиоэлектронная аппаратура (РЭА), установленная на борту ракет-носителей и космических аппаратов. Работа в температурном диапазоне  $-70\dots+125^{\circ}\text{C}$ , наличие вакуума, (98...100) %-ной влажности, вибраций с большими амплитудами и широким спектром частот, линейных ускорений до 20000g, акустических шумов до 165 дБ, многократных ударов, солнечной и космической радиации – все это может привести к увеличению интенсивности отказов в сотни и тысячи раз по сравнению с лабораторными условиями.

Наиболее достоверные и полные показатели надежности обычно получают по результатам эксплуатации аппаратуры. Однако, высокие уровни надежности современных электрорадиоизделий (ЭРИ), их конструктивно-технологическое исполнение, а также специфические особенности их применения не позволяют оперативно получать информацию, необходимую

для корректировки технического проекта. Поэтому оценка надежности в условиях эксплуатации сводится к односторонней (нижней) оценке интенсивности отказов элементов и аппаратуры в целом, анализу видов и механизмов отказов. При такой оценке надежности выделяют отказы, обусловленные качеством проектирования и производства ЭРИ и аппаратуры, а также устанавливают эксплуатационные факторы, вызывающие отказы. Информацию, полученную в процессе эксплуатации, можно использовать для изменения конструктивно-технологических вариантов (КТВ) электрорадиоизделий и аппаратуры, корректировки системы управления качеством, а также в новых разработках [2].

Реализация возрастающих требований к качеству и надежности РЭС и ЭРИ обеспечивается постоянным совершенствованием их конструкции, технологии изготовления, методов контроля и испытаний. Известно, что определяющее влияние на надежность оказывают скрытые дефекты. Однако существующие системы технологического контроля и приемочных испытаний, как правило, не выявляют такие дефекты. Это определило развитие работ по исследованию механизмов и причин отказов с использованием методов и средств дефектоскопии и физико-химического анализа.

Однако, несмотря на эффективность работ в этом направлении, сложность и высокая стоимость их выполнения вызвали необходимость поиска и разработки других методов и средств выявления скрытых дефектов ЭРИ.

К ним относят методы контроля и индивидуального прогнозирования (ИП) надежности и других показателей качества по информативным параметрам, которые основываются на предположении о существовании стохастической связи между надежностью и начальными значениями совокупности информативных параметров изделия. Выбор совокупности информативных параметров оказывает решающее влияние на достоверность контроля и прогнозирования и приводит к успешному решению поставленной задачи только в том случае, если в исходном наборе такие параметры содержатся. Обеспечение присутствия информативных параметров в исходном наборе возлагается на исследователя и в большинстве случаев является очень сложной задачей.

Для построения математической модели или оператора индивидуального прогнозирования требуется знание информативных параметров. Выбор информативных параметров представляет достаточно сложную задачу. При этом, для сокращения и получения «работающей» прогнозной модели ИП число таких параметров желательно сократить до 2-3-х. В нашем случае имеется много изделий с различными по своей природе параметрами. Поэтому для предварительного выбора информативных параметров был использован метод экспертных оценок [3-5].

В табл. 1 приведены возможные информативные параметры для трех критичных ЭРИ. По результатам первого тура опроса были получены оценки факторов, которые приведены в табл. 2. Второй тур опроса позволил улучшить эти результаты (табл. 3). Третий тур опроса не потребовался. Таким образом, для указанных ЭРИ в качестве информативных были выбраны параметры, приведенные в табл. 4.

Таблица 1. Информативные параметры ЭРИ

С182Ж (И1)	X1	Температурный коэффициент стабилизации
	X2	Коэффи. увеличения теплового тока
	X3	Дифференциальное сопротивление
Микро- схема 564 серий (И2)	X1	Передний фронт на 4-ом выводе
	X2	Задний фронт на 4-ом выводе
	X3	Задний фронт на 4-ом выводе
Изделие Б19 (И3)	X4	Критическое напряжение
	X1	Коэффициент нелинейности по уровню разностной частоты
	X2	Коэффициент нелинейности по уровню 3-й гармоники
	X3	Дрейф сопротивления при термообработке
	X4	Уровень взрывных шумов
	X5	Величина НЧ шума

Таблица 2. Оценка информативных параметров. Первый тур опроса

Фактор	Среднее	СКО	Коэффициент вариации
И1	X1	51,06	31,40
	X2	39,17	21,63
	X3	43,11	33,73
И2	X1	40,83	28,58
	X2	52,61	27,72
	X3	23,94	16,57
	X4	46,61	21,56
И3	X1	42,11	25,89
	X2	21,44	17,86
	X3	34,67	18,74
	X4	61,44	27,30
	X5	28,11	21,63

Для проведения обучающего эксперимента необходимо выбрать не только информативные, но и прогнозируемые параметры исследуемых ЭРИ.

Эта задача является трудоемкой и не всегда дает желаемый результат. Количество прогнозируемых параметров для каждого конкретного ЭРИ составляет от 5 до 30 и более. Перед исследователем всегда стоит задача уменьшения этих параметров до минимума, т.к. только при небольшом (1-3) числе прогнозируемых параметров можно в разумные сроки поставить и провести обучающий эксперимент.

