

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

**Кафедра технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования воздушного транспорта**

В.Г. Бабаев

НАДЕЖНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО РАДИООБОРУДОВАНИЯ

ПОСОБИЕ

по выполнению лабораторных работ

*для студентов IV курса
специальности 25.05.03 (162107)
очной формы обучения*

Москва-2015

ББК 0561.5

Б 12

Рецензент д-р. техн. наук В.Е. Емельянов

Бабаев В.Г.

Б 12 Надежность транспортного радиооборудования: пособие по выполнению лабораторных работ. - М.: МГТУ ГА, 2015. - 24 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Надежность транспортного радиооборудования» по учебному плану для студентов IV курса специальности 25.05.03 (162107) очной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 24.03.15 г. и методического совета 26.03.15 г.

Подписано в печать 07.04.2015 г.

Печать офсетная
1,4 усл.печ.л.

Формат 60x84/16
Заказ № 1989/

1,26 уч.-изд. л.
Тираж 75 экз.

Московский государственный технический университет ГА

125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20

Редакционно-издательский отдел

125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а

© Московский государственный
технический университет ГА, 2015

Введение

Дисциплина «Надежность транспортного радиооборудования» согласно учебному плану специальности 25.05.03 (162107) «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» начинает цикл дисциплин по технической эксплуатации указанного оборудования. Дисциплина является основой для последующих дисциплин цикла: «Техническая диагностика транспортного радиооборудования», «Организация технического обслуживания и ремонта радиоэлектронных систем ВТ», «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования».

Знания, умения и навыки, полученные студентами по дисциплинам цикла, составляют базу для выполнения выпускных квалификационных работ по специальности 25.05.03 (162107).

Основной целью лабораторных работ по «Надежности транспортного радиооборудования» является углубление теоретических знаний по дисциплине, расчет и анализ основных закономерностей и показателей надежности и, таким образом, формирование цельной картины проблемы характеристики надежности радиоэлектронного оборудования.

Порядок выполнения лабораторных работ

1) Перед лабораторным занятием студент обязан изучить содержание лабораторного задания, подготовить необходимые расчетные формулы, изучить графики зависимостей исследуемых показателей надежности по рекомендуемой литературе.

2) При выполнении лабораторного задания в соответствии с назначенным преподавателем вариантом задания студент определяет данные по наработке: диапазон наработки до отказа, количество точек данных и шаг изменения наработки до отказа, после чего выполняет последовательность пунктов задания.

3) Одобренные преподавателем результаты лабораторного задания записываются в флеш-карту студента.

4) Для выполнения домашнего задания используется распечатка лабораторного задания. Домашнее задание выполняется вручную с использованием калькулятора для арифметических расчетов.

5) Отчет по лабораторной работе включает титульный лист по стандартной форме, результаты лабораторного и домашнего заданий и выводы по пунктам домашнего задания и работе в целом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование характеристик безотказности невосстанавливаемых объектов при усеченном нормальном распределении вероятностей наработки до отказа

Варианты задания параметров распределения(назначаются преподавателем).

№вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_t , час	5000	7500	6000	4000	7000	6500	5500	4800	5200	4500
σ_t , час	2000	3000	2400	1600	2800	2600	2200	1920	2080	1800

1. Лабораторное задание

1.1. В соответствии с заданием введите параметры распределения вероятностей с указанием размерности в виде:

Вариант № , $m_t :=$, час; $\sigma_t :=$, час.

1.2. Рассчитайте коэффициент усечения C_0 , используя формулу с определенным интегралом с пределами интегрирования $[0, m_t/\sigma_t]$ в знаменателе формулы (см. формулы (3.36) и (3.28) учебного пособия [1, стр. 36,34]).

1.3. Задайте данные по наработке, например:

$n := 0..20$ - это количество точек данных,

$t(n) := n * 500$ час- это диапазон наработки до отказа

При этом диапазон наработки- в пределах примерно $0..2m_t$. Сведите в таблицу данные по наработке $t(n) =$ с указанием номеров точек диапазона.

