ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
**“САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”**

Кафедра «Технология машиностроения»

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Сборник задач к практическим занятиям

Самара
Самарский государственный технический университет
2008

Печатается по решению редакционно-издательского совета СамГТУ

УДК 621.3.019.076

Надежность технических систем: Сборник задач к практическим занятиям / Сост. В.А. Дмитриев.- Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2008.- 24 с.:ил.

Сборник содержит задачи по основным разделам теории надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий автомобилестроения при основном и резервном соединении элементов, а также задачи по оценке надежности изделий по результатам испытаний или эксплуатации и статистическому приемочному контролю надежности.
Предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 151001, 150205 и специализации «Технология ремонта и восстановления деталей и узлов автомобилей».

Табл.5. Ил 11. Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.3.019.076

Составитель канд. техн. наук В.А. Дмитриев
Рецензент канд. техн. наук В.А. Сергеев

© В.А. Дмитриев, составление, 2008
© Самарский государственный технический университет, 2008

Непрерывное совершенствование и развитие техники характеризуется широким использованием различных технических систем во всех сферах управления и промышленного производства. Выполняемые современными техническими системами функции весьма сложны, а решаемые задачи чрезвычайно ответственны. Поэтому важно, чтобы конструктор и технолог могли оценивать уровень надежности различных проектов прежде, чем сделать окончательный выбор. Качество этой оценки формируется в процессе решения конкретных задач по всем разделам теории надежности технических систем.

Раздел 1. Основные показатели надежности

Тема 1.2. Определение числовых характеристик распределения непрерывных случайных величин.

1. Непрерывная случайная величина X задана плотностью распределения $f(x)=(3/2)\sin 3x$ в интервале $(0;\pi/3)$; вне этого интервала $f(x)=0$. Найти вероятность того, что X примет значение в интервале $(\pi/6, \pi/4)$.

2. Непрерывная случайная величина X задана плотностью распределения $f(x)=(3/4)\cos 2x$ в интервале $(0;\pi/2)$; вне этого интервала $f(x)=0$. Найти вероятность того, что X примет значение в интервале $(\pi/6, \pi/4)$.

3. Случайная величина X задана плотностью распределения $f(x)=0{,}5x$ в интервале (0, 2); вне этого интервала $f(x)=0$. Найти начальные и центральные моменты первого, второго, третьего и четвертого порядков. Определить асимметрию и эксцесс кривой распределения, если $\sigma = 2/5$.

4. Случайная величина X задана плотностью распределения $f(x)=2x$ в интервале (0, 1); вне этого интервала $f(x)=0$. Найти математическое ожидание величины X, начальные и центральные моменты первого, второго, третьего и четвертого порядков.

5. Случайная величина X задана плотностью распределения $f(x) = -(3/4)x^2 + (9/2)x-6$ в интервале (2, 4); вне этого интервала $f(x)=0$. Найти моду, математическое ожидание и медиану величины X.

6. Случайная величина X задана плотностью распределения $f(x)=-(3/4)x^2+6x-45/4$ в интервале (3, 5); вне этого интервала $f(x)=0$. Найти моду, математическое ожидание и медиану величины X.

7. Математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение нормально распределенной случайной величины X соответственно равны 20 и 5. Найти вероятность того, что в результате испытаний X примет значение, заключенное в интервале (15,25).

Тема 1.3. Показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий

8. На испытания поставлено 1000 однотипных автомобильных ламп. За первые 3000 часов испытаний вышли из строя 80 ламп, а за интервал времени 3000-4000 часов вышли из строя еще 50 ламп. Требуется определить частоту и интенсивность отказов ламп в промежутке времени 3000-4000 часов.

9. Шесть подшипников насоса охлаждения испытывали 200 часов. Четыре из них преждевременно вышли из строя, имея наработку соответственно 38, 62, 90 и 120 часов. Полагая наработку до отказа по экспоненциальному закону, оценить параметры интенсивности отказов и среднюю наработку до отказа, а также вероятность безотказной работы за первые 70 часов. Оценить вероятность появления отказа в некоторый момент времени между $t_1 = 100$ и $t_2 = 110$ часами работы.

10. Исследуются два варианта конструкции стеклоочистителя. Испытания опытных образцов показали, что наработка до отказа имеет распределение Вейбулла при нулевой минимальной долговечности. Стоимость изготовления варианта А составляет 1200 у.е., и РВ имеет параметры b=2 и $a = 100\sqrt{10}$ ч. Стоимость изготовления варианта В составляет 1500 у.е., и РВ имеет параметры b = 3 и a = 100 ч.

А) Гарантийная наработка изделия составляет 10 часов. Какой вариант изделия должна изготавливать фирма и почему?
Б) Каким должен быть выбор при продолжительности гарантийной наработки 15 часов?

11. Контролируется длина деталей X, которая распределена нормально с математическим ожиданием m_t = 50мм. Фактически длина изготовленных деталей не менее 32 мм и не более 68 мм. Найти вероятность того, что длина наудачу взятой детали: а) более 55 мм; б) менее 40 мм.

