

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Д.В. Озеркин

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И НАДЕЖНОСТИ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Методические указания по практическим занятиям
для студентов направления подготовки
11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Томск
2022

УДК 621.3.019.3

ББК 381я73-5

О-46

Рецензент:

Кривин Н. Н., и.о. заведующего кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры, канд. техн. наук

Озеркин, Денис Витальевич

О-46 Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронных средств : Методические указания по практическим занятиям для студентов направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» / Д. В. Озеркин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 31 с.

В результате изучения дисциплины «Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронных средств» студент должен уметь проводить элементарные инженерные расчеты, необходимые в дальнейшем для осуществления технического контроля и управления качеством изделий, продукции и услуг; анализировать результаты моделирования и теоретических расчётов с целью принятия мер по практическому повышению надёжности радиоэлектронных средств с учётом взаимосвязанных внешних и внутренних электрических, механических и тепловых воздействий

Методические указания предназначены для бакалавров направлений подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств».

Одобрено на заседании кафедры РЭТЭМ протокол № 78 от 16.02.2022.

УДК 621.3.019.3

ББК 381я73-5

© Озеркин Д. В., 2022

© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Цель практических занятий и особенности их проведения.....	4
2 Содержание занятий	5
3 Индивидуальные домашние задания	9
4 Справочные материалы	28
Список литературы	31

1 Цель практических занятий и особенности их проведения

Практические занятия направлены на закрепление и расширение знаний, полученных на лекциях и при изучении рекомендованной литературы согласно рабочей программе дисциплины.

Предусмотрены практические занятия с решением задач.

В ходе практических занятий проводится оценивание знаний и умений студентов по итогам решения задач и контрольной работы.

Практические занятия проводятся в увязке с рассмотрением соответствующих вопросов на лекциях.

2 Содержание занятий

Занятие 1 (2 ч, самостоятельная работа 1 ч)

Тема занятия: Расчёт показателей надёжности невосстанавливаемых изделий.

Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать на основе его познаний по материалам первых двух лекций по разделам:

Невосстанавливаемые необслуживаемые и неремонтируемые объекты. Общие сведения о показателях надёжности для невосстанавливаемых изделий. Вероятность безотказной работы, функция распределения наработки до отказа - вероятность отказа, средняя наработка до отказа, гамма - процентная наработка до отказа.

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

План занятия:

- вступительное слово преподавателя, пояснения по рейтинговой системе, постановка задачи семинарского занятия - 10 мин;
- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 25 мин;
- практические занятия с решением задач; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 35 мин;
- подведение итогов преподавателем – 10 мин;
- пояснения к следующему занятию - 10 мин.

Занятие 2 (2 ч, самостоятельная работа 1 ч)

Тема занятия: Расчёт показателей надёжности невосстанавливаемых изделий (продолжение).

Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать на основе его познаний по материалам второй и третьей лекций по разделам: функция распределения наработки до отказа, плотность распределения наработки до отказа; частота отказов, интенсивность отказов.

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 25 мин;
- практические занятия с решением задач из [3, 6]; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 45 мин;
- подведение итогов преподавателем - 10 мин;
- пояснения к следующему занятию - 10 мин.

Занятия 3 и 4 (4 ч, самостоятельная работа 2 ч)

Тема занятия: Расчёт показателей надёжности восстанавливаемых изделий и комплексных показателей безотказности.

Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать на основе его познаний по материалам пятой и шестой лекций по разделам: показатели безотказности восстанавливаемых изделий: средняя наработка на отказ, параметр потока отказов и осреднённый параметр потока отказов. Комплексные показатели безотказности восстанавливаемых изделий: коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования, коэффициент сохранения эффективности.

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 25 мин;
- практические занятия с решением задач; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 45 мин;
- подведение итогов преподавателем - 10 мин;
- пояснения к следующему занятию - 10 мин.

Занятие 5 (2 ч, самостоятельная работа 1 ч)

Тема занятия: Ориентировочный расчёт надёжности изделий.

Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать на основе его познаний по материалам седьмой и восьмой лекций по разделам: выбор номенклатуры показателей надёжности и задание требований по надёжности. Нормирование значений величин вероятности безотказной работы и интенсивности отказов. Ориентировочный расчёт надёжности.

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 25 мин;
- практические занятия с решением задач; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 45 мин;
- подведение итогов преподавателем - 10 мин;
- пояснения к следующему занятию - 10 мин.

2.5 Занятия 6 и 7 (4 ч, самостоятельная работа 2 ч)

Тема занятия: Окончательный расчёт надёжности невосстанавливаемых изделий.

Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать на основе его познаний по материалам восьмой и девятой лекций по разделам: коэффициент нагрузки ЭРЭ: электровакуумных и полупроводниковых приборов, интегральных микросхем, резисторов, конденсаторов, трансформаторов, дросселей, катушек индуктивностей, реле, разъемов и т.п. Определение интенсивностей отказов элементов РЭО в зависимости от условий работы. Окончательный расчёт надёжности невосстанавливаемых объектов с учётом режимов работы элементов. Окончательный расчёт надёжности восстанавливаемых объектов с учётом режимов работы

элементов. Разработка требований к надёжности составных частей объекта, исходя из заданной надёжности на объект.

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 25 мин;
- практические занятия с решением задач; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 45 мин;
- подведение итогов преподавателем - 10 мин;
- пояснения к следующему занятию - 10 мин.

2.6 Занятие 8 (2 ч, самостоятельная работа 1 ч)

Тема занятия: Расчет надёжности резервированных РЭС.

Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать на основе его познаний по материалам десятой и одиннадцатой лекций по разделам: методы расчёта надёжности резервированных систем. Расчёт общего резервирования с постоянно включенным резервом и с целой кратностью m при отсутствии последствия. Расчёт отдельного резервирования с постоянно включенным резервом и с целой кратностью при отсутствии последствия.

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 15 мин;
- практические занятия с решением задач; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 35 мин;
- подведение контрольной работы - 30 мин;
- подведение итогов и пояснения к следующему занятию - 10 мин.

2.7 Занятие 9 (2 ч, самостоятельная работа 1 ч)

Тема занятия: Расчет надёжности при выборочных испытаниях.

Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать на основе его познаний по материалам седьмой и восьмой лекций по разделам: виды и планы испытаний на надёжность при проектировании, производстве и эксплуатации изделий. Контрольные выборочные испытания на надёжность по методу однократной выборки. Контрольные выборочные последовательные испытания на надёжность.

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 25 мин;

- практические занятия с решением задач; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 45 мин;
- подведение итогов преподавателем - 10 мин;
- пояснения к следующему занятию - 10 мин.

3 Индивидуальные домашние задания

Индивидуальное задание №1

Вариант №1. На испытание поставлено 1000 однотипных электронных ламп. За первые 3000 часов отказало 80 ламп. За интервал времени 3000 – 4000 часов отказало еще 50 ламп. Найти вероятность безотказной работы и вероятность отказа электронных ламп за время 4000 часов.

Вариант №2. На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4000 часов отказало 50 изделий. За интервал времени 4000 – 4100 часов отказало еще 20 изделий. Требуется определить частоту и интенсивность отказов изделий в промежутке времени 4000 – 4100 часов.

Вариант №3. На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4000 часов отказало 50 изделий. За интервал времени 4000 – 4100 часов отказало еще 20 изделий. Определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа изделий за первые 4000 часов.

Вариант №4. На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4000 часов отказало 50 изделий. За интервал времени 4000 – 4100 часов отказало еще 20 изделий. Определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа изделий за время 4100 часов.

