

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

"Воронежский государственный технический университет"

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

**ДИАГНОСТИКА СТАНКОВ С ПОМОЩЬЮ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов направления 15.04.01 «Машиностроение»
(программа магистерской подготовки «Обеспечение
качественно-точных характеристик при изготовлении изделий
в автоматизированном машиностроительном производстве»)
всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 621.01(07)
ББК 34.5я7

Составитель д-р техн. наук, проф. С. Ю. Жачкин

Диагностика станков с помощью нейронных сетей: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления 15.04.01 «Машиностроение» (программа магистерской подготовки «Обеспечение качественно-точностных характеристик при изготовлении изделий в автоматизированном машиностроительном производстве») всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет»; сост.: С. Ю. Жачкин. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021.- 18 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению практических работ, рассматривается сценарный анализ и расчет сложных технических систем, объектов на предмет локальных предельных состояний.

Предназначены для студентов направления 15.04.01 «Машиностроение» всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ ДСсПНС_ПР.pdf.

Ил. 3. Табл. 5. Библиогр.: 8 назв.

УДК 621.01(07)
ББК 34.5 я7

Рецензент – С. Н. Яценко, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Практическая работа № 1

Определение единичных показателей надежности невосстанавливаемых объектов

Цель: научить студентов определять показатели безотказности по статистическим данным

Задачи обучения:

- ознакомить с показателями безотказности и основными методами их определения;
- привить навыки определения показателей безотказности невосстанавливаемых объектов;
- обучить давать характеристику находимых показателей безотказности.

Методы и формы обучения и преподавания: индивидуальная работа, работа в парах; ситуационные задачи.

Материально-техническое оснащение:

Калькулятор или компьютер с программами EXCEL.

Задания и методические указания к их выполнению:

Работа студента на занятии оценивается в 1-3 балла в зависимости от его активности при решении задач и ответах на поставленные преподавателем вопросы.

Примеры выполнения задания

Пример 1.1. На промышленные испытания поставлено 60 буровых лебедок. Испытания проводились в течение 2000 часов. В ходе испытаний отказало 6 буровых лебедок. Определить статистическую оценку вероятности безотказной работы изделий за время 2000 часов.

Решение.

Вероятность безотказной работы $R(t_1, t_2)$ – вероятность выполнить требуемую функцию при данных условиях в интервале времени (t_1, t_2) . Вероятность безотказной работы определяется в предположении, что в начале интервала времени (момент начала исчисления наработки) изделие находится в работоспособном состоянии.

Статистическая оценка вероятности безотказной работы определяется по формуле

$$\tilde{R}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N},$$

где N – число объектов, работоспособных в начальный момент времени;
 $n(t)$ – число объектов, отказавших на отрезке от 0 до t .

Подставляем исходные данные в формулу

$$\tilde{R}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N} = 1 - \frac{6}{60} = 0,9.$$

Ответ. Вероятность безотказной работы $\tilde{R}(t) = 0,9$. Вероятность безотказной работы является:

- показателем безотказности;
- единичным, так как характеризует только одно свойств – безотказность;
- экспериментальным, так как определяется по результатам испытаний;
- групповым, так как характеризует надежность партии изделий.

Пример 1.2. На промышленные испытания поставлено 60 буровых лебедок. Испытания проводились в течение 2000 часов. Зафиксированы отказы буровых лебедок в моменты времени $t_1 = 1210$ ч; $t_2 = 480$ ч; $t_3 = 900$ ч; $t_4 = 700$ ч; $t_5 = 1900$ ч; $t_6 = 1100$ ч; остальные буровые лебедки не отказали. Найти статистическую оценку среднего значения наработки до первого отказа.

Решение:

Средняя наработка до первого отказа – это математическое ожидание наработки по первого отказа.