12. Наработка подшипника до отказа имеет логарифмически нормальное распределение с параметрами $m_t = 5$ и $\sigma = 1$. Найти P(t) и $\lambda(t)$ при 200 ед. времени.

13. Наработка подшипника до отказа имеет распределение Вейбулла с параметрами b = 2, a = 2000 час и c = 800. Найти P(t) и λ (t) при 1200 час.

14. Интенсивность отказов водяной помпы автомобиля $\lambda = 0{,}82*10^{-3}$ 1/час = const. Найти вероятность безотказной работы насоса в период эксплуатации длительностью 6 часов, частоту отказов f(t) при t = 100 час и среднюю наработку до первого отказа $T_{ср}$.

15. Вероятность безотказной работы автоматической линии изготовления цилиндров автомобильного двигателя в течение 120 час равна 0,9. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Рассчитать интенсивность и частоту отказов линии для момента времени 120 час и среднюю наработку до первого отказа.

16. Время работы генератора автомобиля подчинено усеченному нормальному распределению с параметрами $\check{T}$ = 8000 час и σ = 1000 час. Найти вероятность безотказной работы генератора в течение 10000 час, частоту отказов для t = 6000 час, интенсивность отказов для t = 10000 час и среднюю наработку до первого отказа.

17. Время исправной работы стеклоочистителя подчинено гамма-распределению с параметрами $k = 3$ и $\lambda_0 = 1{,}5*10^{-4}$ 1/час. Определить вероятность безотказной работы изделия в течение 10000 час, частоту и интенсивность отказа для $t = 5000$ час и среднюю наработку до первого отказа.

18. Вероятность безотказной работы тахометра в течение $t = 150$ час равна $P(t) = 0{,}9$. Время исправной работы подчинено закону Вейбулла с параметром $b = 2{,}6$. Определить интенсивность отказов тахометра для $t = 150$ час и среднюю наработку до первого отказа.

19. Наработка до отказа партии подшипников имеет 2-х параметрическое распределение Вейбулла с параметром износа $b = 1{,}8$. Вероятность безотказной работы партии подшипников в течение наработки $t = 100$ час равна $P(t) = 0{,}95$. Определить интенсивность отказов в момент времени $t = 100$ час и среднюю наработку до первого отказа.

20. Оценить 90% ресурс изделия $t_{0,9}$, если известно, что ресурс изделия подчиняется:

а) нормальному распределению с параметрами $\check{T} = 3000$ час и $\sigma = 1200$ час;

б) экспоненциальному распределению со средней наработкой до отказа $T_{ср} = 2500$ час;

в) распределению Вейбулла с параметрами $b=1{,}8$ и $a = 1500$ час.

21. Интенсивность отказов λ_c восстанавливаемой системы подзарядки аккумулятора $\lambda_c = 0{,}015$ 1/час = const. Среднее время восстановления $t_в = 100$ час. Какова вероятность застать систему в исправном состоянии в момент времени $t = 10$ час.

22. Коэффициент готовности коробки передач автомобиля $К_г = 0{,}9$. Среднее время её восстановления $t_в = 100$ час. Найти вероятность застать изделие в исправном состоянии в момент времени $t = 12$ час.

23. Время безотказной работы батареи аккумуляторов постоянного тока имеет нормальное распределение с математическим ожиданием 30 часов и средним квадратическим отклонением 4

часа. Определите: а) какова вероятность безотказной работы батареи в течение 25 часов? б) когда необходимо заменить батарею аккумуляторов, чтобы гарантировать, что вероятность появления отказа до момента замены не превышает 10 %?
в) две батареи аккумуляторов соединены параллельно для подачи напряжения на фары. Полагая, что фары не выходят из строя, определите вероятность безотказной работы этого источника питания в течение 35 часов; г) батарея аккумуляторов непрерывно использовалась в течение 30 часов. Какова вероятность того, что эта батарея проработает еще 4 часа?

24. Наработка реле регулятора стеклоочистителя до отказа имеет гамма-распределение с параметрами $k = 3$ и $\lambda_0 = 0{,}05$. Определить вероятность безотказной работы реле и интенсивность отказов при наработке, равной 24 часам.

25. Наработка тормозных колодок дискового тормоза автомобиля до отказа имеет распределение Вейбулла с параметрами $b = 4$, $a = 2000$ ч и $c = 1000$ ч. Определить вероятность безотказной работы колодок и интенсивность отказов при наработке, равной 1500 часов.

26. Наработка до отказа гидравлического цилиндра выключения сцепления имеет логарифмически-нормальное распределение с параметрами $\mu=4$, $\sigma=1$. Определить вероятность безотказной работы цилиндра и интенсивность отказов при наработке, составляющей 150 часов.

27. Математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение нормально распределенной случайной величины X соответственно равны 20 и 5. Найти вероятность того, что в результате испытаний X примет значение, заключенное в интервале (15, 25).