Вариант №5. В течение 1000 часов из 10 гироскопов отказало 2 гироскопа. За интервал времени 1000 – 1100 часов отказал еще один гироскоп. Требуется найти частоту и интенсивность отказов гироскопов в промежутке времени 1000 – 1100 часов.

Вариант №6. На испытание поставлено 400 резисторов. За время наработки 10000 часов отказало 4 резистора. За последующие 1000 часов отказал еще 1 резистор. Определить частоту и интенсивность отказов резисторов в промежутке времени 10000 – 11000 часов.

Вариант №7. На испытание поставлено 400 резисторов. За время наработки 10000 часов отказало 4 резистора. За последующие 1000 часов отказал еще 1 резистор. Найти вероятность безотказной работы и вероятность отказа резисторов за время 10000 часов.

Вариант №8. На испытание поставлено 100 изделий. За время 8000 часов вышло из строя 50 штук изделий. За последующий интервал времени 100 часов вышло из строя 10 изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время 8000 часов и 8100 часов, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале 8000 – 8100 часов.

Вариант №9. На испытание поставлено 10 изделий. За время 1000 часов вышло из строя 3 штуки изделий. За последующий интервал времени 100 часов вышло из строя 2 изделия. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время 1000 часов и 1100 часов, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале 1000 – 1100 часов.

Вариант №10. На испытание поставлено 1000 изделий. За время 0 часов вышло из строя 0 штук изделий. За последующий интервал времени 1000 часов вышло из строя 20 изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время 0 часов и 1000 часов, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале 0 – 1000 часов.

Вариант №11. На испытание поставлено 45 изделий. За время 75 часов вышло из строя 44 штуки изделий. За последующий интервал времени 5 часов вышло из строя 1 изделие. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время 75 часов и 80 часов, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале 75 – 80 часов.

Вариант №12. На испытание поставлено 1000 изделий. За время 5000 часов вышло из строя 160 штук изделий. За последующий интервал времени 1000 часов вышло из строя 50 изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время 5000 часов и 6000 часов, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале 5000 – 6000 часов.

Вариант №13. На испытание поставлено 1000 изделий. За время 25000 часов вышло из строя 980 штук изделий. За последующий интервал времени 1000 часов вышло из строя 20 изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время 25000 часов и 26000 часов, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале 25000 – 26000 часов.

Вариант №14. На испытание поставлено 45 изделий. За время 60 часов вышло из строя 44 штук изделий. За последующий интервал времени 10 часов вышло из строя 1 изделие. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время 60 часов и 70 часов, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале 60 – 70 часов.

Вариант № 15. На испытание поставлено 10 изделий. За время 3000 часов вышло из строя 4 штуки изделий. За последующий интервал времени 25 часов вышло из строя 2 изделия. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время 3000 часов и 3025 часов, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале 3000 – 3025 часов.

Индивидуальное задание №2

Вариант №1. На испытании находилось 1000 однотипных ламп. Число отказавших ламп учитывалось через каждые 1000 часов работы. Данные об отказах ламп сведены в таблице. Требуется определить вероятность безотказной работы, частоту отказов и интенсивности отказов в функции времени, построить графики этих функций. Необходимо также найти среднюю наработку до первого отказа.

Δt_i , час	$n(\Delta t_i)$
0-1000	20
1000-2000	25
2000-3000	35
3000-4000	50
4000-5000	30
5000-6000	50
6000-7000	40
7000-8000	40
8000-9000	50
9000-10000	30
10000-11000	40
11000-12000	40
12000-13000	50
13000-14000	40
14000-15000	50
15000-16000	40
16000-17000	50
17000-18000	40
18000-19000	50
19000-20000	35
20000-21000	35
21000-22000	50
22000-23000	35
23000-24000	25
24000-25000	30
25000-26000	20

Вариант №2. В результате наблюдения за 45 образцами радиоэлектронного оборудования получены данные до первого отказа всех 45 образцов, сведенных в таблицу. Требуется определить вероятность безотказной работы, частоту отказов и интенсивность отказов в функции времени, построить графики этих функций, а также найти среднюю наработку до первого отказа T_{CP} .

Δt_i , час	$n(\Delta t_i)$
0-5	1
5-10	5
10-15	8
15-20	2
20-25	5
25-30	6
30-35	4
35-40	3
40-45	0
45-50	1
50-55	0
55-60	0
60-65	3
65-70	3
70-75	3
75-80	1

Вариант №3. В результате наблюдения за 45 образцами радиоэлектронного оборудования, которые прошли предварительную 80-часовую приработку, получены данные до первого отказа всех 45 образцов, сведенные в таблицу. Необходимо найти вероятность безотказной работы, частоту отказов и интенсивность отказов в функции времени, построить графики этих функций, а также найти среднюю наработку до первого отказа.

Δt_i , час	$n(\Delta t_i)$
0-10	19
10-20	13
20-30	8
30-40	3
40-50	0
50-60	1
60-70	1

Вариант №4. На испытание поставлено 1000 элементов. Число отказов фиксировалось в каждом интервале времени испытаний, равном 500 часам. Данные об отказах сведены в таблицу. Требуется определить вероятность безотказной работы, частоту отказов и интенсивность отказов в функции времени, построить графики этих функций и найти среднюю наработку до первого отказа элементов.

Δt_i , час	$n(\Delta t_i)$
0-500	145
500-1000	86
1000-1500	77
1500-2000	69
2000-2500	62
2500-3000	56
3000-3500	51
3500-4000	45
4000-4500	41
4500-5000	37
5000-5500	33
5500-6000	35
6000-6500	60
6500-7000	75
7000-7500	62
7500-8000	42
8000-8500	16

Вариант №5. Имеются статистические данные об отказах трех групп одинаковых изделий, приведенные в таблице. В каждой группе было по 100 изделий и их испытания проводились по I группе 550 часов, по II группе 400 часов и по III группе 200 часов. Необходимо вычислить количественные характеристики вероятности безотказной работы, частоты отказов, интенсивности отказов и построить графики этих функций.

Δt_i , час	I группа $n(\Delta t_i)$	II группа $n(\Delta t_i)$	III группа $n(\Delta t_i)$	$\Sigma n(\Delta t_i)$
0-25	4	6	5	15
25-50	8	9	8	25
50-75	6	5	7	18
75-100	3	4	5	12
100-150	5	5	6	16
150-200	4	3	3	10
200-250	1	3	---	4
250-300	2	2	---	4
300-400	3	4	---	7
400-500	5	---	---	5

Вариант №6. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 15 отказов. До начала наблюдения изделие проработало 350 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 1280 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант №7. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 3 отказа. До начала наблюдения

изделие проработало 400 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 1600 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант №8. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 9 отказов. До начала наблюдения изделие проработало 1000 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 6400 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант №9. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 7 отказов. До начала наблюдения изделие проработало 770 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 4800 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант № 10. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 2 отказа. До начала наблюдения изделие проработало 1200 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 5558 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант №11. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 12 отказов. До начала наблюдения изделие проработало 300 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 540 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант №12. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 5 отказов. До начала наблюдения изделие проработало 540 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 1200 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант №13. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 8 отказов. До начала наблюдения изделие проработало 300 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 3200 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант №14. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 16 отказов. До начала наблюдения изделие проработало 12 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 184 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Вариант № 15. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за восстанавливаемым изделием, и было зафиксировано 27 отказов. До начала наблюдения изделие проработало 570 часов, общее время наработки к концу наблюдения составило 2000 часов. Требуется найти наработку на отказ.