Средняя наработка до первого отказа по статистическим данным определяется по формуле

$$\tilde{T}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i = \frac{1}{60} (1210 + 480 + 900 + 700 + 1900 + 1100 + 2000 \cdot 54) = 1904,83 \div \sim 1905 \text{ ч}$$

Ответ: Средняя наработка до первого отказ $T_0 = 1905$ ч. Средняя наработка до первого отказа является:

- показателем безотказности;
- единичным, так как характеризует только одно свойств – безотказность;
- экспериментальным, так как определяется по результатам испытаний;
- групповым, так как характеризует надежность партии изделий.

Задания для самостоятельной работы

Задача 1.1. На испытание поставлено 200 однотипных изделий. За 2000 ч отказало 50 изделий. За последующие 100 часов отказало ещё 5 изделий. Требуется определить:

1. статистическую оценку вероятности безотказной работы за время работы $t_1 = 2000$ час и $t_2 = 2100$ час;
2. статистическую оценку вероятности отказа за время работы $t_1 = 2000$ час и $t_2 = 2100$ час;
3. оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между $t_1 = 2000$ час и $t_2 = 2100$ час.

Задача 1.2. На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4000 часов работы отказало 50 изделий. Определить статистические оценки вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы 4000 часов.

Задача 1.3. На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4000 часов работы отказало 50 изделий. За последующие 50 часов еще 5 изделий. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между $t_1 = 4000$ час и $t_2 = 4050$ час.

Задача 1.4. В течение 500 часов работы из 20 буровых насосов отказало 2. За интервал времени 500 – 520 часов отказал еще один буровой насос. Дать оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между $t_1 = 500$ час и $t_2 = 520$ час.

Задача 1.5. На испытание поставлено 2000 подшипников качения. За первые 3000 часов отказало 80 изделий. За интервал времени 3000 – 4000 часов отказало еще 50 подшипников. Требуется определить статистическую оценку вероятности безотказной работы за время 4000 часов.

Задача 1.6. В течение 500 часов работы из 20 буровых насосов отказало 2. За интервал времени 500 – 520 часов отказал еще один буровой насос. Требуется определить статистическую оценку вероятности отказа за время 520 часов.

Задача 1.7. На испытание поставлено 600 изделий. За время 1200 часов вышло из строя 125 штук изделий. За последующий интервал времени 1200 – 1250 часов вышло из строя еще 13 изделий. Необходимо определить статистическую оценку вероятности безотказной работы и вероятности отказа за время работы $t_1 = 1200$ час и $t_2 = 1250$ час; оценку плотности распределения отказов и интенсивности отказов в промежутке времени между $t_1 = 1200$ час и $t_2 = 1250$ час.

Задача 1.8. На испытание поставлено 10 однотипных изделий. Получены следующие значения времени безотказной работы: $t_1 = 580$ час; $t_2 = 720$ час; $t_3 = 860$ час; $t_4 = 550$ час; $t_5 = 780$ час; $t_6 = 830$ час; $t_7 = 910$ час; $t_8 = 850$ час; $t_9 = 840$ час; $t_{10} = 750$ час. Определить статистическую оценку среднего времени безотказной работы изделия.

Контрольные вопросы:

1. Что такое безотказность?
2. Какие показатели надежности являются показателями безотказности?
3. Что такое вероятность безотказной работы?
4. Что такое вероятность отказа?
5. Как определяются статистические оценки вероятности безотказной работы и вероятности отказа?
6. Как определяется плотность распределения наработки?
7. Что такое интенсивность отказов?
8. Кривая зависимости интенсивности отказа во времени.

9. Дайте определение средней наработки до отказа и средней наработки до первого отказа.

Практическая работа № 2

Определение показателей безотказности невосстанавливаемых объектов по статистическим данным

Цель: научить студентов определять показатели безотказности по статистическим данным

Задачи обучения:

- ознакомить с методикой определения показателей безотказности по статистическим данным на определенном промежутке времени;
- привить навыки построения зависимостей показателей безотказности во времени;
- обучить давать характеристику находимых показателей безотказности.

Методы и формы обучения и преподавания: индивидуальная работа, работа в парах; ситуационные задачи, выполнение домашних заданий.

Материально-техническое оснащение:

Калькулятор или компьютер с программами EXCEL или MathCAD.

