

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОУВПО

Донецкий национальный технический университет
ДОННТУ
Кафедра охраны труда и аэрологии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ
«БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В ГОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»
(для студентов горных специальностей)**

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
«Охрана труда и аэрология»
Протокол № 1 от 27 августа 2020 г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании учебно- изда
тельского совета ДОННТУ
Протокол № от 2020 г.

Донецк
2020

ББК 65в6

Методические рекомендации и задания для самостоятельной работы студентов по курсу «Безопасность и надежность технологических процессов в горном производстве» (для студентов горных специальностей всех форм обучения)/ сост. В.П. Овсянников– Донецк: ДОННТУ, 2020. – 21 с.

Приведены необходимые теоретические сведения, контрольные задания и вопросы для самостоятельной работы студентов по курсу «Безопасность и надежность технологических процессов в горном производстве». Даны рекомендации и алгоритмы для выполнения контрольного задания.

Учебно-методические рекомендации могут быть использованы студентами горных специальностей всех форм обучения при подготовке и выполнении самостоятельных и контрольных работ.

Составитель:

к.т.н., доц. Овсянников В.П.

Рецензенты:

Содержание

Вычисление показателей надежности невосстанавливаемых изделий.....	4
Определение показателей надежности восстанавливаемых изделий.....	5
Экспоненциальный (показательный) закон.....	6
Распределение Вейбулла	7
Задачи	7
Задача 1.	7
Задача 2.	8
Задача 3.	9
Задача 4.	10
Задача 5.	11
Задача 6.	11
Задача 7.	12
Задача 8.	12
Задача 9.	13
Задача 10.	13
Задача 11.	14
Задача 12.	14
Задача 13.	14
Задача 14.	14
Задача 15.	15
Задача 16.	15
Задача 17.	15
Задача 18.	15
Задача 19.	15
Задача 20.	15
Вопросы для контрольной работы.....	15
Самостоятельная работа студентов.....	17
Контрольные задания.....	18
Список литературы.....	19

Вычисление показателей надежности невосстанавливаемых изделий

Вероятность безотказной работы. Под вероятностью безотказной работы (ВБР) объекта понимается вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет. ВБР является основной количественной характеристикой безотказности объекта на заданном временном интервале. Статистически (по результатам наблюдений) ВБР определяется

$$P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0} \approx \frac{N(t)}{N_0}, \quad (1)$$

где N_0 — число объектов в начале испытаний; n_i — число отказавших объектов в интервале времени t_i ; t — время, для которого определяется ВБР; $N(t)$ — число объектов, исправно работающих на интервале $[0, t]$.

Статистически вероятность отказа вычисляется как

$$Q(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0}, \quad (2)$$

где N_0 , n_i , t и Δt_i имеют те же значения, что и в выражении (0.1).

Плотность вероятности $f(t)$ (частота отказов) статистически определяется по формуле

$$f(\Delta t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N \Delta t}, \quad (3)$$

где $\Delta n(\Delta t)$ — число отказов за интервал времени Δt .

Средняя наработка до отказа — это математическое ожидание наработки до первого отказа $m_1(T)$. Обозначают T_{cp} и называют иногда средним временем безотказной работы. Статистическая средняя наработка до отказа однотипных объектов равна

$$T_{cp} = \frac{1}{N_0} \sum_{j=1}^{N_0} t_j, \quad (4)$$

где t_j — время исправной работы j -го объекта.

Интенсивность отказов — это отношение числа отказавших объектов в единицу времени к среднему числу объектов, продолжающих исправно работать в данный интервал времени

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N(t)\Delta t}, \quad (5)$$

где $\Delta n(\Delta t)$ - число отказов объекта за промежуток времени Δt

$$N(t) = \frac{N_{i-1} + N_i}{2},$$

N_{i-1} — число исправно работающих объектов в начале интервала времени Δt ;

N_i — число исправно работающих объектов в конце интервала времени Δt .

Интенсивность отказов часто называют λ -характеристикой, она показывает, какая часть объектов выходит из строя в единицу времени по отношению к среднему числу исправно работающих объектов.

Определение показателей надежности восстанавливаемых изделий

Средняя наработка на отказ – наработка восстанавливаемого элемента, приходящаяся в среднем на один отказ в рассматриваемом интервале суммарной наработки или определённой продолжительности эксплуатации:

$$T_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i, \quad (6)$$

где t_i – наработка элемента до i -го отказа; m – число отказов в рассматриваемом интервале суммарной наработки.