Индивидуальное задание №3

Вариант №1. В течение некоторого времени проводилось наблюдение за работой 3 экземпляров восстанавливаемых изделий. Первый образец проработал 300 часов и имел 1 отказ. Второй образец проработал 600 часов и имел 3 отказа. Третий образец проработал 400 часов и имел 2 отказа. Требуется определить наработку на отказ по данным наблюдения за работой всех изделий.

Вариант №2. В течение некоторого времени проводилось наблюдение за работой 5 экземпляров восстанавливаемых изделий. Первый образец проработал 90 часов и имел 3 отказа. Второй образец проработал 270 часов и имел 6 отказов. Третий образец проработал 140 часов и имел 4 отказа. Четвертый образец проработал 230 часов и имел 5 отказов. Пятый образец проработал 180 часов и имел 3 отказа. Требуется определить наработку на отказ по данным наблюдения за работой всех изделий.

Вариант №3. В течение некоторого времени проводилось наблюдение за работой 4 экземпляров восстанавливаемых изделий. Первый образец проработал 960 часов и имел 12 отказов. Второй образец проработал 1112 часов и имел 15 отказов. Третий образец

отказ. Второй образец проработал 600 часов и имел 3 отказа. Третий образец проработал 2300 часов и имел 6 отказов. Четвертый образец проработал 2450 часов и имел 7 отказов. Пятый образец проработал 1200 часов и имел 5 отказов. Шестой образец проработал 540 часов и имел 2 отказа. Седьмой образец проработал 770 часов и имел 4 отказа. Требуется определить наработку на отказ по данным наблюдения за работой всех изделий.

Вариант №13. В течение некоторого времени проводилось наблюдение за работой 7 экземпляров восстанавливаемых изделий. Первый образец проработал 1500 часа и имел 5 отказов. Второй образец проработал 1920 часов и имел 8 отказов. Третий образец проработал 180 часов и имел 3 отказа. Четвертый образец проработал 680 часов и имел 4 отказа. Пятый образец проработал 1290 часов и имел 3 отказа. Шестой образец проработал 2200 часов и имел 2 отказа. Седьмой образец проработал 1500 часов и имел 10 отказов. Требуется определить наработку на отказ по данным наблюдения за работой всех изделий.

Вариант №14. В течение некоторого времени проводилось наблюдение за работой 3 экземпляров восстанавливаемых изделий. Первый образец проработал 1650 часов и имел 3 отказа. Второй образец проработал 1200 часов и имел 2 отказа. Третий образец проработал 2300 часов и имел 4 отказа. Требуется определить наработку на отказ по данным наблюдения за работой всех изделий.

Вариант № 15. В течение некоторого времени проводилось наблюдение за работой 7 экземпляров восстанавливаемых изделий. Первый образец проработал 72 часа и имел 5 отказов. Второй образец проработал 60 часов и имел 4 отказа. Третий образец проработал 92 часа и имел 7 отказов. Четвертый образец проработал 96 часов и имел 8 отказов. Пятый образец проработал 50 часов и имел 4 отказа. Шестой образец проработал 42 часа и имел 3 отказа. Седьмой образец проработал 78 часов и имел 6 отказов. Требуется определить наработку на отказ по данным наблюдения за работой всех изделий.

Индивидуальное задание №4

Для решения некоторых задач требуются справочные данные:

- табулированные значения интеграла вероятности (интеграл Лапласа);
- табулированные значения гамма-функции.

Вариант №1. Интенсивность отказов изделия $\lambda = 0.82 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1} = \text{const}$. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение 6 часов полета самолета $P(6)$, частоту отказов $a(100)$ при $t = 100$ часов и среднюю наработку до первого отказа $T_{\text{ср}}$.

Вариант №2. Вероятность безотказной работы автоматической линии изготовления цилиндров автомобильного двигателя в течение 120 часов равна 0.9. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов линии для момента времени 120 часов.

Вариант №3. Средняя наработка до первого отказа автоматической системы управления равна 640 часов. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение 120 часов, частоту отказов для момента времени 120 часов и интенсивность отказов.

Вариант №4. Время работы изделия подчинено усеченному нормальному закону с параметрами $T_1 = 8000$ часов, $\sigma_1 = 1000$ часов. Требуется найти вероятность безотказной работы изделия в течение 8000 часов.

Вариант №5. Время работы изделия подчинено усеченному нормальному закону с параметрами $T_1 = 8000$ часов, $\sigma_1 = 1000$ часов. Требуется вычислить частоту отказов для $t = 6000$ часов, интенсивность отказов для $t = 10000$ часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №6. Время безотказной работы электровакуумного прибора подчинено закону Релея с параметром $\sigma = 1860$ часов. Требуется рассчитать вероятность безотказной работы электровакуумного прибора в течение времени $t = 1000$ часов, частоту отказа $a(1000)$, интенсивность отказов $\lambda(1000)$ и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №7. Вероятность безотказной работы изделия в течение $t = 1000$ часов $P(1000) = 0.95$. Время исправной работы подчинено закону Релея. Требуется определить количественные характеристики надежности $a(t)$, $\lambda(t)$, $T_{\text{ср}}$.

Вариант №8. Средняя наработка изделия до первого отказа равна 1260 часов. Время исправной работы подчинено закону Релея. Необходимо найти его количественные характеристики надежности (вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, частота отказов) для $t = 1000$ часов.

Вариант №9. Время исправной работы скоростных шарикоподшипников подчинено закону Вейбулла с параметрами $b = 2.6$, $\lambda = 1.65 \cdot 10^{-7}$ час⁻¹. Необходимо найти вероятность безотказной работы шарикоподшипника в течение 150 часов.

Вариант №10. Время исправной работы скоростных шарикоподшипников подчинено закону Вейбулла с параметрами $b = 2.6$, $\lambda_0 = 1.65 \cdot 10^{-7}$ час⁻¹. Необходимо вычислить частоту отказов и интенсивность отказов шарикоподшипников для $t = 150$ часов, а также среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №11. Вероятность безотказной работы гироскопа в течение $t = 150$ часов равна 0.9. Время исправной работы подчинено закону Вейбулла с параметром $b = 2.6$. Необходимо определить интенсивность отказов гироскопов для $t = 150$ часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №12. Известно, что параметр потока отказов аппаратуры выражается формулой $\omega(t) = 0.2 \cdot 10^{-3}(1 - \exp[-0.6 \cdot 10^{-3}t])$. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа аппаратуры.

Вариант №13. Коэффициент готовности сложного восстанавливаемого изделия $K_T = 0.9$. Среднее время его восстановления $t_B = 100$ часов. Требуется найти вероятность застать изделие в исправном состоянии в момент времени $t = 12$ часов.

Вариант №14. Интенсивность отказов сложной восстанавливаемой системы есть величина постоянная и равная 0.015 час⁻¹. Среднее время восстановления $t_B = 100$ часов. Необходимо вычислить вероятность застать систему в исправном состоянии в момент времени $t = 10$ часов.

Вариант №15. Частота отказов изделия $a(t) = k^2 t e^{-kt}$. Требуется определить параметр потока отказов $\omega(t)$.

Индивидуальное задание №5

Вариант №1.

Задача 1. Система состоит из 5 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 256, 540, 780, 250 и 900 часов, имел 6, 8, 10, 4 и 12 отказов, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Аппаратура связи состоит из 2000 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.33 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Необходимо определить вероятность безотказной работы аппаратуры в течение 200 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №2.