28. Два блока предохранителей с нормальным распределением наработки до отказа имеют значения средней наработки $m_{t1} = 600$ч и $m_{t2} = 1200$ч, среднеквадратические отклонения наработки до отказа $\sigma_{t1} = 50$ч и $\sigma_{t2} = 250$ч. Сравнить надежность изделий по показателям вероятности безотказной работы и средней наработки до отказа в течение $t = 600$ч.

29. Подшипник коробки переключения передач автомобиля имеет нормальное распределение наработки до отказа с параметрами m_t = 1200ч и σ = 250ч. В течение какой наработки подшипник будет функционировать с надежностью P(t) = 0,95?

30. Наработка до отказа вилки выключения сцепления имеет распределение Вейбулла с параметром b = 1,5. Вероятность безотказной работы вилки в течение наработки (0, 200ч) равна 0,95. Определить интенсивность отказов при t = 200 ч и среднюю наработку до отказа.

Раздел 2. Статистические модели надежности изделий

Тема 2.1. Надежность невосстанавливаемых изделий при основном соединении элементов.

31. Изделие состоит из N групп приборов. Отказы приборов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов λ, отказы приборов второй группы подчинены нормальному закону с параметрами Ť и σ , отказы приборов третьей группы подчинены закону Вейбулла с параметрами k и λ_0. Определить вероятность безотказной работы изделия в течение времени t. Исходные данные приведены в таблице.

№	Исходные данные						
	число групп N	$\lambda*10^{-4}$ 1/час	Ť, час	σ, час	λ_0*10^{-5}, 1/час	k	t, час
1	3	1	7200	2000	0,1	1,5	100
2	2	-	6000	4000	0,3	1,5	1000
3	2	3,2	-	-	0,2	1,3	500
4	2	0,93	8000	3000	-	-	2000
5	3	0,6	4000	4000	0,16	1,4	2400

32. Обрабатывающий станочный комплекс состоит из 3-х станков с ЧПУ. Надежность отдельных станков характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t = 100 час, которая равна: $p_1(t)$ = 0,78; $p_2(t)$ = 0,93; $p_3(t)$ = 0,82. Определить вероятность безотказной работы и среднюю наработку до первого отказа комплекса.

33. Инструментальная система станка с ЧПУ состоит из двух блоков, средняя наработка до первого отказа которых составляет соответственно: $T_{ср1}$ = 200 час; $T_{ср2}$ = 40 час. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Определить среднюю наработку системы до первого отказа и вероятность безотказной работы при t = 50 час.

34. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_c(t)$. Система состоит из N равнонадежных элементов. Найти вероятность безотказной работы элемента. Исходные данные для решения приведены в таблице.

Номер задачи	Исходные данные	
	$P_c(t)$	Число элементов N
1	0,96	5
2	0,99	12
3	0,97	20
4	0,98	50
5	0,98	100

35. Система состоит из 8 элементов, соединенных последовательно. Для каждого элемента гарантируется вероятность безотказной работы 0,9999 в течение 1000 часов. Вычислите вероятность безотказной работы системы за это же время.

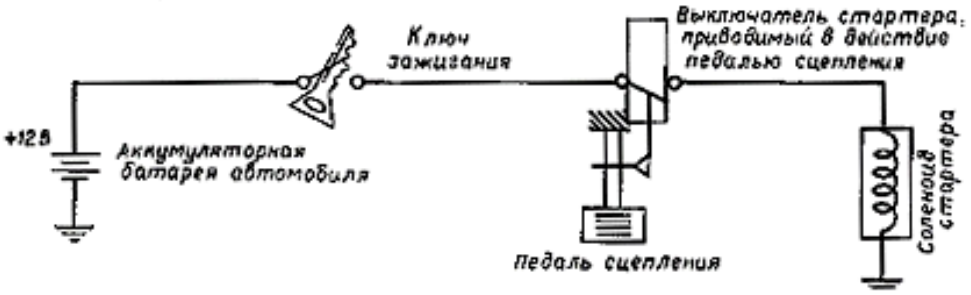
36. Система состоит из 5 подсистем, соединенных последовательно. Если задана вероятность безотказной работы системы, равная 0,999, то какая необходима минимально допустимая вероятность безотказной работы элемента?

37. В изделии могут быть использованы только те элементы, средняя интенсивность отказов которых равна $\lambda_{ср}$. Изделие имеет число элементов N. Определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы изделия в конце пятого часа. Исходные данные приведены в таблице.

Номер задачи	Исходные данные	
	$\lambda_{ср}(t)$, 1/час	Число элементов N
1	$2,5*10^{-3}$	10
2	$2,5*10^{-3}$	10

3	$2*10^{-3}$	20
4	$2,5*10^{-3}$	15
5	$1*10^{-3}$	5

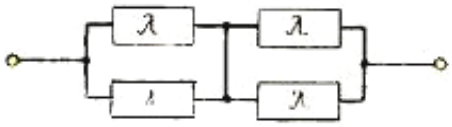
38. На рисунке показана электрическая схема включения стартера. Для запуска двигателя этого автомобиля необходимо полностью выжать педаль сцепления, а ключ зажигания должен находиться в положении пуска. Постройте соответствующую блок-схему надежности. Полагая, что для каждого функционального блока вашей схемы вероятность отказа равна 0,0001, вычислите вероятность безотказной работы всей схемы.