Среднее время восстановления одного отказа в рассматриваемом интервале суммарной наработки или определённой продолжительности эксплуатации

$$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{bi}, \quad (7)$$

t_{bi} – время восстановления i -го отказа; m – число отказов в рассматриваемом интервале суммарной наработки.

Коэффициент готовности K_r представляет собой вероятность того, что изделие будет работоспособно в произвольный момент времени, кроме перио-

дов выполнения планового технического обслуживания, когда применение изделия по назначению исключено

В стационарном (установившемся) режиме эксплуатации и при любом виде закона распределения времени работы между отказами и времени восстановления коэффициент готовности определяют по формуле

$$K_G = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (8)$$

где T_0 – средняя наработка на отказ; T_B – среднее время восстановления одного отказа.

Коэффициент технического использования учитывает затраты времени на плановые и неплановые ремонты, а также регламенты, и определяется по формуле

$$K_{Т.И.} = \frac{t_H}{t_H + t_B + t_P + t_0}, \quad (9)$$

где t_H – суммарная наработка изделия в рассматриваемый промежуток времени; t_B , t_P и t_0 – соответственно суммарное время, затраченное на восстановление, ремонт и техническое обслуживание изделия за тот же период времени.

Экспоненциальный (показательный) закон распределения времени безотказной работы технического устройства в общем случае записывается так:

$$P(t) = \exp(-\lambda t), \quad (10)$$

где λ - интенсивность отказов объекта для экспоненциального распределения (она постоянна), т.е. $\lambda = \text{const}$.

Вероятность отказа за время t

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \exp(-\lambda t). \quad (11)$$

Частота отказов

$$f(t) = \frac{dQ}{dt} = \lambda \exp(-\lambda t), \quad (12)$$

Интенсивность отказов

$$\lambda = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (13)$$

Среднее время работы до возникновения отказа

$$T_1 = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt = 1/\lambda \quad (14)$$

Распределение Вейбулла

Распределение Вейбулла применяют для случая, когда поток отказов не стационарный, т.е. плотность потока изменяется с течением времени. Характеристики надежности в этом случае определяются по формулам.

Плотность вероятности отказов этого распределения:

$$f(t) = \lambda_0 \alpha t^{\alpha-1} \exp(-\lambda_0 t^\alpha), \quad (15)$$

Вероятность отсутствия отказа за время t

$$P(t) = \exp(-\lambda_0 t^\alpha). \quad (16)$$

Интенсивность отказов

$$\lambda(t) = \lambda_0 \alpha t^{\alpha-1} \text{ или } \lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} \quad (17)$$

Средняя наработка до первого отказа определится из следующего выражения:

$$T_{cp} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha+1}\right)}{\lambda_0^{\frac{1}{\alpha}}}. \quad (18)$$

Значения Γ (гамма-функции) табулированы в электронных таблицах.

Задачи

Задача 1. На испытание было поставлено $N_0=500$ однотипных изделий. За первые $t_1=3000$ ч отказало $n_1=40$ изделий, а за интервал времени $t_2=3000$ – $t_3=4000$ ч отказало еще $n_2=25$ изделий. Требуется определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа за t_2 и t_3 ч работы. Вычислить плотность и интенсивность отказов изделий в промежутке времени t_2 – t_3 ч.

Пример решения

Вероятность безотказной работы

$$P(3000) = \frac{N(3000)}{N_0} = \frac{460}{500} = 0,92 \quad (1,1)$$

где $N(3000) = N_0 - \sum n_i = 500 - 40 = 460$ (1,2)

$$P(4000) = \frac{N(4000)}{N_0} = \frac{435}{500} = 0,87 \quad (1,3)$$

где $N(4000) = N_0 - \sum n_i = 500 - (40 + 25) = 435$ (1,4)

Вероятность отказа

$$Q(3000) = \frac{\sum n_i}{N_0} = \frac{40}{500} = 0,08 \quad (1,5)$$

$$Q(4000) = \frac{40 + 25}{500} = 0,13 \quad (1,6)$$

Плотность вероятности отказов в интервале 3000 ... 4000 ч

$$f(\Delta t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N_0 \Delta t} = \frac{25}{500 * 1000} = 0,00005 \text{ (1/ч)} \quad (1,7)$$