Задача 1. Система состоит из 3 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 2000, 1860 и 2160 часов, имел 6, 4 и 3 отказа, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Невосстанавливаемая в процессе работы машина состоит из 200000 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.2 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹. Требуется определить вероятность безотказной работы электронной машины в течение 24 часов и среднюю наработку до первого отказа. Определить те же самые величины, при условии, что интенсивность отказов уменьшилась до $0.2 \cdot 10^{-7}$ час⁻¹.

Вариант №3.

Задача 1. Система состоит из 4 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 960, 1112, 808 и 1490 часов, имел 12, 15, 8 и 7 отказов, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Система управления состоит из 6000 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.16 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение 50 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №4.

Задача 1. Система состоит из 5 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 90, 270, 140, 230 и 180 часов, имел 3, 6, 4, 5 и 3 отказа, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Невосстанавливаемая в процессе работы радиоаппаратура состоит из 1000 элементов. Требуемое время непрерывной работы 200 часов. Определить вероятность безотказной работы и среднюю наработку до первого отказа, если интенсивность отказов $0.1 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹.

Вариант №5.

Задача 1. Система состоит из 5 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 600, 600, 200, 200 и 200 часов, имел 45, 2, 4, 6 и 2 отказа, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Невосстанавливаемый портативный радиоприбор состоит из 500 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.2 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Найти вероятность безотказной работы в течение 200 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №6.

Задача 1. Система состоит из 3 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 144, 125 и 80 часов, имел 6, 5 и 3 отказа, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Система состоит из 4000 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.25 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение 5, 10, 20, 30 и 50 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №7.

Задача 1. Система состоит из 4 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 720, 1040, 500 и 1800 часов, имел 3, 4, 2 и 6 отказов, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Невосстанавливаемая в процессе работы аппаратура состоит из 2000 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.05 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Время непрерывной работы аппаратуры 200 часов. Определить вероятность безотказной работы и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №8.

Задача 1. Система состоит из 3 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 1650, 150 и 176 часов, имел 3, 5 и 10

отказов, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Аппаратура состоит из 3000 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.5 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение 100 часов и среднюю наработку до первого отказа. Определить те же самые величины, если интенсивность отказов уменьшилась до $0.5 \cdot 10^{-7}$ час⁻¹.

Вариант №9.

Задача 1. Система состоит из 4 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 120, 120, 90 и 700 часов, имел 1, 2, 8 и 1 отказ, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Изделие состоит из 5200 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.16 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение 200 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №10.

Задача 1. Система состоит из 3 приборов, имеющих разную надежность. Известно, что каждый из приборов, проработав вне системы 4800, 5500 и 1200 часов, имел 9, 3 и 3 отказа, соответственно. Для каждого из приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти наработку на отказ всей системы.

Задача 2. Изделие состоит из 3600 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.2 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение 50 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №11.

Задача 1. Электронная аппаратура состоит из 5 групп элементов. В процессе эксплуатации зафиксировано 12 отказов. Количество отказов в 1-ой группе равно 1; среднее время восстановления элементов 1-ой группы равно 20 мин. Количество отказов в 2-ой группе равно 4; среднее время восстановления элементов 2-ой группы равно 30 мин. Количество отказов в 3-ой группе равно 3; среднее время восстановления элементов 3-ой группы равно 16 мин. Количество отказов в 4-ой группе равно 2; среднее время восстановления элементов 4-ой группы равно 36 мин. Количество отказов в 5-ой группе равно 2; среднее время восстановления элементов 5-ой группы равно 40 мин. Требуется вычислить среднее время восстановления аппаратуры.

Задача 2. Изделие состоит из 2500 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.35 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹. Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение 100 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №12.

Задача 1. Электронная аппаратура состоит из 5 групп элементов. В процессе эксплуатации зафиксировано 40 отказов. Количество отказов в 1-ой группе равно 5; среднее время восстановления элементов 1-ой группы равно 15 мин. Количество отказов в 2-ой группе равно 8; среднее время восстановления элементов 2-ой группы равно 25 мин. Количество отказов в 3-ой группе равно 12; среднее время восстановления элементов 3-ой группы равно 60 мин. Количество отказов в 4-ой группе равно 6; среднее время восстановления элементов 4-ой группы равно 40 мин. Количество отказов в 5-ой группе равно 9; среднее время восстановления элементов 5-ой группы равно 20 мин. Требуется вычислить среднее время восстановления аппаратуры.

Задача 2. Изделие состоит из 2500 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.5 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение 100 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №13.

Задача 1. Электронная аппаратура состоит из 4 групп элементов. В процессе эксплуатации зафиксировано 9 отказов. Количество отказов в 1-ой группе равно 2; среднее время восстановления элементов 1-ой группы равно 37 мин. Количество отказов в 2-ой группе равно 1; среднее время восстановления элементов 2-ой группы равно 480 мин. Количество отказов в 3-ой группе равно 2; среднее время восстановления элементов 3-ой группы равно 60 мин. Количество отказов в 4-ой группе равно 4; среднее время восстановления элементов 4-ой группы равно 25 мин. Требуется вычислить среднее время восстановления аппаратуры.

Задача 2. Изделие состоит из 1000 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.5 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение 100 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №14.

Задача 1. Электронная аппаратура состоит из 5 групп элементов. В процессе эксплуатации зафиксировано 18 отказов. Количество отказов в 1-ой группе равно 3; среднее время восстановления элементов 1-ой группы равно 72 мин. Количество отказов в 2-ой группе равно 5; среднее время восстановления элементов 2-ой группы равно 40 мин. Количество отказов в 3-ой группе равно 4; среднее время восстановления элементов 3-ой группы равно 36 мин. Количество отказов в 4-ой группе равно 2; среднее время восстановления элементов 4-ой группы равно 120 мин. Количество отказов в 5-ой группе равно 4; среднее время восстановления элементов 5-ой группы равно 60 мин. Требуется вычислить среднее время восстановления аппаратуры.

Задача 2. Изделие состоит из 750 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.5 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение 100 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вариант №15.

Задача 1. Электронная аппаратура состоит из 5 групп элементов. В процессе эксплуатации зафиксировано 68 отказов. Количество отказов в 1-ой группе равно 14; среднее время восстановления элементов 1-ой группы равно 18 мин. Количество отказов в 2-ой группе равно 8; среднее время восстановления элементов 2-ой группы равно 40 мин. Количество отказов в 3-ой группе равно 27; среднее время восстановления элементов 3-ой группы равно 20 мин. Количество отказов в 4-ой группе равно 6; среднее время восстановления элементов 4-ой группы равно 30 мин. Количество отказов в 5-ой группе равно 13; среднее время восстановления элементов 5-ой группы равно 15 мин. Требуется вычислить среднее время восстановления аппаратуры.

Задача 2. Изделие состоит из 500 элементов, средняя интенсивность отказов которых $0.5 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение 100 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Индивидуальное задание №6

Вариант №1.