1.4. Запишите формулу функции плотности распределения вероятностей (ФПРВ) усеченного нормального распределения $f(n) :=$, рассчитайте значения функции, сведя их в таблицу $f(n) =$, укажите размерность функции.

1.5. Постройте график этой функции площадью порядка (8..10) на (8..10) см² с применением сетки линий по осям $f(n)$ и $t(n)$ с указанием размерности по осям.

1.6. Запишите формулу функции надежности $P(n) := C_0(0.5 - a(n))$, где $a(n)$ – выражение нормированной функции Лапласа в виде интеграла (3.28) с верхним пределом $z = (t(n) - m_t)/\sigma_t$. Обратите внимание, что в формуле $a(n)$ аргумент “ t ” нужно обозначить символом “ u ”, а также на то, что сначала записываете $a(n)$, а затем $P(n)$. Рассчитайте значения $P(n)$, сведя их в таблицу $P(n) =$ с указанием размерности.

1.7. Постройте график функции $P(n)$ площадью порядка (8..10) на (8..10) см² с применением сетки линий по осям графика.

1.8. Запишите формулу функции вероятности отказа $Q(n) :=$, рассчитайте значение этой функции, сведите расчеты в таблицу $Q(n) =$

Постройте график этой функции, как в п.р. 1.7.

2. Домашнее задание

2.1. Рассчитайте теоретическое максимальное значение ФПРВ, используя формулу $f(n)$: запишите формулу, подставьте данные в системе СИ, укажите результат с указанием размерности.

2.2. Определите площадь под фигурой $f(n)$ в пределах от 0 до (3..4) тыс. часов, она равна вероятности отказа ОН за принятую наработку. Полученное значение сверьте с данными таблицы $Q(n)$ и с расчетной величиной по формуле (3.41) учебного пособия [1, стр.37]. Сделайте выводы о полученных результатах.

2.3. Определите площадь под кривой $p(n)$ – это есть средняя наработка до отказа. Рассчитайте ее по формуле (3.47) учебного пособия, сделайте вывод. Сделайте теоретический расчет $p(t_1)$ для произвольно выбранной наработки t_1 , сравните с величиной $p(t_1)$ по лабораторному заданию.

2.4. На графике функции $P(n)$ постройте график функции $P_1(n)$ для показательного распределения по формуле

$$P(n) = e^{-\lambda t(n)}, \text{ где } \lambda = 1/m_t.$$

2.5. Рассчитайте площадь под этой кривой и убедитесь, что она такая, как в п. 2.3 (средние наработки до отказа обоих распределений примерно одинаковы). Сделайте вывод о ходе появления отказов в обоих распределениях.

3. Методические указания

3.1. По лабораторному заданию

Основой качественного выполнения задания является тщательная подготовка, освоение теоретического материала, анализ закономерностей, исследуемых в работе. Ключевым моментом задания является определение данных по наработке. Диапазон наработки рекомендуется в пределах от 0 часов до удвоенного значения математического ожидания. Количество точек в таблицах и графики следует взять в пределах примерно 20...25 штук, при этом легко определяется шаг изменения наработки до отказа. Очевидно, что шаг должен составлять удобную для расчетов и анализа величину – например, 100 час, 200 час, 250 час, 500 час.

Лабораторное задание предоставлено ясно и подробно и выполняется без особых затруднений в оболочке «Mathcad». Сказанное проверено первым выполнением цикла лабораторных работ в осеннем семестре 2014/15 уч. года.

3.2. По домашнему заданию

Расчет максимального значения ФПРВ описан в п. 2.1 задания, результат расчета укажите с размерностью.

Определение части площади под кривой функции или полной площади (п. 2.2 и 2.3) следует начинать с определения площади элементарного прямоугольника сетки графика функции, при этом нужно учесть размерности

его сторон. Далее расчет искомой площади следует определять как произведение количества элементарных прямоугольников на его площадь.

Точность этих расчетов определяется тем, насколько точно подсчитано количество прямоугольников, оно может быть не целым числом.

