

УДК 621.396.6(075)

ББК 32.844я73

К65

Рецензенты:

*В. В. Зайцев*, канд. техн. наук, доцент каф. «Телекоммуникационные,  
радиотехнические системы и сети», ОмГУПС;

*К. Г. Кочетков*, начальник отдела надежности  
и унификации АО «ОНИИП»

**Копытов, Е. Ю.**

К65      Определение показателей надежности радиоэлектронной аппаратуры :  
учеб. пособие / Е. Ю. Копытов, С. С. Лутченко, А. А. Любченко ; Минобр-  
науки России, Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2022. – 112 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-3565-6

Изложены положения теории надежности и даны рекомендации по решению прикладных задач определения количественных показателей надежности радиоэлектронной аппаратуры.

Предназначено для студентов специальности 11.05.04, изучающих дисциплины «Основы теории надежности радиоэлектронных средств» и «Проектирование и эксплуатация систем и сетей телекоммуникаций», и обучающихся по направлению подготовки магистров 11.04.02.

УДК 621.396.6(075)

ББК 32.844я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-3565-6

© ОмГТУ, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	5
2. КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ.....	11
2.1. Показатели безотказности невосстанавливаемых объектов .....	11
2.2. Показатели надежности восстанавливаемых объектов.....	18
3. ЗАКОНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ОТКАЗАМИ .....	24
4. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА БЕЗОТКАЗНОСТИ .....	27
5. РЕЗЕРВИРОВАНИЕ.....	31
5.1. Общее резервирование с постоянно включенным резервом и целой кратностью .....	33
5.2. Раздельное резервирование с постоянно выключенным резервом и с целой кратностью .....	36
5.3. Общее резервирование с постоянно включенным резервом и дробной кратностью.....	38
5.4. Общее резервирование замещением с целой кратностью .....	41
5.5. Раздельное резервирование замещением с целой кратностью .....	44
5.6. Раздельное резервирование замещением с дробной кратностью (скользящее резервирование).....	45
6. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТОВ ПО $\lambda$ -ХАРАКТЕРИСТИКАМ.....	48
6.1. Математические модели отказов ЭРИ .....	48
6.2. Активные элементы схемы.....	50
6.2.1. Интегральные микросхемы .....	50
6.2.2. Полупроводниковые приборы.....	53
6.2.3. Силовые полупроводниковые приборы .....	58
6.3. Пассивные элементы схемы .....	61
6.3.1. Конденсаторы.....	61
6.3.2. Резисторы .....	66

7. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ НЕВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СИСТЕМ .....	71
8. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ.....	81
9. ОШИБКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В МОДЕЛЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ .....	92
9.1. Влияние ошибок диагностирования второго рода ( $\alpha_i = 0, \beta_i \neq 0$ ).....	94
9.1.1. Влияние ошибок диагностирования второго рода встроенной и внешней аппаратуры диагностирования ( $\beta_1 \neq 0, \beta_2 \neq 0$ ).....	94
9.1.2. Влияние ошибок диагностирования второго рода встроенной аппаратуры диагностирования ( $\beta_1 \neq 0, \beta_2 = 0$ ).....	96
9.1.3. Влияние ошибок диагностирования второго рода внешней аппаратуры диагностирования ( $\beta_1 = 0, \beta_2 \neq 0$ ).....	98
9.2. Влияние ошибок диагностирования первого рода ( $\alpha_i \neq 0, \beta_i = 0$ ) .....	99
9.2.1. Влияние ошибок диагностирования первого рода встроенной и внешней аппаратуры диагностирования ( $\alpha_1 \neq 0, \alpha_2 \neq 0$ ).....	100
9.2.2. Влияние ошибок диагностирования первого рода встроенной аппаратуры диагностирования ( $\alpha_1 \neq 0, \alpha_2 = 0$ ) .....	102
9.2.3. Влияние ошибок диагностирования первого рода внешней аппаратуры диагностирования ( $\alpha_1 = 0, \alpha_2 \neq 0$ ) .....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	107
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	108