Задача 1. Система состоит из 20 приборов. Надежность приборов характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.98$; $p_2(t) = 0.94$; $p_3(t) = 0.99$; $p_{4,5,6}(t) = 0.997$; $p_{7,8,9}(t) = 0.965$; $p_{10}(t) = 0.95$; $p_{11}(t) = 0.997$; $p_{12}(t) = 0.975$; $p_{13}(t) = 0.985$; $p_{14}(t) = 0.97$; $p_{15,16,17}(t) = 0.96$; $p_{18,19}(t) = 0.995$; $p_{20}(t) = 0.945$. Необходимо определить вероятность безотказной работы системы двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 3 групп приборов. Отказы приборов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda = 1 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, отказы приборов второй группы – нормальному закону с параметрами $T_1 = 7200$ ч и $\sigma = 2000$ ч,

отказы приборов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 0.1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ и $k = 1.5$. Требуется определить вероятность безотказной работы в течение времени 100 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.96$. Система состоит из 100 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №2.

Задача 1. Аппаратура состоит из 11 блоков. Надежность блоков характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_{1,2,3}(t) = 0.997$; $p_{4,5,6}(t) = 0.965$; $p_{7,8,9}(t) = 0.96$; $p_{10,11}(t) = 0.995$. Требуется найти вероятность безотказной работы аппаратуры двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 2 групп приборов. Отказы приборов первой группы подчинены нормальному закону с параметрами $T_1 = 6000$ ч и $\sigma = 4000$ ч, отказы приборов второй группы – закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 0.3 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ и $k = 1.5$. Требуется определить вероятность безотказной работы в течение времени 1000 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.97$. Система состоит из 200 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №3.

Задача 1. Прибор состоит из 5 узлов. Надежность узлов характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.98$; $p_2(t) = 0.99$; $p_3(t) = 0.998$; $p_4(t) = 0.975$; $p_5(t) = 0.985$. Необходимо определить вероятность безотказной работы прибора двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 2 групп приборов. Отказы приборов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda = 3.2 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, отказы приборов второй группы – закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 0.2 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ и $k = 1.3$. Требуется определить вероятность безотказной работы в течение времени 500 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.95$. Система состоит из 300 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №4.

Задача 1. Изделие включает четыре устройства, надежность которых характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , равной: $p_1(t) = 0.94$; $p_2(t) = 0.95$; $p_3(t) = 0.97$; $p_4(t) = 0.945$. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 2 групп приборов. Отказы приборов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda = 0.93 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, отказы приборов второй группы – нормальному закону с параметрами $T_1 = 8000$ ч и $\sigma = 3000$ ч. Требуется определить вероятность безотказной работы в течение времени 2000 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.98$. Система состоит из 1000 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №5.

Задача 1. Комплекс состоит из 3 систем. Надежность отдельных систем характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.78$; $p_2(t) = 0.93$; $p_3(t) = 0.82$. Определить вероятность безотказной работы комплекса. Какой способ решения этой задачи применим и почему?

Задача 2. Изделие состоит из 3 групп приборов. Отказы приборов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda = 0.6 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, отказы приборов второй группы – нормальному закону с параметрами $T_1 = 4000$ ч и $\sigma = 4000$ ч,

отказы приборов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 0.16 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ и $k = 1.4$. Требуется определить вероятность безотказной работы в течение времени 2400 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.99$. Система состоит из 120 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №6.

Задача 1. Изделие состоит из 3 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.97$; $p_2(t) = 0.98$; $p_3(t) = 0.99$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 3 групп приборов. Отказы первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda = 0.2 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$, отказы приборов второй группы – закону Релея с параметрами $\sigma = 1000$ ч и отказы приборов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 0.1 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ и $k = 1.5$. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение времени 500 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.95$. Система состоит из 50 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №7.

Задача 1. Изделие состоит из 5 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.9996$; $p_2(t) = 0.9998$; $p_3(t) = 0.9996$; $p_4(t) = 0.999$; $p_5(t) = 0.998$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 3 групп приборов. Отказы первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda = 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$, отказы приборов второй группы – закону Релея с параметрами $\sigma = 1200$ ч и отказы приборов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 0.03 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ и $k = 1.5$. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение времени 1000 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.97$. Система состоит из 100 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №8.

Задача 1. Изделие состоит из 6 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.998$; $p_2(t) = 0.98$; $p_3(t) = 0.975$; $p_4(t) = 0.96$; $p_5(t) = 0.95$; $p_6(t) = 0.94$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 2 групп приборов. Отказы первой группы подчинены закону Релея с параметрами $\sigma = 1000$ ч, отказы приборов второй группы – закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 1.6 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ и $k = 1.3$. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение времени 500 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.98$. Система состоит из 500 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №9.

Задача 1. Изделие состоит из 10 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.9999$; $p_2(t) = 0.9998$; $p_3(t) = 0.9996$; $p_4(t) = 0.9994$; $p_5(t) = 0.9992$; $p_6(t) = 0.999$; $p_7(t) = 0.998$; $p_8(t) = 0.996$; $p_9(t) = 0.994$; $p_{10}(t) = 0.992$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 2 групп приборов. Отказы первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda = 0.09 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$, отказы приборов второй группы – закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 1.3 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ и $k = 1.3$. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение времени 120 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.98$. Система состоит из 100 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №10.

Задача 1. Изделие состоит из 10 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.9998$; $p_2(t) = 0.9998$; $p_3(t) = 0.9998$; $p_4(t) = 0.996$; $p_5(t) = 0.996$; $p_6(t) = 0.996$; $p_7(t) = 0.998$; $p_8(t) = 0.998$; $p_9(t) = 0.998$; $p_{10}(t) = 0.994$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Изделие состоит из 2 групп приборов. Отказы первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов $\lambda = 0.06 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$, отказы приборов второй группы – закону Релея с параметрами $\sigma = 800 \text{ ч}$. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение времени 200 ч.

Задача 3. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0.96$. Система состоит из 50 равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Вариант №11.

Задача 1. Изделие состоит из 9 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.996$; $p_2(t) = 0.996$; $p_3(t) = 0.996$; $p_4(t) = 0.994$; $p_5(t) = 0.994$; $p_6(t) = 0.994$; $p_7(t) = 0.992$; $p_8(t) = 0.992$; $p_9(t) = 0.992$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Система состоит из пяти приборов, средняя наработка до первого отказа которых равна: $T_1 = 83 \text{ ч}$; $T_2 = 220 \text{ ч}$; $T_3 = 280 \text{ ч}$; $T_4 = 400 \text{ ч}$; $T_5 = 700 \text{ ч}$. Для приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы.

Задача 3. В изделии могут быть использованы только те элементы, средняя интенсивность отказов которых равна $\lambda_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Изделие имеет число элементов $N = 500$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы в конце первого часа.

Вариант №12.

Задача 1. Изделие состоит из 9 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.95$; $p_2(t) = 0.95$; $p_3(t) = 0.95$; $p_4(t) = 0.955$; $p_5(t) = 0.955$; $p_6(t) = 0.955$; $p_7(t) = 0.960$; $p_8(t) = 0.960$; $p_9(t) = 0.960$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Система состоит из двух блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1 = 200 \text{ ч}$; $T_2 = 40 \text{ ч}$. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо определить среднюю наработку системы до первого отказа.

Задача 3. В изделии могут быть использованы только те элементы, средняя интенсивность отказов которых равна $\lambda_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Изделие имеет число элементов $N = 2500$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы в конце первого часа.

Вариант №13.

Задача 1. Изделие состоит из 9 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t)$

$= 0.9999$; $p_2(t) = 0.9999$; $p_3(t) = 0.9999$; $p_4(t) = 0.9998$; $p_5(t) = 0.9998$; $p_6(t) = 0.9998$; $p_7(t) = 0.9996$; $p_8(t) = 0.9996$; $p_9(t) = 0.9996$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Система состоит из 5 блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1 = 2000$ ч; $T_2 = 1850$ ч; $T_3 = 1600$ ч; $T_4 = 1750$ ч; $T_5 = 1650$ ч. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы.

