**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Ордена Трудового Красного Знамени

государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования  
**Московский Технический Университет Связи и Информатики**

Кафедра «Электроника»

**Учебно-методическое пособие по дисциплине**

**«Основы конструирования и технологии производства ЭС»**

для студентов направления 11.03.01 и 11.03.02

Москва, 2024

Учебно-методическое пособие по дисциплине

**Основы конструирования и технологии производства ЭС**

Авторы: Г.М. Аристархов,

О.В. Аринин,

В.Н. Каравашкина

Рецензент Т.Б. Асеева

# Контрольная работа №3к

**Расчет надежности микросборки**

**1. Цель работы**

Ознакомится с методикой расчета и рассчитать надежность отдельных элементов микросборки (МСБ) и всей МБС в целом по внезапным и постепенным отказам, а также определить допустимое время работы МСБ с заданной вероятностью.

**2. Задание**

1. Цифровая микросборка выполнена в металлостеклянном корпусе, который имеет по **К** выводов с четырех сторон. МСБ содержит **N** кристаллов ИМС, посаженных на клей. Каждый кристалл имеет **m** выводов. Монтаж всех выводов кристаллов к контактным площадкам платы осуществлен с помощью микросварки. Соединения между контактными площадками платы и внешними выводами МСБ припаяны с обоих сторон. Подложка приклеена к спутнику, который привинчен к корпусу в 4 точках. Рассчитать надежность МСБ.
2. Показатели надежности элементов:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Элемент | λ*i* , час-1 | M*i* , час | σ*i* , час |
| 1 | ИМС | 10-9 | 5x106 | 103 |
| 2 | Сварное соединение | 2x10-9 | 5x106 | 103 |
| 3 | Клееное соединение | 10-7 | 106 | 3x103 |
| 4 | Пайка | 10-8 | 3x106 | 2x103 |
| 5 | Механическое соединение | 4х10-7 | 2x106 | 2x103 |

1. Варианты выбираются по номеру в списке группы:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | N | m | К | № | N | m | К |
| 1 | 10 | 16 | 16 | 6 | 11 | 16 | 8 |
| 2 | 12 | 9 | 14 | 7 | 13 | 8 | 7 |
| 3 | 14 | 12 | 12 | 8 | 15 | 10 | 6 |
| 4 | 16 | 6 | 10 | 9 | 17 | 12 | 5 |
| 5 | 18 | 6 | 9 | 10 | 19 | 6 | 4 |

Умножаем **N** и **m** на последнюю цифру номера группы – для группы БСС2002 – на 2.

Для студентов с номером больше 10 показатели **N** и **m** умножить на коэффициент в соответствии с таблицей и округлить в большую сторону, **K** взять из вариантов 1-10:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последние цифры | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-90 | 91-100 |
| Коэффициент | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 |

1. Определить:
   1. Среднее время безотказной работы каждой группы однотипных элементов и МСБ в целом (наработку до отказа). Оценить вклад этих составляющих.
   2. Построить примерную временную зависимость вероятности безотказной работы МСБ с учетом внезапных и постепенных отказов, учитывая следующие значения интеграла вероятностей от параметра:

Ф(0)=0   Ф(1)=0,34     Ф(2)=0,477   Ф(3)=0,49865.

Графики строить в следующем порядке:

* + 1. Построить вероятность безотказной работы по внезапным отказам для каждой группы элементов.
    2. Построить вероятность безотказной работы МСБ по внезапным отказам.
    3. Построить вероятность безотказной работы по постепенным отказам для каждой группы элементов в масштабе, выбранном в п.4.2.2.
    4. Построить общую временную зависимость вероятности безотказной работы с учетом внезапных и постепенных отказов.
  1. Определить допустимое время работы МСБ с заданной вероятностью Pбр = 0,9 и Pбр = 0,99 (по результирующему графику).