Литература

1. В.Г. Бабаев, В.Е. Емельянов. Показатели безотказности авиационного радиоэлектронного оборудования. М.: РИО МГТУ ГА, 1995.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование характеристик безотказности невосстанавливаемых объектов надежности для распределения вероятностей Вейбулла наработки до отказа

Варианты задания параметров распределения: $k=3$

№вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda_0 \cdot 10^{-9},$ 1/час ³	0,1	0,7	0,025	0,2	0,045	0,025	0,015	0,045	0,01	0,2

1. Лабораторное задание.

1.1. Исходные данные:

Вариант №; $k=3$; $\lambda_0 := \dots$, 1/час³.

1.2. Данные по наработке:

диапазон наработок – от 0 час до примерно $2T_0 = 2 \frac{\Gamma(1,33)}{\lambda_0^{1/3}}$; следует

рассчитать после этого:

$n = 0..20$, $t(n) = n$ (100..500) час.

Сведите данные по наработке в таблицу $t(n)$ с указанием номеров точек диапазона и размерности величин.

1.3. Запишите формулу и рассчитайте ФПРВ распределения Вейбулла, сведя результаты в таблицу $f(n)$ с указанием размерности функции и номеров точек.

1.4. Постройте график функции с использованием сетки линий на площади (8..10) на (8..10) см², укажите размерности осей графика.

1.5. Запишите формулу функции надежности $P(n)$ (при $k=3$), рассчитайте значения точек функции, сведя их в таблицу $P(n) = \dots$.

1.6. Постройте график функции $P(n)$, учитывая п.1.4.

1.7. Запишите формулу интенсивности отказов $\lambda(n)$ при $k=3$, рассчитайте точки этой функции, сведите результаты в таблицу $\lambda(n)$ с указанием номеров точек и размерности.

1.8. Постройте график этой функции $\lambda(n)$ с указанием размерности осей координат.

2. Домашнее задание

2.1. Используя теоретическую формулу ФПРВ Вейбулла при $k=3$:

$$f(t) = 3\lambda_0 t^2 * e^{-\lambda_0 t^3},$$

определите значение наработки $t=t_0$, при которой $f(t)$ имеет максимум. Затем рассчитайте теоретическое максимальное значение $f(t_0)$ и сравните с данными п. 1.3 или 1.4 лабораторного задания.

2.2. Рассчитайте площадь под кривой $f(n)$ при двух соседних, не равных нулю значениях аргумента t_1 и t_2 . Эта площадь есть безусловная вероятность отказа ОН в выбранном интервале $q(t_1, t_2)$.

Разделите полученное значение на величину функции надежности при $t=t_1$ – в результате получите условную вероятность отказа ОН в выбранном интервале. Сравните полученное значение с теоретическим:

$$q_{\text{усл}}(t_1, t_2) = 1 - \frac{P(t_2)}{P(t_1)},$$

где $P(t_1)$ и $P(t_2)$ рассчитайте по формуле функции надежности.

2.3. Рассчитайте площадь под кривой $P(n)$, определив тем самым оценку средней наработки до отказа. Сравните полученную оценку с теоретическим значением, полученным в п.1.2 лабораторного задания.

2.4. Выбрав значение наработки $t(n)=T_0$, рассчитайте отношение $\lambda(n)/f(n)$ для этой наработки, используя таблицы или графики этих функций.

Сравните полученный результат с величиной, рассчитанной в виде $1/p(n)$ для указанной наработки.

2.5. Выбрав произвольное значение наработки $t(n)$, рассчитайте значение интенсивности отказов $\lambda(n) = \frac{f(n)}{P(n)} = 3\lambda_0 t(n)^2$, затем сравните его со значением в лабораторной части работы, сделайте вывод.

3. Методические указания

3.1. По лабораторному заданию

Данные по наработке рассчитайте с учетом п. 1.2 задания и рекомендаций, приведенных в лабораторной работе №1.

Последовательность пунктов задания определяет характер расчетов. В таблицах и графиках расчетов обязательно укажите размерность величин (час либо 1/час). Последовательность расчетов: функция ФПРВ Вейбулла при $k=3$, её график, функция надежности и её график, функция интенсивности отказов и график функции.