Интенсивность отказов в интервале 3000 ... 4000 ч

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N(t) \Delta t} = \frac{25}{445 * 1000} = 0,00005 \text{ (1/ч)} \quad (1,8)$$

$$N(t) = \frac{N_{t-1} + N_t}{2} = \frac{460 + 435}{2} = 447,5 \quad (1,9)$$

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
No	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
t1	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
n1	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
t2	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000
n2	20	25	30	35	40	45	50	55	60	60,05
t3	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500

Задача 2 На испытание поставлено $N_0=400$ изделий. За $t_1=3000$ часов отказало $n_1=200$ изделий, за следующие $t_2=100$, часов отказало еще $n_2=100$ изделий. Определить $P(t_1)$, $P(t_1 + t_2)$, $P(t_1 + t_3)$, $f(t_1 + t_3)$, $\lambda(t_1 + t_3)$, $t_3=50$ часов.

Пример решения

Вероятность безотказной работы в течение 3000, 3100 и 3050 ч

$$P(3000) = \frac{N(3000)}{N_0} = \frac{200}{400} = 0,5, \quad (2.1)$$

где $N(3000) = N_0 - \sum n_i = 400 - 200 = 200$ (2.2)

$$P(3100) = \frac{N(3100)}{N_0} = \frac{100}{400} = 0,25 \quad (2.3)$$

где $N(3100) = N_0 - \sum n_i = 400 - (200 + 100) = 100$ (2.4)

$$P(3050) = \frac{N(3050)}{N_0} = \frac{150}{400} = 0,375 \quad (2.5)$$

где $N(3050) = N_0 - \sum n_i = 400 - (200 + 50) = 150$ (2.6)

Принимая среднюю частоту отказов 1 отказ в час (n_2/t_2), за t_3 часов имеем $n_3 = 50$ отказов.

Плотность вероятности отказов в течение t_3 ч

$$f(t_1 + t_3) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N_0 \Delta t} = \frac{n_1 + n_3}{N_0 * (t_1 + t_3)} = \frac{250}{400 * 3050} = 0,0002 \quad (2.7)$$

Интенсивность отказов в промежуток времени от 0 до $t_1 + t_3$ ч

$$\lambda(t_1 + t_3) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N(t) \Delta t} = \frac{n_1 + n_3}{N(t) (t_1 + t_3)} = \frac{250}{275 * 3050} \quad (2.8)$$

$$N(t) = \frac{N_0 + n_3}{2} = \frac{400 + 150}{2} = 275 \quad (2.9)$$

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_0	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
t_1	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
n_1	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
t_2	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230
n_2	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
t_3	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110

Задача 3. В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за работой технологической линии по выработке сливочного масла. За весь период наблюдений было зарегистрировано $n=15$ отказов. До начала наблюдений линия проработала $t_1=258$ ч, к концу наблюдения наработка линии составила $t_2=1233$ ч. Требуется определить среднюю наработку на отказ T_0 .

Пример решения

$$T_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = \frac{t_2 - t_1}{n} = \frac{1233 - 258}{15} = 65 \text{ (ч)}. \quad (3.1)$$

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
t ₁	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425
t ₂	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800

Задача 4. Производилось наблюдение за работой трех экземпляров однотипной аппаратуры. За период наблюдений было зафиксировано по первому экземпляру аппаратуры $n_1=6$ отказов, по второму и по третьему – $n_2=11$ и $n_3=8$ отказов соответственно. Нарботка первого экземпляра составила $t_1=181$ ч, второго – $t_2=329$ ч, третьего – $t_3=245$ ч. Требуется определить наработку аппаратуры на отказ.

Пример решения. Нарботка на отказ первого экземпляра

$$T_{01} = \frac{1}{n_1} \sum t_{cp1} = \frac{181}{6} = 301 \text{ (ч)}; \quad (4.1)$$

Нарботка на отказ второго экземпляра

$$T_{02} = \frac{1}{n_2} \sum t_{cp2} = \frac{329}{11} = 299 \text{ (ч)}; \quad (4.2)$$

Нарботка на отказ третьего экземпляра

$$T_{03} = \frac{1}{n_3} \sum t_{cp3} = \frac{245}{8} = 306 \text{ (ч)}. \quad (4.3)$$