Задача 3. В изделии могут быть использованы только те элементы, средняя интенсивность отказов которых равна $\lambda_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-3}$ ч⁻¹. Изделие имеет число элементов $N = 100$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы в конце первого часа.

Вариант №14.

Задача 1. Изделие состоит из 9 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.9994$; $p_2(t) = 0.9994$; $p_3(t) = 0.9994$; $p_4(t) = 0.9992$; $p_5(t) = 0.9992$; $p_6(t) = 0.9992$; $p_7(t) = 0.999$; $p_8(t) = 0.999$; $p_9(t) = 0.999$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Система состоит из 7 блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1 = 160$ ч; $T_2 = 320$ ч; $T_3 = 600$ ч; $T_4 = 220$ ч; $T_5 = 280$ ч; $T_6 = 400$ ч; $T_7 = 700$ ч. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы.

Задача 3. В изделии могут быть использованы только те элементы, средняя интенсивность отказов которых равна $\lambda_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹. Изделие имеет число элементов $N = 100$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы в конце первого часа.

Вариант №15.

Задача 1. Изделие состоит из 9 частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0.998$; $p_2(t) = 0.998$; $p_3(t) = 0.998$; $p_4(t) = 0.996$; $p_5(t) = 0.996$; $p_6(t) = 0.996$; $p_7(t) = 0.994$; $p_8(t) = 0.994$; $p_9(t) = 0.994$. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия двумя способами.

Задача 2. Система состоит из 3 блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1 = 150$ ч; $T_2 = 750$ ч; $T_3 = 500$ ч. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы.

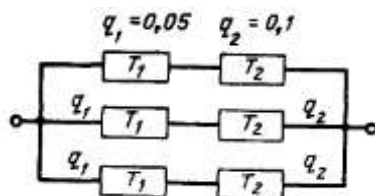
Задача 3. В изделии могут быть использованы только те элементы, средняя интенсивность отказов которых равна $\lambda_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-5}$ ч⁻¹. Изделие имеет число элементов $N = 100$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы в конце первого часа.

Индивидуальное задание №7

Задача №1.

Задача 1. Система состоит из трех устройств. Вероятность безотказной работы каждого из них в течение времени $t = 100$ ч равна: $p_1(100) = 0.95$; $p_2(100) = 0.96$; $p_3(100) = 0.97$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо вычислить среднюю наработку до первого отказа системы.

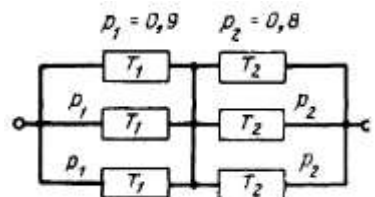
Задача 2. Схема расчета надежности приведена на рисунке. Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности отказов элементов.



Задача №2.

Задача 1. Прибор состоит из пяти блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 50$ ч равна: $p_1(50) = 0.98$; $p_2(50) = 0.99$; $p_3(50) = 0.998$; $p_4(50) = 0.975$; $p_5(50) = 0.985$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы.

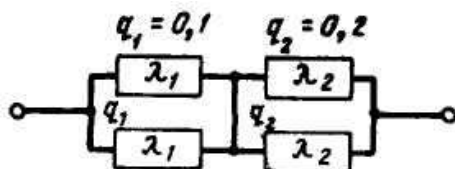
Задача 2. Схема расчета надежности показана на рисунке, где приведены данные о вероятностях безотказной работы элементов. Требуется определить вероятность безотказной работы P_c и вероятность отказа Q_c изделия.



Задача №3.

Задача 1. Прибор состоит из пяти блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 200$ ч равна: $p_1(200) = 0.98$; $p_2(200) = 0.99$; $p_3(200) = 0.998$; $p_4(200) = 0.975$; $p_5(200) = 0.985$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы.

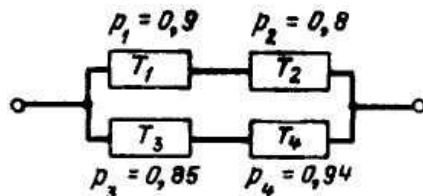
Задача 2. Схема расчета надежности показана на рисунке. Необходимо найти по известным вероятностям отказов элементов q_1 и q_2 вероятность безотказной работы изделия.



Задача №4.

Задача 1. Система состоит из 3 блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 1000$ ч равна $p_1(t) = 0.97$; $p_2(t) = 0.98$; $p_3(t) = 0.96$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

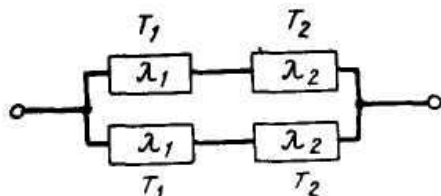
Задача 2. Схема расчета надежности показана на рисунке, на котором приведены вероятности безотказной работы элементов. Требуется вычислить вероятность безотказной работы изделия.



Задача №5.

Задача 1. Система состоит из 8 блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 100$ ч равна $p_1(t) = 0.90$; $p_2(t) = 0.91$; $p_3(t) = 0.92$; $p_4(t) = 0.93$; $p_5(t) = 0.94$; $p_6(t) = 0.95$; $p_7(t) = 0.96$; $p_8(t) = 0.97$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

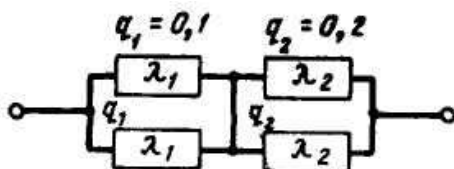
Задача 2. Схема расчета надежности показана на рисунке. Интенсивности отказов элементов имеют следующие значения: $\lambda_1 = 0.3 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$, $\lambda_2 = 0.7 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$. Необходимо определить вероятность безотказной работы изделия в течение времени $t = 100$ час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени $t = 100$ час.



Задача №6.

Задача 1. Система состоит из 5 блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 240$ ч равна $p_1(t) = 0.9$; $p_2(t) = 0.8$; $p_3(t) = 0.85$; $p_4(t) = 0.7$; $p_5(t) = 0.75$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

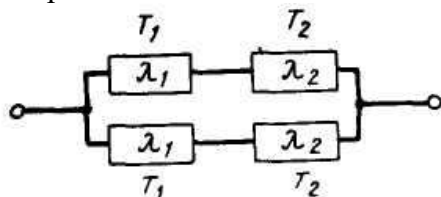
Задача 2. Схема расчета надежности изделия показана на рисунке. Интенсивности отказов элементов имеют значения $\lambda_1 = 0.3 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$, $\lambda_2 = 0.7 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$. Требуется найти вероятность безотказной работы изделия в течение времени $t = 100$ час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени $t = 100$ час.



Задача №7.

Задача 1. Система состоит из 4 блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 10$ ч равна $p_1(t) = 0.94$; $p_2(t) = 0.95$; $p_3(t) = 0.97$; $p_4(t) = 0.98$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

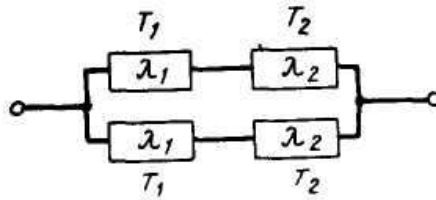
Задача 2. Средние наработки до первого отказа элементов схемы на рисунке равны T_1 и T_2 . Справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа схемы.



