

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

Факультет «\_\_Транспорт, сервис и эксплуатация»

наименование факультета

Кафедра «\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Радиоэлектроника\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_»

наименование кафедры

**Методические указания по выполнению контрольной работы**

Дисциплина (модуль) «Надежность линий, систем и сетей»

наименование учебной дисциплины (модуля)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_»

Направление подготовки/специальность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

110302 Инфокоммуникационные технологии и системы связи\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Код наименование направления подготовки/специальности

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Составитель: Елисеев А.В.

1 ОБШИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью изучения дисциплины является получение знаний в области надежности и технической диагностики радиоэлектронных систем различного назначения.

Согласно учебному плану, студенты, проходящие подготовку по заочной форме обучения, должны прослушать обзорные лекции, пройти лабораторный практикум и выполнить контрольное задание. Студенты должны защитить выполненное контрольное задание, а по теоретическому курсу сдать итоговый экзамен.

Обзорные лекции, посвященные узловым разделам курса, читаются студентам во время экзаменационной сессии, тогда же студенты сдают предусмотренные зачеты и экзамены. Основным видом работы студента-заочника является самостоятельная работа с литературными источниками.

2 Алгоритм выбора варианта для выполнения контрольной работы

Контрольная работа заключается в решении трех задач и выполняется по десяти вариантам. Номер варианта соответствует последней цифре номера зачетной книжки. Последней цифре зачетной книжки «0» соответствует вариант №10.

3 ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Тема:** Расчет показателей и характеристик надежности

**Цель:** Закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков по оценке надежности радиоэлектронных устройств.

* 1. **Исходные данные**

Каждому студенту необходимо решить три задачи по индивидуальному варианту.

**ЗАДАЧА №1**

**Показатели безотказности невосстанавливаемых объектов надежности**

Задача №1

Дано: Наработка на отказ невосстанавливаемого объекта надежности подчиняется нормальному закону распределения вероятностей с параметрами, указанными в таблице 1.1, где  – математическое ожидание,  – среднеквадратическое отклонение (СКО).

Требуется: Построить графики функции  для десяти значений наработки в пределах 0…20 тыс. часов и двух значений . Определить величины средней наработки до отказа и СКО. Определить число отказов за некоторую выбранную произвольно наработку и в интервале наработки.

Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| , час. | 5 | 4 | 5,5 | 4 | 6 | 3 | 7 | 6,5 | 4,57 | 7 |
| , час. | 7 | 6 | 7,5 | 7 | 8 | 6 | 10 | 9 | 8 | 10,5 |
| , час. | 2 | 3 | 3,5 | 3 | 3,5 | 2 | 4 | 4 | 2,5 | 4,5 |

ЗАДАЧА №2

2.1.Показатели ремонтопригодности

Задача №2.1

Дано: Случайное время восстановления подчиняется показательному закону распределения вероятностей с параметром - интенсивность восстановления , приведенными в таблице 2.1.

Требуется: Построить графики функций вероятности восстановления для двух значений интенсивности восстановления в общей системе координат для десяти значений времени, отведенного на восстановление в пределах 0... (25... 50) часов. Рассчитать значения среднего времени восстановления. Определить число восстановленных изделий за некоторое выбранное произвольно время в интервале времени, взяв *N = 1000* штук.

Таблица 2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 0,2 | 0,125 | 0,11 | 0,08 | 0,25 | 0,055 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,1 |
|  | 0,08 | 0,3 | 0,25 | 0,18 | 0,05 | 0,12 | 0,16 | 0,17 | 0,14 | 0,25 |

2.2 Показатели долговечности

Дано: Случайный индивидуальный ресурс подчиняется показательному закону распределения вероятностей с параметром , приведенными в таблице 2.2.

Требуется: Построить график функции вероятности недостижения предельного состояния в пределах до 100 тыс. часов. Рассчитать средний ресурс, гамма-процентный ресурс и назначенный ресурс.

Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 0,05 | 0,1 | 0,075 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,08 | 0,11 | 0,06 | 0,075 |
|  | 70 | 60 | 30 | 30 | 50 | 55 | 40 | 45 | 80 | 90 |
|  | 0,8 | 0,7 | 0,75 | 0,75 | 0,77 | 0,9 | 0,88 | 0,74 | 0,81 | 0,86 |

ЗАДАЧА №3

Показатели надежности резервированных невосстанавливаемых систем

Дано: Изделие состоит из двух частей: первая часть включает k элементов, соединенных последовательно (в смысле надежности), вторая часть - n элементов, соединенных так же. Все элементы равнонадежны и имеют интенсивность отказов , приведенную в таблице 3.1. Резервирование использует дублирование каждой части.