Средняя наработка аппаратуры на отказ

$$T_0 = \frac{T_{01} + T_{02} + T_{03}}{3} = \frac{3017 + 2991 + 3062}{3} = 3023 \text{ (ч)}. \quad (4.4)$$

$$\text{Или } t_{cp} = \frac{t_{cp1} + t_{cp2} + t_{cp3}}{3} = \frac{181 + 329 + 245}{3} = 251 \text{ (ч)}; \quad (4.5)$$

$$n = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} = \frac{6 + 11 + 8}{3} = 8,33 \text{ (ч)}. \quad (4.6)$$

$$T_0 = \frac{1}{n} \sum t_{cpi} = \frac{25167}{8,33} = 302 \text{ (ч)}. \quad (4.7)$$

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n ₁	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
n ₂	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
n ₃	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32
t ₁	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
t ₂	250	265	280	295	310	325	340	355	370	385
t ₃	220	234	248	262	276	290	304	318	332	346

Задача 5 За наблюдаемый период эксплуатации в аппаратуре было зафиксировано 8 отказов. Время восстановления составило:

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 12 \text{ мин} & t_2 &= 23 \text{ мин} & t_3 &= 15 \text{ мин} & t_4 &= 9 \text{ мин} \\
 t_5 &= 17 \text{ мин} & t_6 &= 28 \text{ мин} & t_7 &= 25 \text{ мин} & t_8 &= 31 \text{ мин.}
 \end{aligned}$$

Требуется определить среднее время восстановления аппаратуры.

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t ₁	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
t ₂	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
t ₃	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
t ₄	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
t ₅	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35
t ₆	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37
t ₇	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
t ₈	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41

Пример решения. Среднее время восстановления равно

$$T_6 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{si} = \frac{12+23+15+9+17+28+25+31}{8} = 20 \text{ (мин)}. \quad (5.1)$$

Задача 6. Интенсивность отказов изделия $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3}$ 1/час = const. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение $t_1 = 6$ час работы $P(t_1)$, частоту отказов $f(t_2)$ при $t_2 = 100$ час и среднюю наработку до первого отказа T_{cp} .

Пример решения. Вероятность безотказной работы в течение 6 час работы $P(6)$

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-0,00082 \cdot 6} = 0,994 \quad (6.1)$$

Частота отказов при $t_2 = 100$ час.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,00082 \cdot e^{-0,00082 \cdot 100} = 0,7510^{-3} \text{ (1/час)} \quad (6.2)$$

Средняя наработка до отказа

$$T_{cp} = 1/\lambda = 1/0,00082 = 1219 \text{ (час)} \quad (6.3)$$

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
t_2	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
λ	2,00E-04	7,00E-04	1,20E-03	1,70E-03	2,20E-03	2,70E-03	3,20E-03	3,70E-03	4,20E-03	4,70E-03

Задача 7 Вероятность безотказной работы автоматической линии изготовления цилиндров автомобильного двигателя в течение $t_1=120$ час равна $P_1=0,9$. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов линии для момента времени $t_2=120$ час.

Пример решения. Интенсивность отказов определим, исходя из вероятности безотказной работы

$$P(t) = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln[P(t)] = -\lambda t \quad (7.1)$$

$$\lambda = -\ln[P(t)]/t = -\ln(0,9)/120 = 0,88 \cdot 10^{-3} (1/\text{ч}\cdot\text{а}\cdot\text{д}) \quad (7.2)$$

Частота отказов

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,88 \cdot 10^{-3} e^{-0,00088 \cdot 120} = 0,79 \cdot 10^{-3} (1/\text{ч}\cdot\text{а}\cdot\text{д}) \quad (7.3)$$

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_1	80	87	94	101	108	115	122	129	136	143
t_2	95	103	111	119	127	135	143	151	159	167
P	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95

Задача 8 Средняя наработка до первого отказа автоматической системы управления равна $T_{cp}=640$ час. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение $t_2=120$ час, частоту отказов для момента времени $t_3=120$ час и интенсивность отказов.

Пример решения. Интенсивность отказов

$$\lambda = 1/T_{cp} = 1/640 = 1,56 \cdot 10^{-3} (1/\text{ч}\cdot\text{а}\cdot\text{д}) \quad (8.1)$$

Вероятность безотказной работы в течение 120 час

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-0,00156 \cdot 120} = 0,82 \quad (8.2)$$

Частота отказов в течение 120 час.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,00156 e^{-0,00156 \cdot 120} = 1,3 \cdot 10^{-3} (1/\text{ч}\cdot\text{а}\cdot\text{д}) \quad (8.3)$$

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_1	75	82	89	96	103	110	117	124	131	138
t_2	85	93	101	109	117	125	133	141	149	157
T_{cp}	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950

Задача 9. Время безотказной работы устройства подчиняется закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 1,5$, $\lambda_0 = 10^{-4}$ 1/час, а время его работы $t = 100$ час. Требуется вычислить количественные характеристики надежности такого устройства.