Таблица 3. Информативные параметры. Второй тур опроса

Фактор	Среднее	СКО	Коэффициент вариации
И1	X1	36,67	6,01
	X2	67,22	7,68
	X3	41,67	3,46
И2	X1	41,61	3,77
	X2	38,28	3,97
	X3	71,83	6,53
	X4	63,33	3,90
И3	X1	31,83	2,63
	X2	67,39	4,11
	X3	69,11	3,49
	X4	31,17	2,46
	X5	71,61	4,10

Таблица 4. Рекомендуемые информативные параметры

И1	X2	Коэф. увеличения теплового тока
	X3	Дифференциальное сопротивление
И2	X3	Задний фронт на 4-ом выводе
	X4	Критическое напряжение
И3	X5	Величина НЧ шума
	X3	Дрейф сопротивления при термообработке
	X2	Коэффициент нелинейности по уровню 3-й гармоники

Объективно отобрать «нужные» прогнозируемые параметры можно на основе экспертных оценок. Рассмотрим эту процедуру на примере микросхем серии 1554. В качестве прогнозируемых параметров можно использовать 12 показателей (табл. 5).

Для проведения опроса было отобрано 15 экспертов. Экспертам предлагалось оценить роль и «вес» каждого показателя. Результаты первого тура опроса приведены в табл. 6. Как и предполагалось первый тур не дал нужной сходимости оценок. Был проведен второй тур опроса. Его результаты приведены в табл. 7. За критическое значение коэффициента

вариации было принято значение 33,3 %. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что оценки большей группы факторов имеют допустимый разброс, что подтверждается и малым значением интерквартильной вариации.

Таблица 5. Основные показатели микросхем серии 1554

П1	Выходное напряжение высокого уровня
П2	Выходное напряжение низкого уровня
П3	Входной ток высокого уровня
П4	Входной ток низкого уровня
П5	Выходной ток низкого уровня
П6	Выходной ток высокого уровня
П7	Ток потребления
П8	Время задержки распространения сигнала при включении от входов данных к выходам
П9	Время задержки распространения сигнала при выключении от входов данных к выходам
П10	Время задержки распространения сигнала при включении от входов разрешения к выходам
П11	Время задержки распространения сигнала при выключении от входов разрешения к выходам
П12	Функциональный контроль

Таблица 6. Оценка показателей микросхем серии 1554. Первый тур опроса

Фактор	Среднее	СКО	Коэффициент вариации
П1	71,00	20,60	29,00
П2	75,00	14,30	19,00
П3	52,40	17,60	33,50
П4	38,40	17,50	45,60
П5	28,50	18,40	64,80
П6	36,70	23,10	62,80
П7	59,80	17,60	29,40
П8	49,90	22,60	45,20
П9	64,70	22,20	34,30
П10	41,60	27,50	66,20
П11	63,80	20,40	32,00
П12	67,10	20,70	30,80

Хотя некоторые факторы имеют коэффициент вариации большего допустимого предела, проведение третьего опроса нецелесообразно, т.к. эксперты пришли к согласию по большинству факторов, а немногочисленные отклонения не играют при этом существенной роли. Таким образом, в качестве прогнозируемых параметров для данного типа ЭРИ можно рекомендовать факторы П1, П2 и П7 (табл. 8). Аналогичным образом был сделан выбор информативных параметров для других ЭРИ.

Таблица 7. Оценка показателей микросхем серии 1554. Второй тур опроса

Фактор	Среднее	СКО	Коэффициент вариации
П1	65,47	17,60	26,88
П2	62,87	19,85	31,57
П3	11,00	5,65	51,32
П4	38,13	11,40	29,88
П5	19,47	7,86	40,40
П6	27,27	8,79	32,24
П7	50,53	17,12	33,88
П8	39,60	12,85	32,45
П9	51,13	21,28	41,62
П10	31,67	12,71	40,14
П11	55,47	13,16	23,73
П12	72,47	12,18	16,80

Таблица 8. Рекомендуемые показатели микросхем серии 1554

П7	Ток потребления
П1	Выходное напряжение высокого уровня
П2	Выходное напряжение низкого уровня

### Список использованных источников

1. Физические основы надежности интегральных схем / Сыноров В.Ф., Пивоварова Р.Н., Петров Б.К. и др. Под ред. Ю.Г. Миллера. – М.: Сов. радио, 1976. 320 с.
2. Кейджян Г.А. Прогнозирование надежности микроэлектронной аппаратуры на основе БИС. - М.: Радио и связь. - 1987. - 152с.
3. Пиганов М.Н., Подлипнов Г.А. Экспертные оценки в управлении качеством радиоэлектронных средств: Учеб. пособие. – Самара: СГАУ, 2004. – 122 с.
4. Пиганов М.Н., Худяков А.Н. Методика экспертной оценки качества испытаний микросборок / Надежность и качество: Труды междунар. симпоз. 21-31.05.01. – Россия, Пенза, 2001. – С. 332-334.
5. Пиганов М.Н. Оптимизация контроля качества микросборок на основе экспертных оценок // Сертификация и управление качеством: Матер. 2-й междунар. НТК. 21-22.05.02. – Россия, Брянск, 2002. – С. 178-180.