Требуется: Рассчитать:

1. функцию надежности p(t) нерезервированной системы и ее среднюю наработку до отказа,
2. функцию надежности резервированной системы при общем постоянном резервировании каждой части и среднюю наработку до отказа,
3. функцию надежности резервированной системы при раздельном резервировании каждой части и среднюю наработку до отказа,
4. функцию надежности резервированной системы при общем резервировании замещением каждой части и среднюю наработку до отказа,

Приведите структурные схемы надежности для каждого случая, постройте графики всех функций надежности в единой системе координат, заканчивая наработками, когда p(t)=0,1.

Рассчитайте выигрыш по функции надежности для одной наработки, порядка 1-3 тыс. часов, по сравнению с отсутствием резерва и выигрыш по величине средней наработки до отказа.

Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 |
|  | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 2 |
|  | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,02 |

**3.2 Вопросы, подлежащие разработке**

Решить задачи с использованием математических пакетов и ЭВМ.

**3.3** **К защите представить:**

* пояснительную записку объемом 10–15 страниц.

4 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Общие указания по выполнению и оформлению контрольного задания

1. Контрольная работа выполняется на листах формата А4 с использованием одной стороны листа. Вторая сторона листа оставляется для внеcения исправлений. Все страницы нумеруются.
2. Формулировка задачи и числовые исходные данные должны быть перенесены в отчет. Чертежи и рисунки, еcли они предусмотрены заданием, выполняются карандашом на миллиметровой бумаге с соблюдением правил черчения или с использованием специализированных программ на ЭВМ. Все таблицы, чертежи и рисунки должны быть пронумерованы.
3. При оформлении отчета необходимо коротко указать в каждом пункте цель расчета, привести расчетную формулу, обязательно пояснив условные обозначения. Указать номер источника, из которого взята формула.
4. Во всех расчетах должны применяться только единицы Международной системы СИ в русских обозначениях. Конечный результат следует представить в удобной форме с использованием кратных или дольных единиц.
5. В конце работы необходимо привести список использованных источников с соблюдением правил его оформления, поставить дату и подпись.
6. Во время экзамена необходимо быть готовым дать пояснения по существу решения задач контрольной работы.
7. Пример выполнения и оформления контрольной работы приведен в Приложении А.
8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При решении задач использовать теорию и примеры решений, представленные в работах [1-5].

**ЗАДАЧА №1**

**Показатели безотказности невосстанавливаемых объектов надежности**

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №1**

**Построить графики функции **

Для решения задачи необходимо первоначально установить связь между величинами .

Связь плотности распределения с вероятностью безотказной работы *P(t)* и вероятностью отказов *q(t):*

; (1.1)

; (1.2)

 (1.3)

Для использования формул (1.1)-(1.3) необходимо иметь аналитическую форму для плотности распределения . Эту информацию получим из исходных данных задачи №1, где сказано, что наработка на отказ невосстанавливаемого объекта надежности подчиняется нормальному закону распределения вероятностей

.

Но учитывая, что время наработки до отказа не может быть отрицательным, на практике при расчете используют усеченное нормальное распределение:

 (1.4)

где

 – нормирующий множитель,

 – нормированная функция Лапласа.

Тогда вероятность безотказной работы будет найдена на основе выражения (1.2) с учетом (1.4)

. (1.5)

**Определить величины средней наработки до отказа и СКО**

*Средней наработкой до отказа* называется математическое ожидание времени работы изделия до первого отказа

 (1.6)

Усеченное нормальное распределение имеет СКО  отличное от СКО классического нормального распределения:

. (1.7)

**Определить число отказов за некоторую выбранную произвольно наработку и в интервале наработки**

Для определения числа отказов за некоторую выбранную произвольно наработку используем формулу для статистической оценки вероятности отказа

 (1.8)

где *N0*- количество изделий, поставленных на испытания; *n(t)* количество отказавших изделий к заданному времени *t*.