Пример решения. Вероятность безотказной работы устройства

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t^\alpha} = \exp(10^{-4} \cdot 100^{1,5}) = 0,9, \quad (9.1)$$

Частота отказов

$$f(t) = \lambda_0 \alpha t^{\alpha-1} e^{-\lambda_0 t^\alpha} = 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 100^{0,5-1} \cdot 0,9 = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ (1/час)} \quad (9.2)$$

Интенсивность отказов

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{1,35 \cdot 10^{-3}}{0,9} = 1,5 \text{ (1/час)} \quad (9.3)$$

Среднее время безотказной работы

$$T_{cp} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right)}{\lambda_0^{\frac{1}{\alpha}}} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{1,5} + 1\right)}{(10^{-4})^{\frac{1}{1,5}}} = \frac{\Gamma(1,67)}{0,00215} = \frac{0,90330}{0,00215} = 420 \text{ (час)}. \quad (9.4)$$

Значение гамма-функции $\Gamma(1,67) = 0,90330$ определяем при помощи функции =ГАММА(1,67).

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\alpha = 1,5$	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55
$\lambda_0 = 10^{-4}$	5,E-05	6,E-04	1,E-03	2,E-03	2,E-03	3,E-03	3,E-03	4,E-03	4,E-03	5,E-03
$t = 100$	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140

Задача 10. Вероятность безотказной работы гироскопа в течение $t_1 = 150$ час равна $P=0,9$. Время исправной работы подчинено закону Вейбулла с параметром $\alpha = 2,6$. Необходимо определить интенсивность отказов, частоту отказов гироскопов для $t_2 = 150$ час и среднюю наработку до первого отказа.

Пример решения. Определим параметр λ_0 закона Вейбулла

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t^\alpha} \rightarrow \lambda_0 = -\frac{\ln[P(t)]}{t^\alpha} = -\frac{\ln(0,9)}{150^{2,6}} = 0,23 \cdot 10^{-6} \text{ (1/час)} \quad (10.1)$$

Интенсивность отказов

$$\lambda(t) = \alpha \lambda_0 t^{\alpha-1} = 2,6 \cdot 0,23 \cdot 10^{-6} \cdot 150^{2,6-1} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ (1/час)}; \quad (10.2)$$

Частота отказов

$$f(t) = \lambda_0 \alpha t^{\alpha-1} e^{-\lambda_0 t^\alpha} = \lambda(t)P(t) = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 = 1,62 \cdot 10^{-3} \text{ (1/час)};$$

Среднее время безотказной работы

$$T_{cp} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right)}{\lambda_0^{\frac{1}{\alpha}}} = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2,6} + 1\right)}{(0,23 \cdot 10^{-6})^{\frac{1}{2,6}}} = \frac{\Gamma(1,38)}{0,0028} = \frac{0,88854}{0,0028} = 316 \text{ (час)}.$$

Значение гамма-функции $\Gamma(1,38) = 0,88854$ определяем при помощи функции =ГАММА(1,38).

Наименование	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_1	100	115	130	145	160	175	190	205	220	235
t_2	80	92	104	116	128	140	152	164	176	188
P	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
α	2	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7

Задача 11 Допустим, что на испытание поставлено 1 000 однотипных электронных ламп типа 6Ж4. За первые 3 000 час отказало 80 ламп. За интервал времени 3000—4 000 час отказало еще 50 ламп. Требуется определить частоту и интенсивность отказов ламп в промежутке времени 3 000—4 000 час. Ответ: $f(3500) = 5 \cdot 10^{-3}$ 1/час; $\lambda(3500) = 5,6 \cdot 10^{-5}$ 1/час.

Задача 12. На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4 000 час отказало 50 изделий. За интервал времени 4000—4100 час отказало еще 20 изделий. Требуется определить частоту и интенсивность отказов изделий в промежутке времени 4 000—4 100 час. Ответ: $f(4050) = 2 \cdot 10^{-3}$ 1/час; $\lambda(4050) = 5 \cdot 10^{-3}$ 1/час

Задача 13. На испытание поставлено 400 резисторов. За время наработки 10000 час отказало 4 резистора. За последующие 1000 час отказал еще 1 резистор. Определить частоту и интенсивность отказов резисторов в промежутке времени 10000—11000 час. Ответ: $f(10500) = 0,25 \cdot 10^{-5}$ 1/час; $\lambda(10500) = 0,253 \cdot 10^{-5}$ 1/час.