Задания и методические указания к их выполнению (алгоритм, форма, сроки отчетности, критерии оценивания):

На основе представленных статистических данных провести расчет и анализ показателей надежности серии невосстанавливаемых объектов.

Пример выполнения задания

Исходные данные: Число изделий, поставленных на испытание, $N = 1000$ изделий. Испытания проводятся в течение 100 часов. Каждые сто часов определялось количество отказов изделий. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Задание:

1. Найти статистическую оценку распределения вероятностей отказа $Q(t)$ и безотказной работы $R(t)$ во времени.
2. Найти изменение плотности вероятности отказов $f(t)$ и интенсивности отказов $\lambda(t)$ по времени.
3. Результаты расчета отразить на графиках.

Решение.

1. Определяем количество работоспособных изделий на конец каждого периода по формуле

$$N(t) = N - n(t)$$

2. Определяем статистическую оценку вероятности безотказной работы на конец каждого периода по формуле

$$\tilde{R}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N} = \frac{N(t)}{N}.$$

3. Определяем количество отказавших деталей нарастающим итогом на конец каждого периода по формуле

$$n(t_{i+1}) = n(t) + \Delta n(t)$$

4. Определяем статистическую оценку вероятности отказа на конец каждого периода по формуле

$$\tilde{Q}(t) = \frac{n(t)}{N}.$$

5. Определяем статистическую оценку плотности вероятности отказов по формуле

$$\tilde{f}(t) = \frac{\Delta n(t)}{N \Delta t}.$$

6. Определяем значение интенсивности отказов по формуле

$$\tilde{\lambda}(t) = \frac{\Delta n(t)}{(N - n(t)) \Delta t}$$

7. Результаты расчета для удобства сводим в таблицу 1

8. По данным расчета строим графики зависимости расчетных величин по времени (рис. 1-3)

Таблица 1

Результаты расчета статистических оценок показателей безотказности

Вре- мен- ной интер- вал Δt , час	Коли- чество отказов за дан- ный интер- вал $\Delta n(t)$	Количе- ство рабо- тоспособ- ных изде- лий на ко- нец перио- да $N(t)$	Коли- чество отка- завших изде- лий на конец перио- да	Веро- ятность безот- казной работы $R(t)$	Веро- ятность отказа $Q(t)$	Плот- ность вероят- ности отказов $f(t)$, $\cdot 10^{-2}$	Интен- сивность отказов $\lambda(t)$, $\cdot 10^{-2}$
		1000					
0 – 100	50	950	50	0,95	0,05	0,0005	0,000526 32
100 – 200	40	910	90	0,91	0,09	0,0004	0,000439 56
200 – 300	20	890	110	0,89	0,11	0,0002	0,000224 72
300 – 400	20	870	130	0,87	0,13	0,0002	0,000229 89
400 – 500	10	860	140	0,86	0,14	0,0001	0,000116 28
500 – 600	70	790	210	0,79	0,21	0,0007	0,000886 08
600 – 700	110	680	320	0,68	0,32	0,0011	0,001617 65
700 – 800	280	400	600	0,4	0,6	0,0028	0,007
800 – 900	250	150	850	0,15	0,85	0,0025	0,016666 67
900 – 1000	150	0	1000	0	1	0,0015	

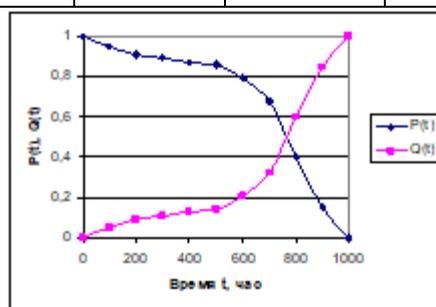


Рис. 1. График зависимости вероятности безотказной работы и вероятности отказа от времени