Из (1.8) следует выражение для оценки числа отказов за некоторую выбранную произвольно наработку

. (1.9)

Для определения числа отказов в интервале наработки используем формулу для статистической оценки интенсивности отказов

 (1.10)

где *N0* - количество изделий, поставленных на испытание; *Δni* - количество изделий, отказавших в интервале *Δti.*, - количество изделий, оставшихся исправными к началу интервала *Δti..*

Из (1.10) следует выражение для определения числа отказов в интервале наработки *Δti*

. (1.11)

При расчетах по формулам (1.9) и (1.11) было принято, что .

ЗАДАЧА №2

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №2.1**

2.1.Показатели ремонтопригодности

Под вероятностью восстановления понимается вероятность того, что изделие будет восстановлено после отказа за данное время и в определенных ус­ловиях ремонта, т.е.

 (2.1)

где  - случайное время восстановления изделия,  - заданное время восста­новления

По своему математическому смыслу  представляет собой функцию распределения (интегральный закон распределения) времени восстановления

 (2.2)

где  - плотность распределения времени восстановления. Если , то

, (2.3)

где μ - интенсивность восстановления.

Среднее время восстановления характеризует среднее время вынужденного не регламентируемого простоя, вызванного отысканием и устранением одного отказа. Оно выражается математическим ожиданием



Для интервала нормальной эксплуатации справедлива формула для среднего времени восстановления объекта:

. (2.4)

2.2 Показатели долговечности

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №2.2**

Вероятность недостижения предельного состояния – это вероятность того, что в пределах заданной наработки предельное состояние объекта не наступит. Функция вероятности недостижения предельного состояния при показательном распределении индивидуального ресурса имеет вид [2]:

, (2.5)

где  – интенсивность расходования ресурса.

Средний ресурс определяется как:

. (2.6)

Гамма - процентный ресурс есть наработка, в течение которой, объект не достигнет предельного ресурса с заданной вероятностью , выраженной в процентах:

. (2.7)

Назначенный ресурс назначается для объектов оборонного содержания, объектов УВД (РЛК, системы посадки самолетов и др.), объектов правительственной связи и т.д.

Назначенный ресурс определяется как суммарная наработка, по достижению которой применение объекта по назначению должно быть прекращено:

. (2.8)

ЗАДАЧА №3

Показатели надежности резервированных невосстанавливаемых систем

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №3**

3.1 Расчет надежности нерезервированной системы (рисунок 3.1)

Функция надежности системы при последовательном, в смысле надежности, соединении блоков:

, (3.1)

где

 – суммарная интенсивность отказов системы, состоящей из N блоков,  – интенсивность отказа i-го блока.

Средняя наработка до отказа нерезервированной системы

. (3.2)

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.1 – Структурная схема надежности нерезервированной системы |

3.2 Расчет надежности резервированной системы при общем постоянном резервировании каждой части (дублирование) (рисунок 3.2).

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.2 – Структурная схема надежности резервированной системы при общем постоянном резервировании каждой части |

Функция надежности первой части схемы:

, (3.3)

где .

Функция надежности второй части схемы:

, (3.4)

где .

Функция надежности всей схемы:

. (3.5)

Расчёт средней наработки до отказа:

 (3.6)

3.3 Расчет надежности резервированной системы при раздельном постоянном резервировании каждой части (рисунок 3.2).

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.2 – Структурная схема надежности резервированной системы при общем постоянном резервировании каждой части |

Функция надежности первой части схемы:

. (3.7)

Функция надежности второй части схемы:

. (3.8)

Функция надежности всей схемы:

. (3.9)

Расчёт средней наработки до отказа:

 (3.10)

3.4 Расчет надежности резервированной системы при общем резервировании замещением каждой части (рисунок 3.3).

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.3 – Структурная схема надежности резервированной системы при общем резервировании каждой части замещением |

Функция надежности первой части схемы:

,  (3.11)

Функция надежности второй части схемы:

,  (3.12)

Функция надежности всей схемы:

. (3.13)

Расчёт средней наработки до отказа:

 (3.14)

3.5 Расчет выигрыша от резервирования

Расчет выигрыша по функции надежности

, , . (3.15)

Расчет выигрыша по значению средней наработки до отказа

, , . (3.16)

**Список использованных источников**

1. Бабаев В.Г., Емельянов В.Н., Лукъяненко В.И. Надежность и техническая диагностика: Пособие по изучению дисциплины, выполнению контрольной и курсовой работ. М.: МГТУ ГА, 2004.

2. Бабаев В.Г., Емельянов В.Н. Показатели безотказности авиационного РЭО: Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1995.