**3. Содержание отчета:**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Вариант
4. Все расчеты среднего времени безотказной работы и интенсивности отказов.
5. Графики из пункта 4.2.
6. Допустимое время безотказной работы МСБ с заданной вероятностью.
7. Выводы.

**4. Контрольные вопросы**

1. Что такое надежность? Свойства надежности?
2. Что такое отказ? Классификация отказов?
3. Критерии свойств надежности? (для одного из по выбору преподавателя)
4. Что такое вероятность безотказной работы?
5. Что такое интенсивность отказов? При каких условиях она постоянна?
6. Чем отличается «наработка на отказ» от «наработки до отказа»?
7. Объяснить 3 участка кривой интенсивности отказов.
8. Объяснить взаимосвязь между вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказов. При каких условиях формулы можно упростить?
9. Почему использование интенсивности отказов предпочтительнее в реальном производстве?
10. Почему важно учитывать внезапные отказы?
11. Почему важно учитывать постепенные отказы?

**5. Методика расчета надежности с учетом внезапных и постепенных отказов**

1. Определим вероятность безотказной работы системы, состоящей из N элементов, по внезапным отказам

Полагаем:

* Для работы РЭА должны быть исправны все элементы; отказ одного из элементов приводит к отказу всего РЭА. Такую цепь в теории надежности называют последовательной.
* Отказы независимы. Тогда вероятность сложного события , состоящего из независимых событий, характеризующихся

при вероятность безотказной работы отдельного элемента будет:

Тогда вероятность безотказной работы всех элементов:

интенсивность отказа РЭА:

среднее время безотказной работы РЭА:

В случае, когда у нас имеется n групп в каждой из которых имеется mj– число элементов с одинаковой надежностью, то

Таким образом, для расчета надежности блока необходимо знать надежность , каждого элемента и их число.

Пример:

элементов, все они равнонадежны

Следовательно, вероятность , можно будет обеспечить в течении

Эта система с вероятностью будет работать .

2. Определим вероятность безотказной работы системы по постепенным отказам

Вероятность безотказной работы системы, состоящей из N элементов, учитывая только постепенные отказы, а также то, что они взаимно независимы, будет

в случае, когда все элементы равнонадежные

- табличный интеграл вероятности Лапласа, в общем виде выглядит:

Приведенные формулы позволяются просчитать надежность РЭА по постепенным отказам, при известных M, и N.

*‑* плотность вероятности отказа

– среднее время безотказной работы, математическое ожидание определяется из эксперимента по постепенным отказам

– среднеквадратическое отклонение случайной величины от своего математического ожидания M

для непрерывной функции распределения случайной величины

Например:

Узел состоит из N=10 – равнонадёжных элементов

часов по постепенным отказам

часов

Определить вероятность безотказной работы по постепенным отказам за время часов

находим

Определим по таблице

3. Определим суммарную вероятность безотказной работы по постепенным и внезапным отказам

Полагаем, что внезапные и постепенные отказы независимы

Таким образом, формула позволяет рассчитать надежность как на период нормальной работы (внезапные отказы), так и на период старения РЭА. При этом период приработки исключается.

Пример:

В состав РЭА входит N=10 равнонадёжных элементов, характеризующихся по внезапным отказам:

и по постепенным отказам:

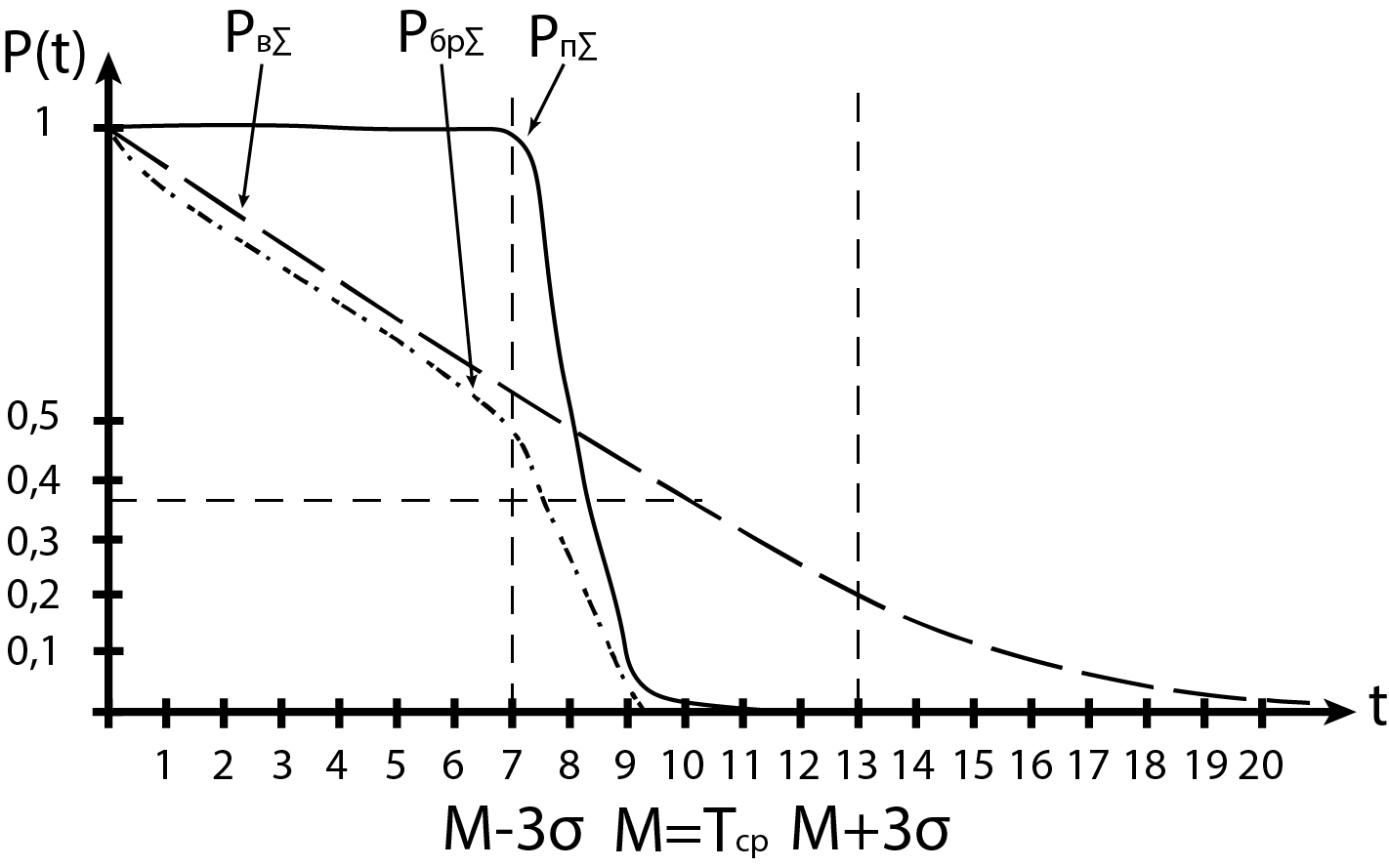
Рассчитать вероятность безотказной работы по внезапным и постепенным отказам и построить график .

Определим отправные точки для расчета:

1. По внезапным отказам
2. По постепенным отказам

в моменты времени

На рисунке 1 представлен общий вид результирующих кривых для вероятностей безотказной работы по внезапным отказам, по постепенным отказам и их произведение.



**Рис. 1.** График вероятности безотказной работы по внезапным отказам (штриховая линия), по постепенным отказам (сплошная линия) и суммарный график (штрихпунктирная линия)

**Литература**

1. Хадыкин А.М. Показатели надежности радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Хадыкин А.М., Рубан Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Омск: Омский государственный технический университет, 2015.— 80 c.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58095.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.