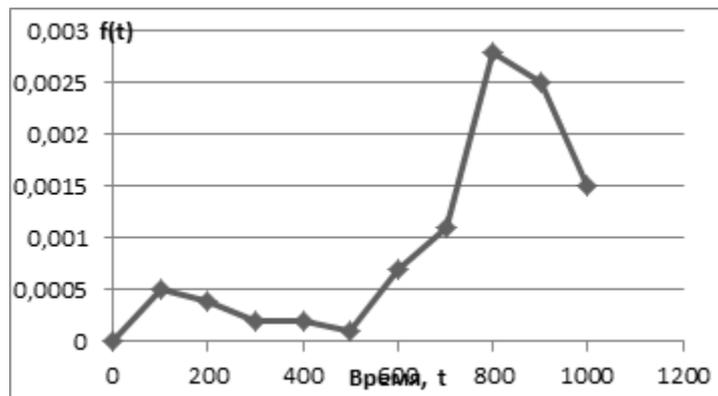


Рис. 2. График зависимости плотности распределения отказов во времени

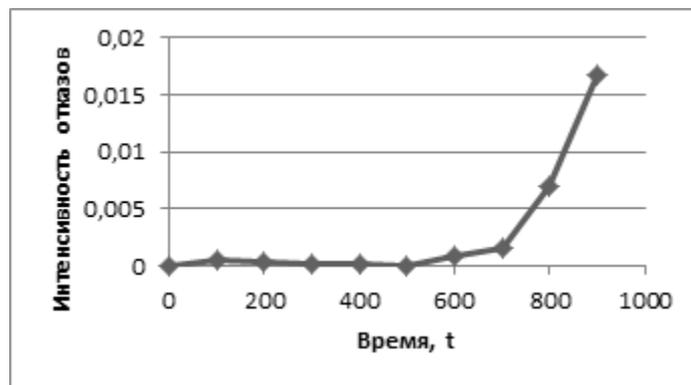


Рис. 3. График зависимости интенсивности отказов от времени

Исходные данные для выполнения задания представлены в виде таб. 2.

Таблица 2

Исходные данные для выполнения задания по практической работе № 2

Н ом ер ва ри ан та	Об- щее кол- во изде- де- лий	Количество отказавших изделий за интервал времени t_i , шт.									
		0 – 100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 – 500	500 – 600	600 – 700	700 – 800	800 – 900	900 – 1000
1	1000	30	170	50	20	30	20	280	200	70	130
2	2500	80	320	300	20	80	600	600	110	210	200
3	3000	100	500	200	10	90	100	100	600	100	500
4	5100	150	950	200	100	50	190	1360	1100	250	750
5	1150	50	180	60	20	35	25	330	220	50	170
6	7300	124 0	370	140	230	140	206 0	1450	450	1000	1240
7	8300	250	1410	420	170	250	160	2320	1660	420	1240

8	300	9	51	15	6	9	6	84	60	15	45
9	1000	30	170	50	30	20	20	180	300	140	60
10	300	9	51	15	9	6	6	54	90	42	18
11	700	22	117	38	20	12	13	143	195	98	42
12	6700	200	1140	260	270	140	134	1206	2010	890	450
13	3700	110	630	190	110	70	80	660	1110	520	220
14	1200	40	200	60	36	24	24	216	360	168	72
15	1800	60	300	90	60	30	36	324	540	252	108
16	1300	34	224	66	30	14	16	276	380	186	74
17	1330										
	0	390	2270	510	530	270	258	2402	4010	1770	890
18	7300	210	1250	370	210	130	150	1310	2210	1030	430
19	2300	70	390	110	62	38	38	422	710	326	134
20	3500	110	590	170	110	50	62	638	1070	494	206

Контрольные вопросы:

1. Свойства функции вероятности безотказной работы?
2. Свойства функции вероятности отказа?
3. Каким образом определяется плотность распределения наработки во времени?
4. Кривая зависимости интенсивности отказа во времени.
5. Кривая плотности распределения отказов во времени

Практическая работа № 3

Определение единичных и комплексных показателей восстанавливаемых объектов

Цель: научить студентов определять показатели надежности по статистическим данным

Задачи обучения:

- ознакомить с методикой определения единичных и комплексных показателей по статистическим данным;
- привить навыки расчета показателей надежности;
- обучить давать характеристику находимых показателей надежности.