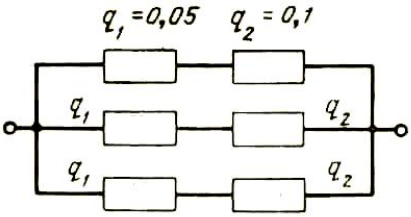
Тема 2.3. Расчет показателей надежности резервированных изделий.

39. Вероятность безотказной работы инструментального блока станка с ЧПУ в течение t = 500 часов равна 0,95. Для повышения надежности системы на станке предусмотрен такой же инструментальный блок, который вступает в работу при отказе первого. Рассчитать вероятность безотказной работы, среднюю наработку до первого отказа, частоту и интенсивность отказов системы, состоящей из двух блоков.

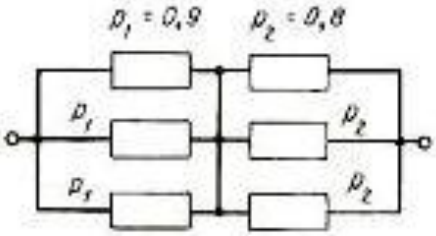
40. Схема расчета надежности устройства приведена на рисунке. Предполагается, что последействие отказов отсутствует и все элементы расчета равнонадежны. Интенсивность отказов элемента $\lambda = 1,15*10^{-3}$. Определить наработку до первого отказа устройства.



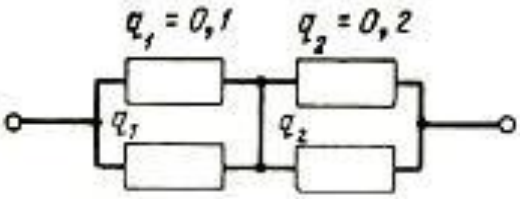
41. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности отказов элементов.



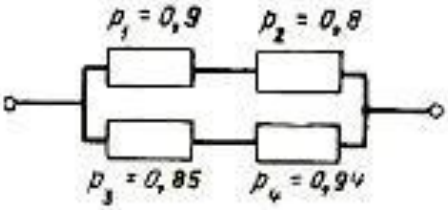
42. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности безотказной работы элементов.



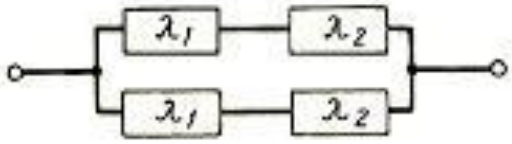
43. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности отказов элементов.



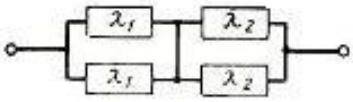
44. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности безотказной работы элементов.



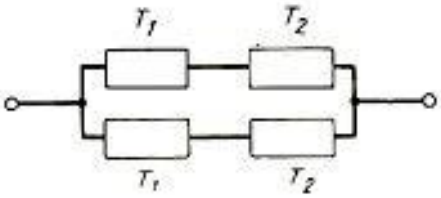
45. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Интенсивности отказов элементов имеют следующие значения: $\lambda_1 = 0{,}2*10^{-3}$ 1/час, $\lambda_2 = 0{,}5*10^{-3}$ 1/час. Определить вероятность безотказной работы изделия в течение времени t = 150 час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени t = 150 час.



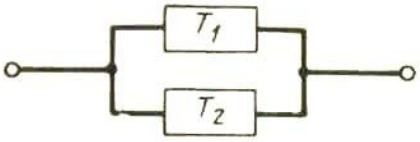
46. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Интенсивности отказов элементов имеют следующие значения: $\lambda_1 = 0{,}2*10^{-3}$ 1/час, $\lambda_2 = 0{,}5*10^{-3}$ 1/час. Определить вероятность безотказной работы изделия в течение времени t = 150 час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени t = 150 час.



47. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Средние наработки до первого отказа элементов схемы равны T_1 и T_2. Справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов. Найти среднюю наработку до первого отказа системы.



48. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Средние наработки до первого отказа элементов схемы равны T_1 и T_2. Справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов. Найти среднюю наработку до первого отказа системы.



49. Автомобильный двигатель имеет 4 свечи зажигания, по одной на каждый цилиндр. Интенсивность отказов свечи $\lambda = 1*10^{-4}$ 1/час, а длительность работы двигателя в течение поездки t = 15 час. Предполагается, что автомобиль может ехать также при одном неработающем цилиндре. Какова вероятность того, что автомобиль прибудет в пункт назначения без замены свечей.

50. Система состоит из 5 равнонадежных элементов, средняя наработка до первого отказа элемента равна 2000 час. Предполагается, что для элементов системы справедлив экспоненциальный закон надежности и основная и резервная системы равнонадежны. Найти вероятность безотказной работы и среднюю наработку до первого отказа системы в следующих случаях: а) нерезервированной системы; б) дублированной системы при постоянно включенном резерве; в) дублированной системы при включении резерва по способу замещения; г) дублированной системы при включении ненагруженного раздельного резерва по способу замещения.