3.2. По домашнему заданию

Для расчета наработки, при которой ФПРВ Вейбулла ($k=3$) имеет максимум, нужно формулу ФПРВ, приведенную в задании, исследовать на экстремум. После этого находится максимальное значение ФПРВ, его следует сравнить с максимумом функции по графику п. 1.4 и сделать вывод.

В п. 2.2 для интервала наработки (t_1, t_2) определяется площадь под фигурой ФПРВ (как в лабораторной работе №1) – эта площадь есть доля единицы изделий, отказывающих в указанном интервале при условии, что к моменту t_1 отказов вообще не было. По теории вероятностей, это есть вероятность (т.е. доля единицы) попадания наработок до отказа (т.е. отказов) в интервал. Следовательно, это есть безусловная (отказов не было до начала интервала) вероятность отказа ОН в интервале (t_1, t_2) .

Далее приведена методика расчета условной вероятности отказов (т.е. до t_1 отказы были). Эти расчеты дают полную картину поведения ОН в интервале наработки.

Последующие пункты домашнего задания просты для расчета и понимания. Так, в п. 2.3 определяется средняя наработка до отказа, как в п. 2.3 лабораторной работы №1. Пункты 2.4 и 2.5 связаны интенсивностью отказов ОН, все расчеты выполняются по приведенным в задании формулам.

Литература

1. В.Г. Бабаев, В.Е. Емельянов. Показатели безотказности авиационного радиоэлектронного оборудования. М.: РИО МГТУ ГА, 1995.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Исследование характеристик безотказности невосстанавливаемых объектов надежности для распределения вероятностей Релея наработки до отказа

Варианты задания

№ вариантов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мода σ , час	4000	5000	2000	3000	2500	4500	5500	3500	1500	1000

1. Лабораторное задание

1.1. Задайте и запишите данные по наработке, например, $n:=0..20$, $t(n):=0..500$, час, учитывая диапазон $0..(2..2,5)\sigma$.

Запишите величину моды, например, $\sigma:=5000$ час.

1.2. Составьте таблицу данных по наработке $t(n)$ с указанием номеров точек и размерности.

1.3. Запишите формулу функции плотности распределения вероятностей (ФПРВ) Рэлея в виде:

$$f(n) := \varphi_1[t(n)],$$

Рассчитайте значения ФПРВ, сведя результаты в таблицу с указанием номеров точек функции и размерности функции.

1.4. Постройте график функции $f(n)$, используя сетку вспомогательных линий, укажите размерности величин по осям графика.

1.5. Запишите формулу функции надежности в виде:

$$p(n) := \varphi_2[t(n)],$$

Рассчитайте значения функции, сведя результаты в таблицы с указанием номеров точек. Далее постройте график функции с использованием сетки линий на графике, укажите размерность величин по оси абсцисс.

1.6. Запишите формулу интенсивности отказов в виде:

$$\lambda(n) := \varphi_3[t(n)],$$

Рассчитайте значения этой функции, сведя результаты в таблицу с указанием номеров точек, укажите размерность функции. Далее постройте график интенсивности отказов (как и в п.1.4-1.5) с указанием размерностей по осям графика.

2. Домашнее задание

2.1. Рассчитайте максимальное значение ФПРВ $f(n)$ макс: напишите эту формулу ФПРВ, подставьте величины в системе СИ, напишите результат с размерностью. Сопоставьте рассчитанную величину с полученной в лабораторном задании, сделайте вывод.

2.2. Рассчитайте величину средней наработки до отказа T_0 по площади под кривой $p(n) = \varphi_2[t(n)]$. Сравните полученный результат с расчетным по формуле $T_0 = 1,2235\sigma$, сделайте вывод.