Методы и формы обучения и преподавания: индивидуальная работа, работа в парах; ситуационные задачи.

Материально-техническое оснащение:

Калькулятор или компьютер с программами EXCEL или MathCAD.

Задания и методические указания к их выполнению (алгоритм, форма, сроки отчетности, критерии оценивания):

Работа студента на занятии оценивается в 1-3 балла в зависимости от активности студента на занятии при решении задач, точности формулировок основных понятий и определений.

Пример 3.1. На промышленные испытания поставлено 3 буровых насоса. В ходе испытаний у первого насоса было зафиксировано 144 отказа, у второго – 160 отказов, у третьего – 157 отказов. Суммарная наработка на отказ для первого насоса составила 3250 часов, для второго – 3600 часов, для третьего – 2800 часов. Определить среднюю наработку до отказа и средний ресурс бурового насоса.

Решение. Средняя наработка до отказа определяется по формуле

$$\hat{T}_{\bar{n}\delta} = \frac{t_{\bar{n}\delta i}}{n(t_{\bar{n}\delta i})} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\sum_{i=1}^N m_i} = \frac{3250 + 3600 + 2800}{144 + 160 + 157} = 20,9 \text{ час.}$$

Средний ресурс определяем по формуле

$$T_{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^N T_{\delta i}}{N} = \frac{3250 + 3600 + 2800}{3} = 3216,7 \text{ час.}$$

Ответ. Средняя наработка до отказа равна $\hat{T}_{\bar{n}\delta} = 20,9 \text{ час}$, данный показатель является:

- показателем безотказности;
- единичным, так как характеризует только одно свойств – безотказность;
- экспериментальным, так как определяется по результатам испытаний;
- смешанным, так как характеризует надежность небольшой партии изделий.

Средний ресурс равен , $T_{\delta} = 3216,7 \text{ час}$, данный показатель является:

- показателем долговечности;
- единичным, так как характеризует только одно свойств – долговечность;
- экспериментальным, так как определяется по результатам испытаний;
- смешанным, так как характеризует надежность небольшой партии изделий.

Пример 3.2. На испытания поставлено 500 изделий. Результаты определения ресурса представлены в таблице 3. По данным испытаний определить гамма-процентный ресурс для $\gamma = 95 \%$, 90% и 80% .

Таблица 3

Результаты испытаний изделий

№№	Интервал времени, час	Количество отказавших изделий n(t)
1	0 – 100	24
2	100 – 200	29
3	200 – 300	35
4	300 – 400	15
5	400 – 500	16
6	500 – 600	20
7	600 – 700	35
8	700 – 800	57
9	800 – 900	133
10	900 – 1000	136

Решение. Для определения гамма-процентного ресурса необходимо найти значение наработки, вероятность которой равна 0,95; 0,90; 0,80, согласно формуле

$$P(\hat{\sigma}_{\gamma}) = \frac{\gamma}{100}.$$

Определим количество работоспособных изделий и вероятность безотказной работы на конец каждого временного интервала, результаты расчета сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Результаты расчета

№№	Интервал времени, час	Количество отказавших изделий n(t)	Количество работоспособных изделия N(t) к концу периода	Вероятность безотказной работы P(t)
1	0 – 100	24	476	0,952
2	100 – 200	29	447	0,894
3	200 – 300	35	412	0,824
4	300 – 400	15	397	0,794
5	400 – 500	16	381	0,762
6	500 – 600	20	361	0,722
7	600 – 700	35	326	0,652
8	700 – 800	57	269	0,538
9	800 – 900	133	136	0,272
10	900 – 1000	136	0	0

По представленному расчету вероятностям 0,95; 0,90 и 0,80 соответствуют значения наработки равные 100, 200 и 400 часов соответственно (выделены в таблице 4).

Ответ: гамма-процентные ресурсы равны $T_{p95} = 100$ часов; $T_{p90} = 200$ часов; $T_{p95} = 400$ часов, показатели являются:

- показателем долговечности;
- единичным, так как характеризует только одно свойств – долговечность;
- экспериментальным, так как определяется по результатам испытаний;
- смешанным, так как характеризует надежность небольшой партии изделий.