51. Для повышения надежности автоматической линии (АЛ) каждый её станок дублирован и вступает в работу при отказе основного станка. Предполагается, что имеет место экспоненциальный закон надежности, станки подвержены лишь одному виду отказов и последействие отказов отсутствует. Найти вероятность безотказной работы линии в течение 1000 час. Состав элементов нерезервированной линии и данные по интенсивности отказов элементов приведены в таблице.

Элементы АЛ	Количество элементов	Интенсивность отказов элемента, $\lambda*10^{-5}$ (1/час)
Многошпиндельный токарный п/а	3	2,16
Горизонтально-фрезерный станок	2	0,78
Вертикально-сверлильный станок	1	0,32
Круглошлифовальный п/а	1	0,09
Внутришлифовальный п/а	2	0,23

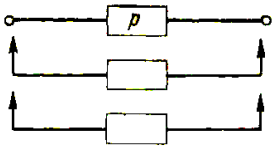
52. Система состоит из n = __ элементов, соединенных последовательно. Предполагается, что последействие отказов отсутствует и все элементы равнонадежны с вероятностью безотказной работы элемента P(t) = ___. Предложить наиболее надежный способ резервирования системы.

53. Система торможения большегрузного самосвала имеет интенсивность отказов $\lambda_0 = 0{,}4*10^{-3}$ 1/час. Её дублирует такая же сис-

тема, находящаяся до отказа основной в недогруженном состоянии резерва. В этом режиме интенсивность отказов λ_1 = $0{,}06*10^{-3}$, 1/час. Вычислить вероятность безотказной работы системы торможения автомобиля в течение t = 100 час, среднюю наработку до первого отказа и интенсивность отказов.

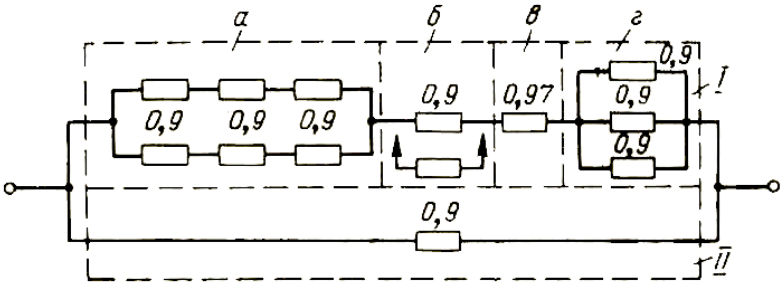
54. В системе имеется n основных и m резервных одинаковых элементов, причем все элементы постоянно включены, работают параллельно и вероятность их безотказной работы $P_i(t)=0{,}8$ подчиняется экспонен-циальному закону. Определить вероятность безотказной работы системы при: а) n+m = 4 и n = 3; б)n+m = 4 и n= 2; в) n+m=4 и n= 4.

55. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Вероятность безотказной работы нерезервированного устройства в течение 300 час равна 0,74; интенсивность отказов устройств λ = const. Найти вероятность безотказной работы и среднюю наработку до первого отказа изделия.



56. Элементы с надежностями $P_1(t)$ и $P_2(t)$ включены последовательно/(параллельно). С помощью теоремы Байеса определить надежность этого соединения.

57. Схема устройства для расчета надежности изображена на рисунке. Найти вероятность безотказной работы блоков а, б, г и всего устройства при известных значениях вероятности безотказной работы её элементов (значения вероятностей указаны на схеме).



Раздел 3. Оценка показателей надежности по результатам испытаний

Тема 3.1. Основные положения выборочных испытаний на надежность. Виды и планы испытаний. Методы оценки показателей надежности.

58. Ускоренным испытаниям до отказа подверглись 5 радиаторов отопителей автомобиля. Их наработки составили 410, 520, 580, 645 и 800 часов соответственно. Найти доверительные границы для средней наработки до отказа в предположении, что имеет место экспоненциальное распределение наработки до отказа (α = 0,95).

59. После окончания периода приработки испытывались две коробки переключения передач автомобиля. Первая испытывалась1500 часов и имела за это время 4 отказа, вторая испытывалась 2100 часов и имела за это время 3 отказа. Найти доверительные границы для наработки на отказ при α = 0,95. Найти $T_н$, если отказов не было.

60. Ресурс изделия до капитального ремонта распределен нормально. Из n = 35 изделий найдены средний ресурс $X_{ср}$ = 9200 час и среднее квадратическое отклонение S = 720 часов. Найти для α = 0,90 доверительные границы для среднего ресурса.

61. Случайное время восстановления изделия имеет гамма-распределение с параметром m = 2. По n = 50 опытам найдено $t_{ср}$ = 2,5 часа. Найти параметр λ и его доверительные границы для α = 0,95.

62. При ускоренных испытаниях восьми шаровых опор автомобиля, отказы которых распределены нормально, получены следующие значения времени наработки до отказа в часах: 125, 85, 80, 250, 85, 85, 160, 80. Оценить T и σ и определить для них двусторонние доверительные интервалы с вероятностью α=0,95.

