

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Часть 1. ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ЕГО ОЦЕНКИ	11
Глава 1. Показатели остаточного ресурса, методы и модели его оценки ...	12
1.1. Остаточный ресурс и основные его показатели	12
1.2. Усеченный средний остаточный ресурс	13
1.2.1. Определение показателя $R_f(\tau)$	13
1.2.2. Нижняя доверительная оценка показателя $R_f(\tau)$	17
1.2.3. Доверительные интервалы для показателя $R_f(\tau)$	25
1.3. Определение количества объектов и длительности наблюдений для проведения лидерной эксплуатации	31
1.4. Гамма-процентный остаточный ресурс	36
1.4.1. Определение показателя $t_\gamma(\tau)$	36
1.4.2. Основные свойства показателя $t_\gamma(\tau)$	37
1.4.3. Определение количества объектов для проведения лидерной эксплуатации	39
1.4.4. Нижняя доверительная оценка показателя $t_\gamma(\tau)$	42
1.5. Определение остаточного ресурса в случае переменного режима эксплуатации объектов	54
Глава 2. Показатели безотказной наработки, методы и модели их оценки	61
2.1. Средняя доля безотказной наработки	61
2.1.1. Определение показателя $J(t)$	61
2.1.2. Свойства показателя $J(t)$	63
2.1.3. Точечная оценка показателя $J(t)$	65
2.2. Средняя доля остаточного ресурса	68
2.2.1. Определение показателя $J(t)$ и его связь с другими показателями	68
2.2.2. Свойства показателя $J_\tau(t)$ и его оценки	69
2.2.3. Точечная оценка показателя $J_\tau(t)$	72

2.3. Средний остаточный ресурс	74
2.3.1. Определение показателя $R(\tau)$	74
2.3.2. Точечная оценка показателя $R(\tau)$	77
2.3.3. Стационарное значение показателя $R(\tau)$	81
2.3.4. Вероятностная оценка остаточного ресурса при заданном $R(\tau)$	82
2.3.5. Аналитические оценки показателя $R(\tau)$	83
2.3.6. Интерполяционные и экстраполяционные оценки показателя $R(\tau)$	86
2.3.7. Оценка показателя $R(\tau)$ с помощью статистического моделирования наработок до предельного состояния	87
2.3.8. Оценка остаточного ресурса в случае монотонного возрастания интенсивности отказов	89
Глава 3. Методы и модели оценки эксплуатационной надежности комплектующих изделий	93
3.1. Некоторые особенности исходной информации и основные показатели эксплуатационной надежности комплектующих изделий	93
3.2. Параметр потока отказов (замен)	97
3.3. Общий процесс восстановления отказов (замен) комплектующих изделий и его модели	100
3.4. Моделирование наработок до отказов (замен)	103
3.5. Статистическая оценка параметра потока отказов (замен)	106
3.6. Моделирование наработок до отказа в случае суперпозиции нескольких распределений	108
3.7. Моделирование наработок до отказа в случае нормального закона распределения	112
3.8. Расчет надежности комплектующих изделий при пуассоновском потоке отказов (замен)	116
3.9. Соответствие интенсивности отказов (замен) однотипных комплектующих изделий их среднегрупповому значению	120
3.10. Деление комплектующих изделий на группы в зависимости от среднегруппового значения интенсивности отказов (замен)	124
3.11. Парзеновские оценки показателей эксплуатационной надежности комплектующих изделий	128
Глава 4. Оценка остаточного ресурса комплектующих изделий с использованием физики отказов	131
4.1. Физико-химические механизмы исследования остаточного ресурса комплектующих изделий радиоэлектронной аппаратуры	131
4.1.1. Общие сведения	131
4.1.2. Химические процессы	132
4.1.3. Радиационное воздействие	133

4.1.4. Диффузионные процессы	134
4.1.5. Адсорбционные процессы	136
4.1.6. Изменение магнитных и электрических свойств	136
4.1.7. Коррозия	138
4.1.8. Износ	139
4.1.9. Циклическая усталость	140
4.2. Старение комплектующих изделий радиоэлектронной аппаратуры ...	141
4.2.1. Старение резисторов	141
4.2.2. Старение конденсаторов	143
4.2.3. Старение электровакуумных приборов	145
4.2.4. Старение полупроводниковых приборов и интегральных микросхем	146
4.3. Методы технического диагностирования при оценке остаточного ресурса радиоэлектронной аппаратуры	149
4.3.1. Диагностирование электровакуумных приборов	149
4.3.2. Диагностирование резисторов	151
4.3.3. Диагностирование конденсаторов	152
4.4. Физико-математические модели расчета остаточного ресурса	153
4.4.1. Модели расчета на основе интенсивности отказов	153
4.4.2. Модели расчета с использованием аппроксимирующей функции изменения определяющего параметра	156
4.4.3. Оценка по заданной скорости деградации определяющего параметра	158
4.4.4. Оценка с использованием аддитивного накопления повреждений	160
Литература	163