Задания для самостоятельной работы

Задача 3.1. На промышленные испытания поставлено 3 вертлюга. В ходе испытаний у первого насоса было зафиксировано 37 отказа, у второго – 29 отказов, у третьего – 48 отказов. Суммарная наработка на отказ для первого вертлюга составила 3100 часов, для второго – 2200 часов, для третьего – 2700 часов. Определить среднюю наработку до отказа.

Задача 3.2. На эксплуатацию поставлено 250 изделий. На моменты времени t_1 – t_7 зафиксировано определенное количество отказов (табл. 5). Остальные изделия не отказали. Определить средний ресурс.

Таблица 5

t_i , час	50	100	150	200	250	300	350
$n(t_i)$	5	8	11	15	21	31	9

Задача 3.3. На промышленные испытания поставлено 3 насоса. В ходе испытаний у первого насоса было зафиксировано 37 отказа, у второго – 29 отказов, у третьего – 48 отказов. Суммарная наработка до отказа для первого насоса составила 3100 часов, для второго – 2200 часов, для третьего – 2700 часов. Определить средний ресурс насоса.

Задача 3.4. Длительность проведения технического обслуживания для бурового насоса составляет 45 часов. Межремонтный цикл составляет 2335 часов. Определить коэффициент готовности бурового насоса.

Задача 3.5. Какую длительность восстановления работоспособности должен иметь объект с межремонтным циклом 2000 часов, чтобы коэффициент готовности объекта составлял 0,95.

Задача 3.6. Определить среднее время восстановления компрессора, если на проведение 5 мелких ремонтов было затрачено 30,5 часа.

Задача 3.7. Годовое время работы одной буровой лебедки составляет 3500 часов. За год проводится 4 технических обслуживания продолжительностью 65 часов каждое и 1 средний ремонт продолжительностью 360 часов. Определить коэффициент технического использования буровой лебедки.

Задача 3.8. По данным задачи 3.7 определить коэффициент готовности буровой лебедки.

Задача 3.9. В ходе наблюдений за работой турбобура были зафиксированы отказы в следующие моменты времени: 110, 167, 284, 365, 512, 650 часов работы. Определить среднюю наработку между отказами турбобура.

Задача 3.10. По данным задачи 3.9 определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа за 300 и 600 часов работы.

Контрольные вопросы:

1. дайте определение средней наработки до отказа и средней наработки на отказ;
2. какие показатели используются при определении долговечности;
3. как определяются средний и гамма-процентный ресурс;
4. как определяются средний и гамма-процентный срок службы;
5. дайте характеристику показателям ремонтпригодности: вероятности восстановления, интенсивности восстановления, среднему сроку восстановления;
6. дайте характеристику показателям сохраняемости: среднему сроку сохраняемости, гамма-процентному сроку сохраняемости;
7. приведите определение и дайте характеристику коэффициенту готовности;
8. приведите определение и дайте характеристику коэффициенту оперативной готовности;
9. приведите определение и дайте характеристику коэффициенту технического использования;
10. приведите определение и дайте характеристику коэффициенту сохранения эффективности.

Практическая работа № 4

Определение показателей надежности объектов при различных законах распределения

Цель: научить студентов определять показатели надежности, которые подчиняются различным законами распределения

Задачи обучения:

- ознакомить с методикой определения единичных и комплексных показателей по статистическим данным для закона нормального распределения, экспоненциального закона и закона Вейбулла;
- привить навыки расчета показателей надежности при различных законах распределения;
- обучить давать характеристику находимых показателей надежности.

Методы и формы обучения и преподавания: индивидуальная работа, работа в парах; ситуационные задачи.

Материально-техническое оснащение:

Калькулятор или компьютер с программами EXCEL или MathCAD.

Задания и методические указания к их выполнению (алгоритм, форма, сроки отчетности, критерии оценивания):

Работа студента на занятии оценивается в 1-3 балла в зависимости от активности студента на занятии при решении задач, точности формулировок основных понятий и определений.