2.3. Выбрав два соседних значения наработки t_1 , час и t_2 , час, рассчитайте количество отказов в интервале $(0, t_1)$:

$$\Delta n_1 \cong N[1 - p(t_1)]$$

и в интервале $(0, t_2)$:

$$\Delta n_2 \cong N[1 - p(t_2)],$$

где $P(t_1)$ и $P(t_2)$ берутся из лабораторного задания и отмечаются их величины, $N=10^4$.

Определите количество отказов в интервале (t_1, t_2) $\Delta n(t_1, t_2)$ как разность двух полученных величин.

2.4. Определите количество отказов во взятом интервале через функцию ФПРВ:

$$f_{\text{ср}}(t) \cong \frac{\Delta n(t_1, t_2)}{N * \Delta t}$$

где $N=10^4$, $\Delta t_2=t_2-t_1$, среднее значение ФПРВ- полусумма значений при t_1 и t_2 .

2.5. Определите количество отказов в интервале (t_1, t_2) через функцию интенсивности отказов

$$\lambda_{\text{ср}}(t) \cong \frac{\Delta n(t_1, t_2)}{[N - n(t_1)] * \Delta t}$$

Здесь $n(t_1)$ определено в п. 2.3.

Сравните полученные результаты по величинам $\Delta n(t_1, t_2)$ в п. 2.3-2.5, сделайте вывод.

3. Методические указания

3.1. По лабораторному заданию

В задании производится расчет и построение графиков функций для распределения Релея: ФПРВ, функции надежности и интенсивности отказов. Эти действия выполняются по правилам, которые использовались в лабораторных работах №1 и №2. Очевидно, что при подготовке к лабораторной работе следует изучить описание этих функций и ход их графиков по рекомендованной литературе. Распределение Релея есть частный случай распределения Вейбулла, поэтому полученные в работе №3 результаты полезно сравнить с результатами работы №2.

3.2. По домашнему заданию

Максимальное значение ФПРВ находится для аргумента функции, равного моде. Средняя наработка до отказа определяется по площади под кривой функции надежности, как в лабораторных работах №1 и №2.

Количество отказов в интервалах $(0, t_1)$ и $(0, t_2)$ определяется с использованием полученных в лабораторном задании значений соответствующих функций надежности.

Для расчетов количества отказов ОН в интервале (t_1, t_2) , выбранном ранее, используются среднее значение ФПРВ и интенсивности отказов – как полусумма значений для t_1 и для t_2 .

Литература

1. В.Г. Бабаев, В.Е. Емельянов. Показатели безотказности авиационного радиоэлектронного оборудования. М.: РИО МГТУ ГА, 1995.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Исследование характеристик надежности восстанавливаемых нерезервированных объектов надежности.

Варианты задания параметров распределения (назначаются преподавателем)

№ Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda \cdot 10^{-3}, 1/\text{час}$	0,18	0,25	0,6	0,4	0,5	0,75	0,8	0,2	0,45	0,55
$\mu, 1/\text{час}$	0,35	0,1	0,15	0,25	0,2	0,4	0,18	0,45	0,16	0,18

1. Лабораторное задание.

1.1. Формула Пуассона:

в соответствии с заданием введите значение интенсивности отказов с указанием размерности: $\lambda := \dots 1/\text{час}$

1) Задайте данные по наработке, например:

$n := 0..20, t(n) := n \cdot 250 \text{ час}$

2) Запишите формулу Пуассона (см. [1, стр. 93]):

$$P_k(n) := \frac{[\lambda \cdot t(n)]^k}{k!} e^{-\lambda \cdot t(n)}$$

для $k=1$ $P_1 =$ и $k=2$ $P_2 =$ (k – число отказов в интервале наработки)

3) Рассчитайте данные по наработке $t(n) =$ и значения функций $P_1(n) =$ и $P_2(n) =$, сведите результаты в соответствующие таблицы.

4) постройте графики функций $P_1(n) =$ и $P_2(n) =$ в общей системе координат.

1.2. Функция среднего числа отказов:

в соответствии с заданием введите значения интенсивностей отказов и восстановлений с указанием размерности: $\lambda := \dots 1/\text{час}$, $\mu := \dots 1/\text{час}$.