Часть 2. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Глава 5. Теория случайных процессов при построении надежных схем	168
5.1. Основные сведения	168
5.2. О закономерностях появления отказов	181
5.3. Оптимальные задачи в теории надежности	184
5.4. Теоретические аспекты построения надежных схем	187
5.5. Методика планов контроля качества по количественным признакам	188
5.6. Определение характеристик плана контроля с использованием дисперсии контролируемого параметра	191
5.7. Вейбулловское распределение с известным параметром формы	196
5.8. Вейбулловское распределение с неизвестным параметром формы	204
5.9. Определение критерия приемлемости k_1'	208
5.10. Контроль качества по количественным признакам, имеющим нормальное или вейбулловское распределение с неизвестным параметром формы	212

5.11. Об оптимальном выборе уровней квантилей при оценке параметров двухпараметрического распределения Вейбулла	218
5.12. Несмещенные оценки пропущенного брака по увеличенной выборке	220
5.13. Статистический контроль по количественному признаку при двустороннем ограничении измеряемого параметра	222
5.14. Прогнозирующая несмещенная оценка пропущенной дефектности	226
5.15. О системах обслуживания с профилактикой и восстановлением	232
Глава 6. Анализ статистической информации о наработках радиоэлектронной аппаратуры	237
6.1. Анализ зарубежных методов расчета интенсивности отказов радиоэлектронной аппаратуры	237
6.2. Отказы блоков радиоэлектронной аппаратуры	246
6.2.1. Виды отказов	246
6.2.2. Сбор и обработка первичной информации	248
6.2.3. Функция распределения наработки до отказа	253
6.2.4. Обеспечение надежности при эксплуатации	260
6.3. Расчетный метод прогнозирования интенсивности отказов	262
Глава 7. Требования к долговечности составных частей, блоков и узлов восстанавливаемой и ремонтируемой сложной радиотехники	275
7.1. Законы надежности в радиоэлектронике	275
7.2. Использование распределения Вейбулла для анализа надежности элементов и систем	280
7.2.1. Определение параметров распределения Вейбулла	281
7.2.2. Расчет срока службы систем, надежность которых изменяется по закону Вейбулла	283
7.2.3. Система, работающая до m -го отказа	286
7.3. Оценка надежности невосстанавливаемых элементов	288
7.4. Оценка надежности элементов с продолжительным временем восстановления	302
7.5. Приближенная оценка надежности стареющих элементов радиоэлектронной аппаратуры	311
7.6. Методики распределения требований к ремонтпригодности составных частей, блоков и узлов сложной восстанавливаемой и ремонтируемой радиоэлектронной аппаратуры	315
7.6.1. Оценка систем с ненагруженным резервом	315
7.6.2. Оценка систем с облегченным резервом	320
7.6.3. Оценка систем со скользящим резервированием	322
Глава 8. Аналитико-статистические методы расчета характеристик систем радиоэлектроники	326
8.1. Характеристики надежности восстанавливаемых элементов	326
8.2. Вычисление вероятностных характеристик процесса восполнения РЛС резервными аппаратами	328

8.3. Распределение времени окончания эксплуатации блоков в составе радиолокационных станций	329
8.4. Задачи оптимального резервирования по статистическим данным об испытании систем	331
8.5. Аналитические методы определения показателей структурной надежности радиолокационных систем	340
8.5.1. Метод перебора состояний технической системы	342
8.5.2. Метод, основанный на сложении вероятностей совместных событий	343
8.6. Методы, основанные на сложении вероятностей несовместных событий	346
8.7. Расчет показателей надежности невосстанавливаемых радиолокационных систем	353
8.8. Система с нагруженным резервом радиоэлектронной аппаратуры	359
8.9. Методы расчета интенсивности отказов радиоэлектронных устройств по характеристикам дефектов конструктивно-технологических элементов	366
8.9.1. Метод непосредственного расчета интенсивности отказов	366
8.9.2. Метод определения интенсивности отказов интегральных схем нормированием их сложности	369
8.9.3. Расчет надежности по интенсивностям отказов на одну структурную единицу радиоэлектронного устройства	373
Литература	377