3. Бабаев В.Г. Показатели ремонтопригодности и долговечности авиационного РЭО: Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1996.

4. Бабаев В.Г. Комплексные показатели надежности и резервирования авиационного РЭО: Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1997.

5. Бабаев В.Г. Испытание на надежность: Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1998.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Задача №1**

**Показатели безотказности невосстанавливаемых объектов надежности**

Задача №1

Дано: Наработка на отказ невосстанавливаемого объекта надежности подчиняется нормальному закону распределения вероятностей с параметрами, указанными в таблице 1.1, где  – математическое ожидание,  – среднеквадратическое отклонение (СКО).

Требуется: Построить графики функции  для десяти значений наработки в пределах 0…20 тыс. часов и двух значений . Определить величины средней наработки до отказа и СКО. Определить число отказов за некоторую выбранную произвольно наработку и в интервале наработки.

Таблица 1.1

|  |  |
| --- | --- |
| Номер  варианта | Х |
| , час. | 6 |
| , час. | 8 |
| , час. | 3,5 |

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №1**

**Построить графики функции **

Для решения задачи необходимо первоначально установить связь между величинами .

Связь плотности распределения с вероятностью безотказной работы *P(t)* и вероятностью отказов *q(t):*

; (1.1)

; (1.2)

 (1.3)

Для использования формул (1.1)-(1.3) необходимо иметь аналитическую форму для плотности распределения . Эту информацию получим из исходных данных задачи №1, где сказано, что наработка на отказ невосстанавливаемого объекта надежности подчиняется нормальному закону распределения вероятностей

.

Но учитывая, что время наработки до отказа не может быть отрицательным, на практике при расчете используют усеченное нормальное распределение:

 (1.4)

где

 – нормирующий множитель,

 – нормированная функция Лапласа.

Тогда вероятность безотказной работы будет найдена на основе выражения (1.2) с учетом (1.4)

. (1.5)

Расчет требуемых в условии задачи величин, выполняемый по формулам (1.1)-(1.5), был выполнен с использованием программы MathCad. Результаты расчета представлены на рисунке 1.1.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1.1 – Графики функций  для десяти значений наработки в пределах 0…20 тыс. часов и двух значений |

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1.2 – Графики функций  для десяти значений наработки в пределах 0…20 тыс. часов и двух значений |

**Выводы:**

График функции безотказной работы показывает, что  убывающая функция, т.е.  и . Отказ объекта является противоположным событием, следовательно  и , что видно по графику функции вероятности отказа.

На рисунке 1.2 видно, что при  значение функции  равно удвоенному значению «высоты» функции . Плотность вероятности и интенсивность отказов при  равны между собой.

Вид кривой  говорит о том, что в течение равных интервалов наработки число отказавших объектов сначала увеличивается, достигая максимума при  (когда имеет место максимальная плотность вероятности отказов), а затем постепенно падает до нуля.

Вид кривой  обязательно учитывает это обстоятельство – изменение числа отказавших объектов в равных интервалах наработки. Очевидно, что число объектов, не отказавших к началу заданного интервала наработки с ростом наработки будет уменьшаться и стремиться к нулю.

**Определить величины средней наработки до отказа и СКО**

*Средней наработкой до отказа* называется математическое ожидание времени работы изделия до первого отказа

 (1.6)

Усеченное нормальное распределение имеет СКО  отличное от СКО классического нормального распределения:

. (1.7)

**Определить число отказов за некоторую выбранную произвольно наработку и в интервале наработки**

Для определения числа отказов за некоторую выбранную произвольно наработку используем формулу для статистической оценки вероятности отказа

 (1.8)

где *N0*- количество изделий, поставленных на испытания; *n(t)* количество отказавших изделий к заданному времени *t*.

Из (1.8) следует выражение для оценки числа отказов за некоторую выбранную произвольно наработку

. (1.9)

Для определения числа отказов в интервале наработки используем формулу для статистической оценки интенсивности отказов

 (1.10)

где *N0* - количество изделий, поставленных на испытание; *Δni* - количество изделий, отказавших в интервале *Δti.*, - количество изделий, оставшихся исправными к началу интервала *Δti..*

Из (1.10) следует выражение для определения числа отказов в интервале наработки *Δti*

. (1.11)

Расчет требуемых в условии задачи величин, выполняемый по формулам (1.6), (1.7), (1.9), (1.11), был выполнен с использованием программы MathCad. Результаты расчета представлены в таблице 1.4.