1) задайте данные по наработке, например:

$n := 0..20, t(n) := n \cdot 250 \text{ час}$.

2) Запишите формулу функции среднего числа отказов $H(n)$, используя материал п.3, стр.33 учебного пособия [2], рассчитайте значения функции, сведя их в таблицу $H(n)$, постройте график этой функции по осям $H(n)$ и $t(n)$.

1.3 Функция параметра потока отказов (ППО).

1) Задайте данные по наработке, например:

$$n:=0..100, t(n):=n \cdot 1 \text{ час.}$$

2) Запишите формулу ППО $\omega(n) :=$, используя формулу (4.21) пособия [2, стр.33], рассчитайте значения функции ППО, сведите их в таблицу с указанием размерности ППО.

3) Постройте график функции ППО по осям $\omega(n)$ и $t(n)$

1.4. Функция готовности

1) Задайте данные по наработке, как в п. 1.3, введите значения интенсивностей, как в п.. 1.2.

2) Запишите формулу функции (коэффициента) готовности $K_r(n)$, используя формулу (4.22) пособия [2, стр.34], рассчитайте значения функции, сведите их в таблицу $K_r(n)$, приведите таблицу $t(n)$.

3) Постройте график функции готовности по осям $K_r(n)$ и $t(n)$, час.

1.5. Функция оперативной готовности

1) задайтесь значением интервала наработки $\tau :=$, час в пределах 200...500 час.

2) запишите формулу функции в виде:

$$K_{ог}(n) := K_r(n) \cdot e^{-\lambda \cdot \tau}$$

3) Рассчитайте значения функции, сведите их в таблицу $K_{ог}(n)$, приведите таблицу $t(n)$, постройте график функции в осях $K_{ог}(n)$ и $t(n)$ с указанием размерности.

2. Домашнее задание

2.1. По формуле Пуассона:

1) Рассчитайте максимум функций $P_1(n)$ и $P_2(n)$, используя формулы этих функций и учитывая, что функция имеет максимум при наработке $t = k/\lambda$.

Запишите полученные результаты и результаты, соответствующие графикам п..1.1. Сделайте вывод.

2) Рассчитайте наработку, при которой $P_1(n) = P_2(n)$, для чего соедините знаком равенства формулы этих функций (см. формулы п..1.1). Сравните полученный результат с данными графиков п..1.1.

2.2. По функции среднего числа отказов:

По графику этой функции рассчитайте тангенс угла наклона графика и сравните результат с заданным значением интенсивности отказов. Сделайте вывод.

2.3. По функции параметра потока отказов (ППО):

Рассчитайте стационарное значение ППО $\omega(n)_{ст}$ при $t(n) \rightarrow \infty$ и сравните с величиной по графику $\omega(n)$. Сделайте вывод.

2.4. По функции готовности:

Рассчитайте стационарное значение функции готовности $K_{гст}$ и сравните с величиной по графику $K_г(n)$. Сделайте вывод.

2.5. По функции оперативной готовности:

Рассчитайте стационарное значение этой функции $K_{огст}$ и сравните с величиной по графику $K_{ог}(n)$. Сделайте вывод.

3. Методические указания

3.1. По лабораторному заданию.

Для расчетов по формуле Пуассона используйте рекомендуемые данные по наработке. Расчет вероятности ровно k отказов проводится для двух значений k . Обратите внимание, что графики обеих функций следует построить в общей системе координат.

Расчеты по функции среднего числа отказов проводятся по тем же данным по наработке.

При расчете функции параметра потока отказов (ППО) следует выбрать иные данные по наработке, они указаны в задании. Это связано с тем, что ППО достигает стационарного значения за наработку 10...20 час (при данных лабораторного задания).

В расчетах функции готовности и оперативной готовности используйте данные по наработке, как в п. 1.3, и рекомендацию по интервалу наработки п. 1.5.

3.2. По домашнему заданию

Расчеты максимумов функций делаем с учетом указанных для максимумов значений наработки (см.п.2.1 домашнего задания). В задании приведены рекомендации по определению равенства функций вероятности ровно одного и ровно двух отказов.