Задача 14 На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4 000 час отказало 50 изделий. За интервал времени 4000—4100 час отказало еще 20 изделий. Требуется определить частоту и интенсивность отказов изделий в промежутке времени 4 000—4 100 час. Ответ: $f(4050) = 2 \cdot 10^{-3}$ 1/час; $\lambda(4050) = 5 \cdot 10^{-3}$ 1/час.

Задача 15 В период наблюдения за работой устройства имели место 5 отказов. Время работы до 1-го отказа составили 250 час, между первым и вторым – 220 час, между 2-м и 3-м – 215 час, между 3-м и 4-м – 205 час, между 4-м и 5-м – 195 час. Время восстановления после каждого отказа составило соответственно 2; 1,6; 1,2; 1,8 и 1,5 час. Определить коэффициент готовности устройства за период наблюдения

Задача 16 За весь период наблюдений работы устройства было зарегистрировано 24 отказа. До начала наблюдений устройство проработала 120 ч, к концу наблюдения наработка составила 2540 ч. Суммарное время восстановления работоспособности устройства после отказов составило 1260 час. Определить коэффициент готовности устройства.

Задача 17 Определить какова должна быть средняя наработка до отказа изделия, имеющего экспоненциальное распределение наработки до отказа, чтобы вероятность безотказной работы была не менее 0,99 в течении наработки $t = 300$ час.

Задача 18 Вероятность отказа изделия за время работы 150 час равна 0,1. Определить интенсивность и частоту отказов, а также среднее время работы изделия до отказа при экспоненциальном законе надежности.

Задача 19 Нарботка до отказа вилки выключения сцепления имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,5$. Вероятность безотказной работы вилки в течение наработки 200 часов равна 0,95. Определить интенсивность отказов и среднюю наработку до отказа.

Задача 20 Нарботка до отказа партии подшипников имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,8$. Вероятность безотказной работы партии подшипников в течение наработки $t = 100$ часов равна 0,95. Определить интенсивность отказов в период времени 100 часов и среднюю наработку до первого отказа.

Вопросы для контрольной работы

Контрольные вопросы по дисциплине «Безопасность и надежность технологических процессов в горном производстве»

1. Основные понятия теории надежности
2. Основные понятия, функциональные зависимости и числовые характеристики теории вероятности и математической статистики, используемые при расчетах надежности.
3. Непрерывная случайная величина и дискретная случайная величина.
4. Математическое ожидание, выборочное среднее, дисперсия, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации. Функция распределения, плотность вероятности, интенсивность.
5. Экспоненциальный закон распределения. Равномерный закон распределения.
6. Нормальный закон распределения.
7. Логарифмически нормальный закон распределения.
8. Закон Вейбула.
9. Виды технического состояния объекта. Исправное состояние. Работоспособное состояние. Предельное состояние технического изделия.
10. События смены технических состояний объекта: повреждение, отказ, ресурсный отказ, восстановление и ремонт. Отказы и классификация отказов.
11. Временные понятия теории надежности. Нарботка. Нарботка до первого отказа и наработка между отказами. Время восстановления до работоспособного состояния. Ресурс и срок службы. Срок хранения и срок сохраняемости.

12. Показатели безотказности: средняя наработка до отказа; гамма процентная наработка до отказа; средняя наработка на отказ; вероятность отказа; вероятность безотказной работы; плотность вероятности отказа; интенсивность отказов; ведущая функция потока отказов; параметр потока отказов.

13. Показатели долговечности: средний ресурс; гамма-процентный ресурс; назначенный ресурс; средний ресурс службы; гамма-процентный срок службы; назначенный срок службы.

14. Показатели ремонтпригодности: среднее время восстановления; гамма-процентное время восстановления; вероятность восстановления; интенсивность восстановления.

15. Показатели сохраняемости: средний срок сохраняемости; гамма процентный срок сохраняемости.

16. Комплексные показатели надежности: коэффициент готовности; коэффициент оперативной готовности; коэффициент технического использования; коэффициент сохранения эффективности.

17. Испытания и виды испытаний. Полигонные и стендовые испытания. Ресурсные испытания. Определительные и контрольные испытания. Ускоренные испытания. Эксплуатационные испытания.