При расчетах по формулам (1.9) и (1.11) было принято, что .

Таблица 1.4 – Результаты расчета по формулам (1.6), (1.7), (1.9), (1.11) для различных значений математического ожидания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Название величины | , тыс. час | , тыс. час |  |  |
|  | 6.336 | 3.182 | 87 | 1.4 |
|  | 8.104 | 3.378 | 32 | 0.6 |

Задача №2

2.1.Показатели ремонтопригодности

Задача №2.1

Дано: Случайное время восстановления подчиняется показательному закону распределения вероятностей с параметром - интенсивность восстановления , приведенными в таблице 2.1.

Требуется: Построить графики функций вероятности восстановления для двух значений интенсивности восстановления в общей системе координат для десяти значений времени, отведенного на восстановление в пределах 0... (25... 50) часов. Рассчитать значения среднего времени восстановления. Определить число восстановленных изделий за некоторое выбранное произвольно время в интервале времени, взяв *N = 1000* штук.

Таблица 2.1

|  |  |
| --- | --- |
| Номер  варианта | Х |
|  | 0,25 |
|  | 0,05 |

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №2.1**

2.1.Показатели ремонтопригодности

Под вероятностью восстановления понимается вероятность того, что изделие будет восстановлено после отказа за данное время и в определенных ус­ловиях ремонта, т.е.

 (2.1)

где  - случайное время восстановления изделия,  - заданное время восста­новления

По своему математическому смыслу  представляет собой функцию распределения (интегральный закон распределения) времени восстановления

 (2.2)

где  - плотность распределения времени восстановления. Если , то

, (2.3)

где μ - интенсивность восстановления.

Среднее время восстановления характеризует среднее время вынужденного не регламентируемого простоя, вызванного отысканием и устранением одного отказа. Оно выражается математическим ожиданием



Для интервала нормальной эксплуатации справедлива формула для среднего времени восстановления объекта:

. (2.4)

Расчеты по формулам (2.3), (2.4) выполнялись в программе MathCad. Результаты представлены на рисунке 2.1 и в таблице 2.1.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.1 – Графики функций вероятности восстановления для двух значений интенсивности восстановления в общей системе координат для десяти значений времени, отведенного на восстановление в пределах 0... (25... 50) часов |

Таблица 2.1 – Результаты расчета среднего времени восстановления для различных значений интенсивности восстановления

|  |  |
| --- | --- |
| Название величины | час |
|  | 4 |
|  | 20 |

2.2 Показатели долговечности

Дано: Случайный индивидуальный ресурс подчиняется показательному закону распределения вероятностей с параметром , приведенными в таблице 2.2.

Требуется: Построить график функции вероятности недостижения предельного состояния в пределах до 100 тыс. часов. Рассчитать средний ресурс, гамма-процентный ресурс и назначенный ресурс.

Таблица 2.2

|  |  |
| --- | --- |
| Номер  варианта | Х |
|  | 0,02 |
|  | 50 |
|  | 0,77 |

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №2.2**

Вероятность недостижения предельного состояния – это вероятность того, что в пределах заданной наработки предельное состояние объекта не наступит. Функция вероятности недостижения предельного состояния при показательном распределении индивидуального ресурса имеет вид [2]:

, (2.5)

где  – интенсивность расходования ресурса.

Средний ресурс определяется как:

. (2.6)

Гамма - процентный ресурс есть наработка, в течение которой, объект не достигнет предельного ресурса с заданной вероятностью , выраженной в процентах:

. (2.7)

Назначенный ресурс назначается для объектов оборонного содержания, объектов УВД (РЛК, системы посадки самолетов и др.), объектов правительственной связи и т.д.

Назначенный ресурс определяется как суммарная наработка, по достижению которой применение объекта по назначению должно быть прекращено:

. (2.8)

Расчеты по формулам (2.5)-(2.8) выполнялись в программе MathCad. Результаты представлены на рисунке 2.2 и в таблице 2.2.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.2 – Графики функций вероятности недостижения предельного состояния |

Таблица 2.2 – Результаты расчета ресурса

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название величины | Средний ресурс, , час | Гамма - процентный ресурс, , час | Назначенный ресурс, , час |
| Значение величины |  |  |  |

ЗАДАЧА №3

Показатели надежности резервированных невосстанавливаемых систем

Дано: Изделие состоит из двух частей: первая часть включает k элементов, соединенных последовательно (в смысле надежности), вторая часть - n элементов, соединенных так же. Все элементы равнонадежны и имеют интенсивность отказов , приведенную в таблице 3.1. Резервирование использует дублирование каждой части.