Учитывая, что среднее число отказов практически равно произведению интенсивности отказов на значение наработки, нетрудно понять смысл п. 2.2 задания.

Расчет стационарного значения ППО и функции готовности проводим по соответствующим формулам лабораторного задания при значении наработки, стремящемся к бесконечности.

В расчете стационарного значения функции оперативной готовности используйте формулу п. 1.5 домашнего задания, в которую подставьте ранее найденное значение стационарного коэффициента готовности.

Литература:

1. Бабаев В.Г., Емельянов В.Е. Показатели безотказности авиационного РЭО. М.: РИО МГТУ ГА, 1995.
2. Бабаев В.Г. Комплексные показатели надежности и резервирования авиационного РЭО. М.: РИО МГТУ ГА, 1997.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Исследование характеристик надежности резервированных невосстанавливаемых систем (объектов надёжности)

Варианты задания (назначаются преподавателем)

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda \cdot 10^{-4}, 1/\text{час}$	1	0,5	0,75	0,65	2	1,5	0,5	1,8	1,5	0,75
k	5	4	3	5	3	4	3	4	5	4

В таблице: k – число элементов (частей) изделия, λ – интенсивность отказов одного элемента (элементы равнонадежны).

1. Лабораторное задание

1.1. Система без резервирования:

- 1) В соответствии с заданием введите данные :

$$\lambda := \quad , 1/\text{час}; \quad k := \quad .$$

2) Задайте данные по наработке, например: $n:=0\dots 20$, $t(n)=n \cdot 500$ час. Диапазон наработки $0\dots(10\dots 15)$ тыс. час. Сведите в таблицу данные по наработке $t(n)=$ с указанием номеров точек диапазона.

- 3) Запишите формулу функции надежности (в.б.о.р.):

$$P_1(n) := e^{-k \cdot \lambda \cdot t(n)},$$

рассчитайте значения функции надежности, сведя их в таблицу $P_1(n) =$

- 4) Постройте график функции с указанием размерности по осям.
5) Рассчитайте величину средней наработки до отказа по формуле:

$$T_{01} := \frac{1}{k \cdot \lambda}, \quad \text{час}$$

1.2. Общее постоянное резервирование без восстановления:

1) Запишите формулу функции надежности в случае дублирования изделий системы:

$$P_2(n) := 1 - [1 - e^{-k \cdot \lambda \cdot t(n)}]^2,$$

рассчитайте значения функции, сведя их в таблицу $P_2(n) =$

- 2) Постройте график функции с указанием размерности по осям.
- 3) Рассчитайте среднюю наработку до отказа по формуле:

$$T_{02} := \frac{1,5}{k \cdot \lambda}$$

1.3. Раздельное постоянное резервирование без восстановления.

- 1) Запишите формулу функции надежности в случае дублирования элементов изделий системы:

$$P_3(n) := \left[1 - (1 - e^{-\lambda \cdot t(n)})^2 \right]^k,$$

рассчитайте значения функции, сведя их в таблицу $P_3(n) =$

- 2) Постройте график функции с указанием размерности по осям.
- 3) Запишите формулу средней наработки до отказа:

$$T_{03} := \int_0^{\infty} \left[1 - (1 - e^{-\lambda \cdot t(n)})^2 \right]^k dt,$$

рассчитайте величину $T_{03} =$

1.4. Общее ненагруженное резервирование замещением (без восстановления)

- 1) Запишите формулу функции надежности в случае дублирования изделий системы:

$$P_4(n) := e^{-k \cdot \lambda \cdot t(n)} \cdot [1 + k \cdot \lambda \cdot t(n)],$$

рассчитайте значение функции, сведя их в таблицу $P_4(n) =$

- 2) Постройте график функции с указанием размерности по осям.
- 3) Запишите формулу средней наработки до отказа:

$$T_{04} := \int_0^{\infty} [e^{-k \cdot \lambda \cdot t(n)} \cdot (1 + k \cdot \lambda \cdot t(n))] dt,$$

найдите величину $T_{04} =$

1.5. Раздельное ненагруженное резервирование замещением (без восстановления)

1) Запишите формулу функции надежности в случае дублирования элементов изделий системы:

$$P_5(n) := e^{-k \cdot \lambda \cdot t(n)} \cdot [1 + \lambda \cdot t(n)]^k,$$

рассчитайте значения функции, сведя их в таблицу $P_5(n) =$

2) Постройте график функции с указанием размерности по осям.