18. Организация и проведение подконтрольной эксплуатации. Сбор информации об отказах деталей, узлов и агрегатов при подконтрольной эксплуатации. Заполнение соответствующей документации при эксплуатационных испытаниях.

19. Анализ надежности автомобиля. Выделение деталей, узлов и агрегатов, лимитирующих надежность автомобиля по безотказности, долговечности, ремонтпригодности, стоимости запчастей.

20. Надежность сложных систем. Структурные модели надежности: последовательная, параллельная, система типа « m из n ». Оценка схемной надежности сложной технической системы.

21. Резервирование. Основной элемент и резервный. Нагруженный и ненагруженный резервы. Виды резервирования: нагрузочное и структурное, постоянное и замещением, общее и раздельное, смешанное.

22. Доработка сложной технической системы до требуемого уровня надежности.

23. Обеспечение надежности при конструировании, производстве и эксплуатации.

24. Процесс изменения надежности технической системы на этапах жизненного цикла. Этапы конструирования и эксплуатации. Период отработки технической системы. Периоды приработки, нормальной эксплуатации и старения.

25. Обеспечение надежности изделия при конструировании. Обеспечение надежности изделия при изготовлении. Комплекс мероприятий по обеспечению надежности автомобилей при эксплуатации.

26. Выбор номенклатуры состава запасных частей. Расчет численного состава ЗИП. Определение периодичности ТО на основе данных о надежности.

Самостоятельная работа студентов

Известно, что никакая самая блестящая лекция не может научить. Научиться чему-либо человек может только сам. Источником творческих знаний являются только личные упражнения, во время которых студент может проделать сам то, чему его учили во время лекции.

Поэтому кроме посещения всех видов аудиторных занятий и ведения конспекта лекций самостоятельная работа студентов предусматривает:

- своевременное изучение лекционного (программного) материала и изучение соответствующих разделов литературы, рекомендованной настоящей программой;

- качественную подготовку к практическим занятиям;

- самостоятельное решение студентами задач и выполнение индивидуальных заданий на практических занятиях, включая самостоятельное (лишь с помощью указаний преподавателя) разрешение возникающих при этом неясностей;

- своевременное и качественное выполнение домашних индивидуальных задач и защита отчетов по ним на практических занятиях;

- качественную подготовку к письменным опросам по законченным разделам курса, предусмотренным в учебно-методической карте дисциплины; - периодическое получение консультаций у преподавателей по самостоятельно прорабатываемому материалу; - осмысливание и систематизацию полученной по дисциплине информации при подготовке к зачету.

Самостоятельная работа не должна сводиться к изучению разделов дисциплины по учебнику или конспекту лекций. Изучение теории не самоцель, а средство приобретения умений в решении инженерных задач. В процессе изучения программного материала дисциплины этот материал необходимо усвоить, т. е. в процессе проработки материала он должен быть полностью понят.

Усвоение новой информации путем чтения является глубоко индивидуальным, однако, при этом могут быть даны общие рекомендации: - началу усвоения материала должно предшествовать общее ознакомление со всем текстом соответствующей темы, так как разъяснение неясных при первом чтении мест может содержаться в последующих абзацах; - настоящее усвоение изучаемого материала начинается при повторном (возможно многократно повторном) чтении текста и основано на предшествующих знаниях, умении сопоставлять, выдвигать предположения и т. д., т. е. на умении логически мыслить; - всегда следует пытаться осознать новую информацию как добавку к ранее известному; - изучать материал следует только с ручкой в руке

Записи в процессе изучения не только способствуют пониманию материала, но и способствуют его запоминанию; - в целях наглядности и облегчения запоминания целесообразно делать простые поясняющие рисунки, графики, если даже их нет в книге или конспекте.

Для текущего контроля за самостоятельной работой студентов и качеством усвоения программного материала применяются следующие формы контроля: - защита студентами индивидуальных заданий, выполненных самостоятельно на практических занятиях и при подготовке к ним; - проверка преподавателями домашних индивидуальных контрольных заданий, выполненных студентами по самостоятельно изученному материалу; - периодические письменные опросы

студентов по законченным разделам курса, сроки проведения которых на практических занятиях планируются в учебнометодической карте дисциплины; - отчеты студентов на консультациях по материалу пропущенных без уважительной причины лекций; - межсессионный контроль: положительно аттестуются студенты, выполнившие и защитившие предусмотренные в оцениваемый период индивидуальные задания и получившие положительные оценки по запланированным письменным опросам.