Задача №8.

Задача 1. Система состоит из 6 блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 50$ ч равна $p_1(t) = 0.7$; $p_2(t) = 0.75$; $p_3(t) = 0.8$; $p_4(t) = 0.76$; $p_5(t) = 0.72$; $p_6(t) = 0.78$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

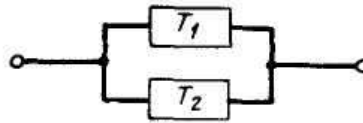
Задача 2. Средняя наработка до первого отказа схемы на рисунке $T_{ср.с} = 1000$ час и $T_1 = 2T_2$. Необходимо найти вероятность безотказной работы схемы в течение 100 час.



Задача №9.

Задача 1. Система состоит из 5 блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 120$ ч равна $p_1(t) = 0.99$; $p_2(t) = 0.9$; $p_3(t) = 0.85$; $p_4(t) = 0.95$; $p_5(t) = 0.8$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

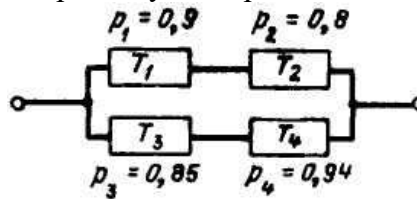
Задача 2. Средние наработки до первого отказа элементов схемы на рисунке равны T_1 и T_2 . Найти среднюю наработку до первого отказа системы.



Задача №10.

Задача 1. Система состоит из 8 блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени $t = 500$ ч равна $p_1(t) = 0.9$; $p_2(t) = 0.8$; $p_3(t) = 0.7$; $p_4(t) = 0.75$; $p_5(t) = 0.85$; $p_6(t) = 0.95$; $p_7(t) = 0.72$; $p_8(t) = 0.92$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

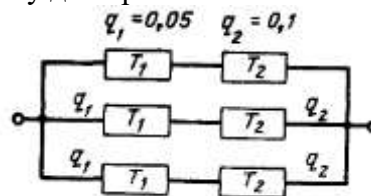
Задача 2. Средние наработки до первого отказа элементов схемы на рисунке равны T_1, T_2, T_3 и T_4 . Найти среднюю наработку до первого отказа системы.



Задача №11.

Задача 1. Система состоит из 100 элементов. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p_i(t) = 0.999$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

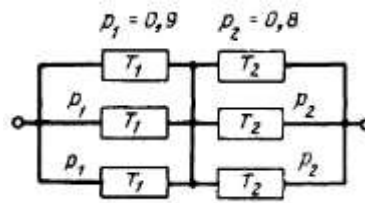
Задача 2. Средние наработки до первого отказа элементов схемы на рисунке равны T_1 и T_2 . Найти среднюю наработку до первого отказа системы.



Задача №12.

Задача 1. Система состоит из 1000 элементов. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p_i(t) = 0.9999$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

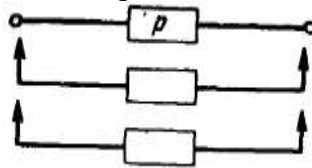
Задача 2. Средние наработки до первого отказа элементов схемы на рисунке равны T_1 и T_2 . Найти среднюю наработку до первого отказа системы.



Задача №13.

Задача 1. Система состоит из 50 элементов. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p_i(t) = 0.9998$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

Задача 2. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Вероятность безотказной работы нерезервированного устройства в течение 300 часов равна 0.74, резерв ненагруженный и интенсивность отказов устройств $\lambda = \text{const}$. Необходимо найти его вероятность и среднее время безотказной работы.



Задача №14.

Задача 1. Система состоит из 100 элементов. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p_i(t) = 0.9996$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

Задача 2. Изделие состоит из двух элементов, менее надежный элемент дублирован путем замещения при ненагруженном состоянии резерва. Средние наработки до первого отказа элементов равны $T_1 = 100$ час и $T_2 = 200$ час. Найти среднюю наработку до первого отказа изделия, если для элементов справедлив экспоненциальный закон надежности.

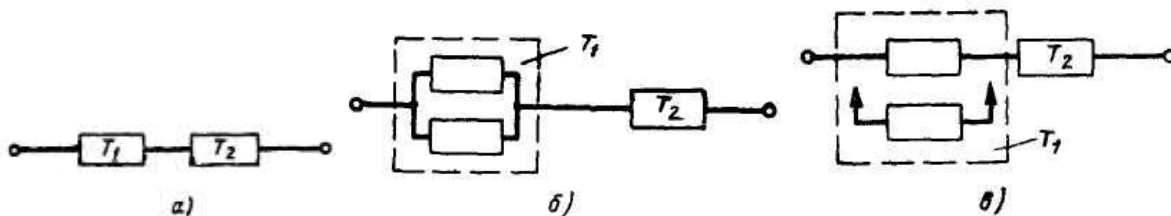
Задача №15.

Задача 1. Система состоит из 75 элементов. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p_i(t) = 0.9995$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

Задача 2. Конструктором предложено три варианта схем построения изделия:

- а) изделие нерезервировано и средние наработки до первого отказа элементов равны $T_1 = T_2 = 300$ час;
- б) один элемент дублируется путем замещения при ненагруженном состоянии резерва, а второй, как и в схеме а), нерезервирован, причем средние наработки до первого отказа дублированного узла и нерезервированного элемента те же;
- в) один элемент дублирован путем постоянно включенного резерва, а второй нерезервирован, причем, как и в схемах а) и б), средние наработки до первого отказа дублированного узла и нерезервированного элемента равны 300 часов.

Какой из вариантов более предпочтителен с точки зрения надежности, если надежность изделия оценивать средней наработкой до первого отказа?



4 Справочные материалы

Таблица 4.1 - Табулированные значения гамма-функции

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1,00	1,00000	1,25	0,90640	1,50	0,88623	1,75	0,91906
01	0,99433	26	0,90440	51	0,88659	76	0,92137
02	0,98884	27	0,90250	52	0,88704	77	0,92376
03	0,98355	28	0,90072	53	0,88757	78	0,92623
04	0,97844	29	0,89904	54	0,88818	79	0,92877
1,05	0,97350	1,30	0,89747	1,55	0,88887	1,80	0,93138
06	0,96874	31	0,89600	56	0,88964	81	0,93408
07	0,96415	32	0,89464	57	0,89049	82	0,93685
08	0,95973	33	0,89338	58	0,89142	83	0,93969
09	0,95546	34	0,89222	59	0,89243	84	0,94261
1,10	0,95135	1,35	0,89115	1,60	0,89352	1,85	0,94561
11	0,94740	36	0,89018	61	0,89468	86	0,94869
12	0,94359	37	0,88931	62	0,89592	87	0,95184
13	0,93993	38	0,88854	63	0,89724	88	0,95507
14	0,93642	39	0,88785	64	0,89864	89	0,95838
1,15	0,93304	1,40	0,88726	1,65	0,90012	1,90	0,96177
16	0,92980	41	0,88676	66	0,90167	91	0,96523
17	0,92670	42	0,88636	67	0,90330	92	0,96877
18	0,92373	43	0,88604	68	0,90500	93	0,97240
19	0,92089	44	0,88581	69	0,90678	94	0,97610
1,20	0,91817	1,45	0,88566	1,70	0,90864	1,95	0,97988
21	0,91558	46	0,88560	71	0,91057	96	0,98374
22	0,91311	47	0,88563	72	0,91258	97	0,98768
23	0,91075	48	0,88575	73	0,91467	98	0,99171
24	0,90852	49	0,88595	74	0,91683	99	0,99581
1,25	0,90640	1,50	0,88623	1,75	0,91906	2,00	1,00000