63. В результате испытаний десяти аккумуляторов получены следующие значения наработки в часах: 14,4; 16,6; 18,6; 22,6; 28,2; 30,8; 32,4; 35,2; 38,2; 40,4. Оценить среднюю наработку до отка-

за T, дисперсию σ^2, а также нижнюю границу T и верхнюю границу σ с вероятностью $\alpha = 0{,}90$.

64. При ускоренных испытаниях клапанов давления системы отопления автомобиля до выхода их из строя по плану [NБN] при N=8 получены следующие значения наработки в часах: 45, 52, 75, 125, 150, 225, 375, 450. Оценить интенсивность отказов λ, верхнюю доверительную границу $\lambda_в$ с дове-рительной вероятностью $\alpha = 0{,}95$, двусторонний доверительный интервал для λ при $\alpha = 0{,}95$ и $\beta_1 = \beta_2 = 0{,}05$, среднюю наработку до отказа T и её нижнюю границу с вероятностью 0,95.

65. При испытаниях коробок передач по плану [NБT] при N = 35 в течение времени T = 1200 час не зарегистрировано ни одного отказа. Определить верхнюю доверительную границу интенсивности отказов λ с вероятностью $\lambda = 0{,}95$.

66. При ускоренных испытаниях клапанов давления системы отопления автомобиля до выхода их из строя по плану [NБr] при N=50, r = 8 получены следующие значения наработки в часах: 45, 52, 75, 125, 150, 225, 375, 450. Отказавшие изделия не восстанавливаются. Оценить интенсивность отказов λ и доверительный интервал с вероятностью $\alpha = 0{,}95$ и $\beta_1 = \beta_2 = 0{,}05$.

Раздел 4. Статистический приемочный контроль надежности

Тема 4.1. Контроль надежности по методу однократной выборки.

67. Контролю надежности подлежит партия из N = 240 колесных подшипников передней подвески автомобиля. Необходимо определить приемочное (A_0) и браковочное (A_1) числа дефектных изделий в выборке из n = 48 изделий. Партия считается хорошей, если в ней содержится 4 % дефектных изделий и плохой – если 8 % дефектных изделий. Риск поставщика принят равным 0,15, а риск заказчика 0,10.

68. Испытаниям подвергнута опытная партия домкратов, для которых удовлетворительной вероятностью безотказной работы в каждом цикле считается $P_0 = 0{,}95$. Найти приемочное число от-

казов A_0 с допустимым риском $\alpha \approx 0{,}05$ при объёме испытаний n = 500 циклов.

69. С целью контроля надежности проведены испытания n = 25 восстанавливаемых изделий, при этом зарегистрировано 2 отказа. Необходимо решить, принимать или браковать партию, если контроль производится в интересах заказчика. Партия считается плохой, если вероятность отказа в каждом одиночном испытании составляет $q_1 \geq 0{,}10$. Решение должно быть принято с риском $\beta = 0{,}08$.

70. Определить, какой объём выборки в биномиальном плане нужно испытать в интересах заказчика, чтобы забраковать партию с вероятностью безотказной работы каждого изделия 0,85 и менее, если браковочное число $A_1 = 1$, а риск заказчика примерно равен 0,10.

Тема 4.2. Последовательный контроль надежности.

71. Последовательному контролю надежности подлежит партия из N = 120 амортизаторов передней подвески легкового автомобиля. Партия считается хорошей при доле дефектных изделий $q_0 = 0{,}05$ и плохой - при $q_1 = 0{,}10$. Риск поставщика равен риску заказчика и составляет 0,09. Определить приемочные ($m_{пр}$) и браковочные ($m_{бр}$) числа испытаний при числе дефектных изделий dm = 0, 1, 2, 3, 4 и 5, а также построить график контроля по характеристическим точкам и принять решение в случае появления 5-ти отказов при 30 испытаниях.

72. Партия радиаторов считается хорошей при $p_0 = 0{,}975$ в одном цикле, а плохой - при $p_1 = 0{,}85$. Контроль должен осуществляться с риском $\alpha = 0{,}075$ и $\beta = 0{,}05$. Построить план последовательного контроля вероятности безотказной работы в табличной и графической формах до $d_m = 8$. Принять решение для трех рабочих точек: d = 1, m = 40; d = 6, m = 50; d = 6, m = 150.

73. Для контроля надежности большой партии (N > 3500) аудиосистем автомобиля требуется построить в табличной (d = 8) и графической формах план последовательного контроля при ус-

ловиях $\alpha = 0{,}075$ и $\beta = 0{,}15$. Надежность партии считается высокой при $q_0 = 0{,}02$ и низкой при $q_1 = 0{,}08$. Принять решение для трех рабочих точек: d = 1, m = 35, d = 4, m = 25, d = 2, m = 135.