В соответствии с рабочим учебным планом по окончании изучения дисциплины «Охрана труда в отрасли» студенты сдают зачет либо экзамен.

Студенты, не выполнившие индивидуальные задания по практическим занятиям и не защитившие их, а также не выполнившие домашние индивидуальные контрольные задания, к зачету (экзамену) не допускаются.

Студенты, не явившиеся на экзамен или зачет без уважительной причины, приравниваются к студентам, получившим неудовлетворительную оценку.

Контрольные задания

Общие методические указания Контрольные задания следует выполнять после изучения соответствующих тем дисциплины. Решение задач является важнейшим средством для глубокого усвоения изучаемого вопроса, а поэтому студентам настоятельно рекомендуется изучение каждой темы заканчивать решением задач.

Студенты студентов горных специальностей заочной формы обучения выполняют контрольную работу, состоящую из ответа на вопрос и двух задач. Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к студенческим работам и должна содержать:

- вопрос и ответ;
- условия задач;
- решения задач (при этом даже простые задачи должны быть решены методически правильно: сначала должны быть аргументированно записаны необходимые соотношения, затем в них подставлены численные величины для последующего вычисления, далее окончательный результат и единица измерения);
- графики, если их выполнение требуется по условию задачи, должны быть построены по точкам с указанием на осях координат единиц измерения и цены деления; - краткий анализ полученных результатов.

Все принятые студентом в процессе выполнения работы решения должны быть достаточно обоснованы и содержать краткие, но исчерпывающие объяснения. Задачи должны быть решены с использованием Международной системы единиц СИ. Выполненную контрольную работу студент сдает на проверку. Если контрольная работа не зачтена, то студент должен исправить все ошибки и возвратить ее с исправлениями для повторного рецензирования.

Студенты заочной подготовки номера первой задачи определяют по числу A ,

Например, студент, у которого номер зачетной книжки 302834 ($A = 4$), решает задачу 4.

Номер варианта первой задачи – вторая справа цифра номера зачетной книжки В. Например, студент, у которого номер зачетной книжки 302834 выполняет первую задачу 4 вариант 3.

Студенты заочной подготовки номера второй задачи определяют по числу $V+11$.

Правильность выбора номеров задачи контролируется преподавателем, поэтому на титульном листе контрольной работы должен быть указан номер зачетной книжки студента.

Номер вопроса как остаток от деления числа ВА на 26.

Например, студент, у которого номер зачетной книжки 302834 ($ВА = 34$), отвечает на вопрос 8 ($34/26=1*26+8$).

Список литературы

I Основная литература

1. Надежность машин и оборудования: учебное пособие/ Н.Н. Кокушин, А.А. Тихонов, С.Г. Петров, В.Е. Головкин, И.В. Ключкин; СПбГТУРП.-СПб., 2013.- 67 с.: ил. 12 - 1 файл. Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9930.pdf> . - Загл. с экрана.
2. Ткаченко Н.И., Башняк С.Е. Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие/ Н.И.Ткаченко, С.Е.Башняк. - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2015. - 60 с
. <https://www.twirpx.com/file/2365284/>

II Дополнительная литература

3. Шубин, Р.А. Надёжность технических систем и техногенный риск: учебное пособие / Р.А. Шубин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с. – 50 экз. – ISBN 978-5-8265-1086-5. - 1 файл. - Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/cd4864.pdf> - Загл. с экрана.
4. Чебоксаров А.Н. Основы теории надежности и диагностика: курс лекций / А.Н. Чебоксаров. – Омск: СибАДИ, 2012. – 76 с. 1 файл. - Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9924.pdf> Загл. с экрана.
5. Красик Я.Л., Андриевская Н.К. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ОАО «Автомат-

гормаш им Антипова», г. Донецк Донецкий национальный технический университет, г. Донецк кафедра автоматизированных систем управления Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: “Обчислювальна техніка та автоматизація”. Випуск 106. — Донецьк: ДонНТУ, 2006. — 220 с

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОУВПО
Донецкий национальный технический университет
ДОННТУ
Кафедра охраны труда и аэрологии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ
«БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В ГОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»
(для студентов горных специальностей)**

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
«Охрана труда и аэрология»
Протокол № от .2020 г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании учебно- изда
тельского совета ДОННТУ
Протокол № от 2020 г.