Требуется: Рассчитать:

1. функцию надежности p(t) нерезервированной системы и ее среднюю наработку до отказа,
2. функцию надежности резервированной системы при общем постоянном резервировании каждой части и среднюю наработку до отказа,
3. функцию надежности резервированной системы при раздельном резервировании каждой части и среднюю наработку до отказа,
4. функцию надежности резервированной системы при общем резервировании замещением каждой части и среднюю наработку до отказа,

Приведите структурные схемы надежности для каждого случая, постройте графики всех функций надежности в единой системе координат, заканчивая наработками, когда p(t)=0,1.

Рассчитайте выигрыш по функции надежности для одной наработки, порядка 1-3 тыс. часов, по сравнению с отсутствием резерва и выигрыш по величине средней наработки до отказа.

Таблица 3.1

|  |  |
| --- | --- |
| Номер  варианта | Х |
|  | 5 |
|  | 4 |
|  | 0,04 |

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ №3**

3.1 Расчет надежности нерезервированной системы (рисунок 3.1)

Функция надежности системы при последовательном, в смысле надежности, соединении блоков:

, (3.1)

где

 – суммарная интенсивность отказов системы, состоящей из N блоков,  – интенсивность отказа i-го блока.

Средняя наработка до отказа нерезервированной системы

. (3.2)

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.1 – Структурная схема надежности нерезервированной системы |

3.2 Расчет надежности резервированной системы при общем постоянном резервировании каждой части (дублирование) (рисунок 3.2).

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.2 – Структурная схема надежности резервированной системы при общем постоянном резервировании каждой части |

Функция надежности первой части схемы:

, (3.3)

где .

Функция надежности второй части схемы:

, (3.4)

где .

Функция надежности всей схемы:

. (3.5)

Расчёт средней наработки до отказа:

 (3.6)

3.3 Расчет надежности резервированной системы при раздельном постоянном резервировании каждой части (рисунок 3.2).

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.2 – Структурная схема надежности резервированной системы при общем постоянном резервировании каждой части |

Функция надежности первой части схемы:

. (3.7)

Функция надежности второй части схемы:

. (3.8)

Функция надежности всей схемы:

. (3.9)

Расчёт средней наработки до отказа:

 (3.10)

3.4 Расчет надежности резервированной системы при общем резервировании замещением каждой части (рисунок 3.3).

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.3 – Структурная схема надежности резервированной системы при общем резервировании каждой части замещением |

Функция надежности первой части схемы:

,  (3.11)

Функция надежности второй части схемы:

,  (3.12)

Функция надежности всей схемы:

. (3.13)

Расчёт средней наработки до отказа:

 (3.14)

3.5 Расчет выигрыша от резервирования

Расчет выигрыша по функции надежности

, , . (3.15)

Расчет выигрыша по значению средней наработки до отказа

, , . (3.16)

Расчеты по формулам (3.1)-(3.16) выполнялись с использованием программы MathCad. Результаты расчетов приведены на рисунке 3.4 и в таблицах 3.1, 3.2.

Таблица 3.1 – Результаты расчета среднего времени наработки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель |  |  |  |  |
| Значение показателя | 2,778 | 5,082 | 8,872 | 10,00 |

Таблица 3.2 – Результаты расчета выигрыша от резервирования

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель |  |  |  |  |  |  |
| Значение показателя | 1,694 | 1,984 | 1,848 | 1,83 | 3,196 | 2,494 |

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 3.4 – Графики функций надежности для нерезервированной системы и резервированной системы при различных видах резервирования |

**Список использованных источников**

1. Бабаев В.Г., Емельянов В.Н., Лукъяненко В.И. Надежность и техническая диагностика: Пособие по изучению дисциплины, выполнению контрольной и курсовой работ. М.: МГТУ ГА, 2004.

2. Бабаев В.Г., Емельянов В.Н. Показатели безотказности авиационного РЭО: Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1995.

3. Бабаев В.Г. Показатели ремонтопригодности и долговечности авиационного РЭО: Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1996.

4. Бабаев В.Г. Комплексные показатели надежности и резервирования авиационного РЭО: Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1997.

5. Бабаев В.Г. Испытание на надежность: Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 1998.