74. Надежность панели приборов, выпускаемых большой серией, считается высокой при интенсивности отказов $\lambda_0 = 1{,}5*10^{-4}$ 1/час и низкой – при $\lambda_1 = 1{,}5*10^{-3}$ 1/час. Рассчитать последовательный план выходного контроля надежности приборной панели в табличной и графической формах до d = m = 8 при условии $\alpha = \beta = 0{,}10$. Принять решения для трех рабочих точек: d =0, t = 4500 час; d = 1, t = 6000 час; d = 5, t = 500 час.

Раздел 5. Обеспечение надежности автомобилей

Тема 5.2. Выбор технологических методов обеспечения надежности автомобиля.

1.Обеспечение надежности деталей автомобиля с отказами по усталости.
2.Обеспечение надежности деталей автомобиля с отказами по износу.
3.Обеспечение надежности деталей автомобиля с отказами по коррозии.
4.Разработка упрочняющих технологий производства и ремонта деталей автомобилей.
5.Разработка технологии наплавок при ремонте автомобилей.
6.Технологическое обеспечение надежности подшипниковых узлов автомобиля.
7.Применение лазерных технологий в автомобилестроении.

Тема 5.3. Обеспечение надежности при эксплуатации автомобиля.

1.Состояние проблемы надежности деталей и узлов грузовых и легковых автомобилей.
2.Надежность машин железнодорожного транспорта.
3. Надежность тракторов и сельхозмашин.
4.Обеспечение пассивной безопасности автомобиля.
5.Дорожные испытания автомобилей.
6.Стендовые испытания автомобилей и их узлов.
7.Обеспечение надежности тормозной системы легкового автомобиля.

Библиографический список

1. Надёжность изделий машиностроения. Тория и практика: Учебник для вузов \ В.М. Труханов. - М.: Машиностроение, 1996. – 336 с.
2. Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надежности М.: Сов. радио, 1968.-288 с.
3. К. Капур, Л. Ламберсон. Надежность и проектирование систем. – М,: Мир, 1980.- 604 с.

Приложение 1

Основные соотношения для количественных характеристик надежности при различных законах распределения времени работы до отказа

Наименование закона распределения	Частота отказов (плотность распределения) $f(t)$	Вероятность безотказной работы $P(t)$	Интенсивность отказов $\lambda(t)$	Средняя наработка до первого отказа T_{cp}
Экспоненциальный	$\lambda \cdot e^{-\lambda t}$	$e^{-\lambda t}$	$\lambda = \frac{1}{T_{cp}} = \text{const}$	$\frac{1}{\lambda}$
Усеченный нормальный F(-t)=1-F(t)	$\frac{1}{F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T_1)^2}{2\sigma^2}}$	$\frac{F\left(\frac{T_1-t}{\sigma}\right)}{F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)}$	$\frac{e^{-\frac{(t-T_1)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma\cdot F\left(\frac{T_1-t}{\sigma}\right)}$	$T_1 + \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}F\left(\frac{T_1}{\sigma}\right)} e^{-\frac{T_1^2}{2\sigma^2}}$
Логарифмически-нормальный Ф(-t)=-Ф(t)	$\frac{1}{\sigma\cdot t\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t-\mu}{\sigma}\right)^2}$	$\frac{1}{2}+\Phi\left(\frac{\mu-\ln t}{\sigma}\right)$	$\frac{1}{\sigma\cdot t\sqrt{2\pi}}\cdot\frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t-\mu}{\sigma}\right)^2}}{0{,}5+\Phi\left(\frac{\mu-\ln t}{\sigma}\right)}$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_0^\infty e^{-\frac{(\ln t-\mu)^2}{2\sigma^2}}dt$
Вейбулла a- ресурсная характеристика; b – параметр формы; c- начальная наработка	$\frac{b\cdot(t-c)^{b-1}}{(a-c)^b}\times$ $\times\exp\left[-\left(\frac{t-c}{a-c}\right)^b\right]$ при t ≥ c	$\exp\left[-\left(\frac{t-c}{a-c}\right)^b\right]$	$\frac{b\cdot(t-c)^{b-1}}{(a-c)^b}$	$a\cdot\Gamma\cdot\left(1+\frac{1}{b}\right)$
	Для 2-х параметрического РВ: λ- интенсивность отказов; к – параметр формы, с = 0.			
	$\lambda k t^{k-1} e^{-\lambda t^k}$	$\exp(-\lambda\cdot t^k)$	$\lambda\cdot k\cdot t^{k-1}$	$\frac{\Gamma(1+\frac{1}{k})}{\lambda^{1/K}}$
Гамма (при целом k) k = m+1 Γ(n>1)=(n-1)Γ(n-1) Γ(n)=(n-1)! Γ(n<1)=Γ(n+1)/n	$\lambda_0\frac{(\lambda_0\cdot t)^{k-1}}{(k-1)!}e^{-\lambda_0 t}$	$e^{-\lambda_0 t}\sum_{i=0}^{k-1}\frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}$	$\frac{\lambda_0(\lambda_0 t)^{k-1}}{(k-1)!\sum_{i=0}^{k-1}\frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}}$	$\frac{k}{\lambda_0}$