Пример 4.1. По результатам наблюдений за работой средняя наработка на отказ равна 2000 часов, среднеквадратическое отклонение 400 часов. Определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа для значения наработок 1000, 2500 и 3000 часов, закон распределения отказов – нормальный.

Решение: Определяем значение квантили нормированного нормального распределения U_p по формуле и соответствующей ей функции Лапласа.

Для наработки 1000 часов квантиль и функция нормированного нормального распределения соответственно

$$U_p = \frac{t - M_t}{\sigma_t} = \frac{1000 - 2000}{400} = -0,25 ; \quad \Phi(U_p) = \Phi(-0,25) = 0,4013 .$$

Для наработки 2500 часов

$$U_p = \frac{t - M_t}{\sigma_t} = \frac{2500 - 2000}{400} = 1,25 ; \quad \Phi(U_p) = \Phi(1,25) = 0,8944 .$$

Для наработки 3000 часов

$$U_p = \frac{t - M_t}{\sigma_t} = \frac{3000 - 2000}{400} = 2,5 ; \quad \Phi(U_p) = \Phi(2,5) = 0,9938 .$$

Вероятность безотказной работы для показателей подчиняемых закону нормального распределения определяем по формуле:

$$P(t) = 1 - \Phi(U_p) = 1 - 0,4013 = 0,5987 \text{ – при наработке 1000 часов;}$$

$$P(t) = 1 - \Phi(U_p) = 1 - 0,8944 = 0,1056 ; \text{ – при наработке 2500 часов;}$$

$$P(t) = 1 - \Phi(U_p) = 1 - 0,9938 = 0,0062 . \text{ – при наработке 3000 часов.}$$

Вероятность отказа определяем по формуле:

$$Q(t) = \Phi(U_p) = 0,4013 \text{ – при наработке 1000 часов;}$$

$$Q(t) = \Phi(U_p) = 0,8944 ; \text{ – при наработке 2500 часов;}$$

$$Q(t) = \Phi(U_p) = 0,9938 . \text{ – при наработке 3000 часов.}$$

Ответ: при наработке 1000 часов: $P(t) = 0,5987$; $Q(t) = 0,4013$; при наработке 2500 часов: $P(t) = 0,1056$; $Q(t) = 0,8944$; при наработке 3000 часов $P(t) = 0,0062$; $Q(t) = 0,9938$.

Задания для самостоятельной работы

Задача 4.1. По результатам наблюдений за работой объекта средняя наработка до отказа равна 2000 часов, среднеквадратическое отклонение 400 часов. Определить значения наработок до отказа, которые соответствуют вероятности отказа 0,9; 0,5; 0,005. Закон распределения отказов – нормальный.

Задача 4.2. Предельно допустимое значение ресурса составляет 7000 часов, среднее квадратическое отклонение 1000 часов. Определить средний ресурс, вероятность отказа и вероятность безотказной работы при 5000 часах.

Задача 4.3. В результате изучения процесса изнашивания клыка роторного экскаватора установлено, что средняя величина износа соответствует 5 мм, дисперсия $0,01 \text{ мм}^2$. Какова вероятность того, что найденное значение износа превышает среднее, не более чем на 5 %.

Задача 4.4. Средняя наработка на отказ соответствует 1500 часам, коэффициент вариации 0,3. Определить показатели надежности для наработок 1000 часов, 2000 часов, 3000 часов.

Задача 4.5. Среднее квадратическое отклонение ресурса равно 400 часам, коэффициент вариации 0,3. Определить показатели надежности для наработок 1000 часов, 2000 часов, 3000 часов.

Задача 4.6. На испытания установлено 200 задвижек. Через 1000 часов работы отказало 50 задвижек, через 2000 часов еще 20 задвижек. Определить количество отказавших задвижек в промежутке времени от 1500 часов до 3000 часов работы, если среднее квадратическое отклонение ресурса 500 часов.