3) Запишите формулу средней наработки до отказа:

$$T_{05} := \int_0^{\infty} [e^{-k \cdot \lambda \cdot t(n)} \cdot (1 + \lambda \cdot t(n))^k] dt,$$

рассчитайте величину $T_{05} =$

2. Домашнее задание

2.1. Выберите значение наработки $t(n)_1$, меньшее средней наработки до отказа T_{01} . По графикам функций надежности рассчитайте для них отношения, определяющие выигрыш применения резервирования:

$$\frac{P_2(t(n)_1)}{P_1(t(n)_1)} = Z_1, \quad \frac{P_3(t(n)_1)}{P_1(t(n)_1)} = Z_2, \quad \text{аналогично } Z_3 \text{ и } Z_4. \text{ Сделайте вывод.}$$

Примечание: в расчетах Z_1, \dots, Z_4 укажите числа в числителе и знаменателе.

2.2. Рассчитайте выигрыш применения резервирования по средней наработке до отказа

$$\frac{T_{02}}{T_{01}} = \quad , \quad \frac{T_{03}}{T_{01}} = \quad , \quad \frac{T_{04}}{T_{01}} = \quad , \quad \frac{T_{05}}{T_{01}} =$$

2.3. Выберите значение наработки $t(n)_2$, большее T_{01} . Аналогично п. 2.1 рассчитайте для нее выигрыш применения резервирования Z_1, \dots, Z_4 . Сделайте вывод.

3. Методические указания

3.1. По лабораторному заданию

В задании принято, что кратность резервирования $k=1/1$, т.е. используется дублирование: основное изделие и одно резервное. При этом оба изделия идентичны, состоят из k элементов (частей), все элементы имеют одинаковую интенсивность отказов, т.е. равнонадежны.

Данные по наработке рекомендуются в п. 1.1 «Система без резервирования». Расчеты по этому пункту задания не вызывают затруднений.

В задании приведены необходимые для расчетов формулы в случаях общего постоянного резервирования без восстановления отказавших изделий, отдельного постоянного резервирования без восстановления, общего ненагруженного резервирования замещением и отдельного ненагруженного резервирования замещением (оба без восстановления).

Результаты задания: таблицы данных и графики функций (с указанием размерности), величины средних наработок до отказа.

3.2. По домашнему заданию.

Основная цель домашнего задания – изучение теории указанных выше типов резервирования – от терминов и определений, постановки задачи до получения соответствующих математических формул.

Расчеты по сравнению эффективности резервирования (п. 2.1 – 2.3) очевидны. Они позволяют определить рейтинг типов (видов) резервирования без восстановления.

Литература

1. В.Г. Бабаев. Комплексные показатели надежности и резервирование авиационного РЭО. М.: РИО МГТУГА, 1997г.

Содержание

1.	Введение.....	3
2.	Порядок выполнения лабораторных работ	3
3.	Лабораторная работа №1 Исследование характеристик безотказности невосстанавливаемых объектов при усеченном нормальном распределении вероятностей наработки до отказа	5
4.	Лабораторная работа №2 Исследование характеристик безотказности невосстанавливаемых объектов надежности для распределения вероятностей Вейбулла наработки до отказа»	9
5.	Лабораторная работа №3 Исследование характеристик безотказности невосстанавливаемых объектов надежности для распределения вероятностей Релея наработки до отказа.....	13
6.	Лабораторная работа № 4 Исследование характеристик надежности восстанавливаемых нерезервированных объектов надежности	16
7.	Лабораторная работа №5 Исследование характеристик надежности резервированных невосстанавливаемых систем	21