Приложение 2

Квантили нормального распределения $U_{1-p} = -U_p$

p	U_p	p	U_p	p	U_p	p	U_p	p	U_p	p	U_p	p	U_p
0,50	0	**0,58**	0,202	**0,66**	0,412	**0,74**	0,643	**0,82**	0,915	**0,90**	1,282	**0,97**	1,881
0,51	0,025	**0,59**	0,228	**0,67**	0,440	**0,75**	0,674	**0,83**	0,954	**0,91**	1,341	**0,975**	1,960
0,52	0,050	**0,60**	0,253	**0,68**	0,468	**0,76**	0,706	**0,84**	0,994	**0,92**	1,405	**0,980**	2,054
0,53	0,075	**0,61**	0,279	**0,69**	0,496	**0,77**	0,739	**0,85**	1,036	**0,925**	1,440	**0,990**	2,326
0,54	0,100	**0,62**	0,305	**0,70**	0,524	**0,78**	0,772	**0,86**	1,080	**0,93**	1,476	**0,995**	2,570
0,55	0,126	**0,63**	0,332	**0,71**	0,553	**0,79**	0,806	**0,87**	1,126	**0,94**	1,555	**0,997**	2,748
0,56	0,151	**0,64**	0,358	**0,72**	0,583	**0,80**	0,842	**0,88**	1,175	**0,95**	1,645	**0,999**	3,090
0,57	0,176	**0,65**	0,385	**0,73**	0,613	**0,81**	0,878	**0,89**	1,227	**0,96**	1,751	**0,9999**	3,719

Квантили распределения хи-квадрат

Число степеней свободы k	Вероятность P					
	0,01	**0,025**	**0,05**	**0,95**	**0,975**	**0,99**
5	0,554	0,831	1,15	11,1	12,8	15,1
6	0,872	1,24	1,64	12,6	14,4	16,8
7	1,24	1,69	2,17	14,1	16,0	18,5
8	1,65	2,18	2,73	15,5	17,5	20,1
9	2,09	2,70	3,33	16,9	19,0	21,7
10	2,56	3,25	3,94	18,3	20,5	23,2
11	3,05	3,82	4,57	19,7	21,9	24,7
12	3,57	4,40	5,23	21,0	23,3	26,2
13	4,11	5,01	5,89	22,4	24,7	27,7
14	4,66	5,63	6,57	23,7	26,1	29,1
15	5,23	6,26	7,26	25,0	27,5	30,6
16	5,81	6,91	7,96	26,3	28,8	32,0
17	6,41	7,56	8,67	27,6	30,2	33,4
18	7,01	8,23	9,39	28,9	31,5	34,8
19	7,63	8,91	10,1	30,1	32,9	36,2
20	8,26	9,59	10,9	31,4	34,2	37,6
21	8,90	10,3	11,6	32,7	35,5	38,9
22	9,54	11,0	12,3	33,9	36,8	40,3
23	10,2	11,7	13,1	35,2	38,1	41,6
24	10,9	12,4	13,8	36,4	39,4	43,0
25	11,5	13,1	14,6	37,7	40,6	44,1
26	12,2	13,8	15,4	38,9	41,9	45,6
27	12,9	14,6	16,2	40,1	43,2	47,0
28	13,6	15,3	16,9	41,3	44,5	48,3
29	14,3	16,0	17,7	42,6	45,7	49,6
30	15,0	16,8	18,5	43,8	47,0	50,9
50	29,7	32,4	34,8	67,5	71,4	76,2
80	53,5	57,2	60,4	101,9	106,6	112,3
100	70,1	74,2	77,9	124,3	129,6	135,8

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Основные показатели надежности.

Тема 1.2. Определение числовых характеристик распределения непрерывных случайных величин…….3

Тема 1.3. Основные показатели надежности изделий для известных распределений наработки до отказа……..4

Раздел 2. Статистические модели надежности изделий.

Тема 2.1. Расчет показателей надежности изделий при основном соединении элементов……..7

Тема 2.3. Расчет показателей надежности резервированных изделий…...9

Раздел 3. Оценка показателей надежности по результатам испытаний.

Тема 3.1. Основные положения выборочных испытаний на надежность. Виды и планы испытаний. Методы оценки показателей надежности…..13

Раздел 4. Статистический приемочный контроль надежности

Тема 4.1. Контроль надежности по методу однократной выборки……14

Тема 4.2. Последовательный контроль надежности……....14

Раздел 5. Обеспечение надежности автомобилей

Тема 5.2. Выбор технологических методов обеспечения надежности автомобиля……15

Тема 5.3. Обеспечение надежности при эксплуатации автомобиля……..15

Библиографический список……16

Приложение……...17

Надежность технических систем

Сборник задач
к практическим занятиям

ДМИТРИЕВ Владимир Александрович

Редактор *С.И. Костерина*
Верстка *Е.Э. Парсаданян*
Выпускающий редактор *Н.В. Беганова*

Подписано в печать 23.12.08.
Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. п. л. 1,37.
Уч.-изд. л. 1,25. Тираж 100 экз. Рег. № 445.

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии
Самарского государственного технического университета
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244.
Корпус № 8