Задача 4.7. На испытания установлено 100 долот. Через 150 часов работы отказало 50 долот, через 50 часов еще 2 долота. Определить количество отказавших долот в промежутке времени от 200 часов до 250 часов работы, если коэффициент вариации ресурса 0,1.

Задача 4.8. Минимальная наработка на отказ составляет 3000 часов, средняя наработка 1200 часов. Определить количество отказавших изделий при наработке 9000 часов и характеристики надежности.

Задача 4.9. Определить вероятность отказа изделия при наработке 1500 часов, если коэффициент вариации равен 0,2, нижнее предельно-допустимое значение наработки составляет 2000 часов.

Задача 4.10. Предельно допустимое значение наработки на отказ составляет 1600 часов, максимальное значение 2000 часов. Определить вероятность отказа при наработке 1200 часов и характеристики данного распределения.

Задача 4.11. Нарботка до отказа изделия подчиняется закону Вейбулла с параметрами $\alpha=1,5$ и $\lambda=10^{-4}$ 1/час. Определить количественные характеристики надежности изделия за время работы изделия 100 час.

Задача 4.12. Вероятность безотказной работы автоматической линии изготовления штоков бурового насоса в течение 120 час равна 0,95. Определить интенсивность отказов линии для момента времени 120 часов и среднее время безотказной работы. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности.

Задача 4.13. Среднее время безотказной работы автоматической системы управления равно 640 час. 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.

Задача 4.14. Время исправной работы скоростных шарикоподшипников подчинено закону Вейбулла с параметрами $\alpha=2,6$; $\lambda = 1,65 \cdot 10^{-7}$ 1/час. Требуется вычислить количественные характеристики надежности для времени 150 часов и среднее время безотказной работы шарикоподшипников.

Задача 4.15. Определить вероятность безотказной работы и интенсивность отказов прибора при $t = 1300$ часов работы, если при испытаниях получено значение среднего времени безотказной работы $M_t=1500$ часов и среднее квадратическое отклонение $\sigma_t= 100$ час.

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой закон распределения случайной величины?
2. Для расчета каких показателей и технических систем применяется нормальный закон распределения?
3. Расчет показателей надежности, подчиняющихся нормальному закону распределения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Острейковский В.А. Теория надежности: учебник для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2008. – 464 с.;
2. Хайкин, Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2е издание [Текст].: Пер. с англ. М. Издательский дом "Вильямс", 2006. 1104 с. : ил.
3. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика[Текст]. - 1-е. - М.: Горячая линия - Телеком, 2001. - С. 382.
4. Осовский С. С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. С. Осовский – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.
5. Головкин В. А. Нейронные сети: обучение, организация и применение [Текст]. Кн. 4: Учеб. Пособие для вузов М.: ИПРЖР, 2001. - 256с.
6. Круглов В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети [Текст]/В. В. Круглов, М. И. Длин, Р. Ю. Голунов, Физматлит 2001. - 224 с.

7. Ростовцев В.С., Исупов К.С. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010610489. Система моделирования многослойной нейронной сети. Зарег, в государственном Реестре программ 11 января 2010г.

8. Ярушкина, Н. Г. Основы теории нечётких и гибридных систем [Текст]: учеб, пособие/Н. Г. Ярушкина. - М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.: ил

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа № 1. Определение единичных показателей надежности невосстанавливаемых объектов	3
Практическая работа № 2. Определение показателей безотказности невосстанавливаемых объектов по статистическим данным	6
Практическая работа № 3. Определение единичных и комплексных показателей восстанавливаемых объектов	10
Практическая работа № 4. Определение показателей надежности объектов при различных законах распределения.....	14
Библиографический список	17

ДИАГНОСТИКА СТАНКОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов направления 15.04.01 «Машиностроение»,
(программа магистерской подготовки «Обеспечение качественно-
точностных характеристик при изготовлении изделий в
автоматизированном машиностроительном производстве»)
всех форм обучения

Составитель
Жачкин Сергей Юрьевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 08.12.2021.
Уч.-изд. л. 1,1

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летие Октября, 84