Значения гамма-функции для $x < 1$ ($x \neq 0, -1, -2, \dots$) и для $x > 2$, могут быть вычислены при помощи соответствующих формул:

$$\Gamma(x) = \frac{\Gamma(x+1)}{x}, \text{ для } x < 1;$$

$$\Gamma(x) = (x-1) \cdot \Gamma(x-1), \text{ для } x > 2.$$

Таблица 4.2 - Табулированные значения интеграла вероятности

x		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,	5000	5040	5080	5120	5160	5199	5239	5279	5319	5359
0,1	0,	5398	5438	5478	5517	5557	5596	6536	5675	5714	5753
0,2	0,	5793	5832	5871	5910	5948	5987	6026	6064	6103	6141
0,3	0,	6179	6217	6255	6293	6331	6368	6406	6443	6480	6517
0,4	0,	6551	6594	6628	6664	6700	6736	6772	6808	6844	6879
0,5	0,	6915	6950	6985	7019	7054	7088	7123	7157	7190	7224
0,6	0,	7257	7291	7324	7357	7389	7422	7454	7486	7517	7549
0,7	0,	7580	7611	7642	7673	7704	7734	7764	7794	7823	7852
0,8	0,	7881	7910	7939	7967	7995	8023	8051	8078	8106	8133
0,9	0,	8159	8186	8238	8212	8264	8389	8315	8340	8365	8389
1,0	0,	8413	8438	8461	8485	8508	8531	8554	8577	8599	8621
1,1	0,	8643	8665	8686	8708	8729	8749	8770	8790	8810	8830
1,2	0,	8849	8869	8888	8907	8925	8944	8962	8980	8997	9015
1,3	0,9	0320	0490	0658	0824	0988	1149	1308	1466	1621	1774
1,4	0,9	1924	2073	2220	2364	2507	2647	2785	2922	3056	3189
1,5	0,9	3319	3448	3574	3699	3822	3943	4062	4179	4295	4408
1,6	0,9	4520	4630	4738	4855	4950	5053	5154	5254	5352	5449
1,7	0,9	5543	5637	5728	5818	5907	5994	6080	6164	6246	6327
1,8	0,9	6407	6485	6562	6637	6712	6784	6856	6926	6995	7062
1,9	0,9	7128	7193	7257	7320	7381	7441	7500	7588	7615	7670
2,0	0,9	7725	7778	7831	7882	7932	7982	8030	8077	8124	8169
2,1	0,9	8214	8257	8300	8341	8382	8422	8461	8500	8537	8574
2,2	0,9	8610	8645	8679	8713	8745	8778	8809	8840	8870	8899
2,3	0,9	8928	8956	8983	9010	9036	9061	9086	9111	9134	9158
2,4	0,99	1802	2024	2240	2451	2656	2857	3053	3244	3431	3613
2,5	0,99	3790	3963	4132	4297	4457	4614	4766	4915	5060	5201
2,6	0,99	5339	5473	5603	5731	5855	5975	6093	6207	6319	6427
2,7	0,99	6533	6636	6736	6833	6928	7020	7110	7197	7282	7365
2,8	0,99	7445	7523	7599	7673	7744	7814	7882	7948	8012	8074
2,9	0,99	8134	8193	8250	8305	8359	8411	8462	8511	8559	8605
3,0	0,99	8650	8694	8736	8777	8817	8856	8893	8930	8965	8999
3,1	0,9 ³	0324	0646	0957	1260	1553	1836	2112	2378	2636	2886
3,2	0,9 ³	3129	3363	3590	3810	4022	4230	4429	4623	4810	4991
3,3	0,9 ³	5166	5335	5499	5658	5811	5959	6103	6242	6376	6505
3,4	0,9 ³	6631	6752	6869	6982	7091	7197	7299	7398	7493	7585
3,5	0,9 ³	7674	7760	7842	7922	7999	8074	8146	8215	8282	8347
3,6	0,9 ³	8409	8469	8527	8583	8637	8689	8739	8787	8834	8879
3,7	0,9 ³	8922	8964	9004	9043	9080	9116	9150	9184	9216	9247
3,8	0,9 ⁴	2765	3052	3327	3593	3848	4094	4331	4558	4777	4988
3,9	0,9 ⁴	5190	5385	5573	5753	5926	6092	6252	6406	6554	6696
4,0	0,9 ⁴	6833	6964	7090	7211	7327	7439	7546	7649	7748	7843
4,1	0,9 ⁴	7934	8022	8106	8186	8264	8338	8409	8477	8542	8606
4,2	0,9 ⁴	8665	8723	8778	8832	8882	8931	8978	9023	9066	9107
4,3	0,9 ⁵	1460	1837	2198	2544	2876	3193	3497	3788	4066	4322
4,4	0,9 ⁵	4588	4832	5065	5288	5502	5706	5902	6089	6268	6439
4,5	0,9 ⁵	6602	6759	6908	7051	7187	7318	7442	7561	7675	7784
4,6	0,9 ⁵	7888	7987	8081	8172	8258	8340	8419	8494	8566	8634
4,7	0,9 ⁵	8699	8761	8821	8877	8931	8983	9032	9079	9124	9166
4,8	0,9 ⁶	2067	2454	2882	3173	3508	3827	4131	4420	4696	4958
4,9	0,9 ⁶	5208	5446	5673	5888	6094	6289	6475	6652	6821	6981
5,0	0,9 ⁶	7134	7278	7416	7548	7672	7791	7904	8011	8113	8210
5,1	0,9 ⁶	8302	8389	8472	8551	8626	8698	8765	8830	8891	8949
5,2	0,9 ⁷	004	056	105	152	197	240	280	318	354	388
5,3	0,9 ⁷	421	452	481	509	539	560	584	606	628	648
5,4	0,9 ⁷	667	685	702	718	734	748	762	775	787	799

Окончание таблицы 4.2

5,5	0,9 ⁷	810	821	831	840	849	857	865	873	880	886
5,6	0,9 ⁷	893	899	906	910	915	920	924	929	933	936
5,7	0,9 ⁸	40	44	47	50	53	55	58	60	63	65
5,8	0,9 ⁸	67	69	71	72	74	75	77	78	79	81
5,9	0,9 ⁸	82	83	84	85	86	87	87	88	89	90
6,0	0,9 ⁸	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Список литературы

1. Основы теории надежности. Учебное пособие для вузов / А.М.Половко, С.В.Гуров. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 702 с.
2. Основы теории надежности. Практикум: Учебное пособие для вузов / А.М. Половко, С.В. Гуров. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 557 с.
3. Кофанов, Юрий Николаевич. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных схем : Учебник для вузов / Ю. Н. Кофанов. – Москва : Радио и связь, 1991. – 359 с.
4. Серафинович, Лев Платонович. Расчет надежности и конструирования радиоэлектронной аппаратуры : Справочное руководство / Л. П. Серафинович. – Томск : Издательство Томского университета, 1972. – 210 с.
5. Яншин, Аркадий Алексеевич. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА : учебное пособие для вузов / А. А. Яншин. – Москва : Радио и связь, 1983. – 311 с.