

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

Составитель
А. А. Шевченко

**РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
НЕВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СИСТЕМ
ПРИ ОСНОВНОМ СОЕДИНЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Методические указания к практическому занятию
и самостоятельной работе для студентов всех форм обучения**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления
13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2015

Рецензенты

Беляевский Р. В. – старший преподаватель кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий

Семыкина И. Ю. – председатель учебно-методической комиссии направления 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»

Шевченко Анастасия Александровна. Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем при основном соединении элементов: методические указания к практическому занятию и самостоятельной работе по дисциплине «Надежность электроснабжения» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательная программа «Электроснабжение», всех форм обучения / сост.: А. А. Шевченко. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 32 Мб ; Windows XP ; мышь. – Загл. с экрана.

Приведены основные теоретические положения, необходимые для решения задач, задачи для практического занятия и самостоятельной работы, методические указания по изучению темы, а также контрольные вопросы и список литературы.

1. ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ

Целью занятия является приобретение теоретических знаний по расчету показателей надежности невозстановливаемых систем при основном соединении элементов, а также получение практических навыков при решении задач.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Если отказ технического устройства наступает при отказе одного из его элементов, то такое устройство имеет основное соединение элементов. При расчете надежности таких устройств предполагают, что отказ элемента является событием случайным и независимым.

Тогда вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна произведению вероятностей безотказной работы ее элементов в течение того же времени.

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^N p_i(t), \quad (1)$$

где $p_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента системы в течение времени t ; N – количество элементов в системе.

Так как вероятность безотказной работы элементов в течение времени t можно выразить через интенсивность отказов в виде $P(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right)$, то расчетную формулу для вероятности безотказной работы технического устройства при основном соединении элементов можно записать следующим образом:

$$P_c(t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^N \int_0^t \lambda_i(t) dt\right), \quad (2)$$

где $\lambda_i(t)$ – интенсивность отказов i -го элемента системы в течение времени t , 1/ч.

Выражения (1) и (2) наиболее общие. Они позволяют определить вероятность безотказной работы изделий или систем до первого отказа при любом законе изменения интенсивности отказов во времени.

На практике наиболее часто интенсивность отказов изделий или систем является величиной постоянной. При этом время возникновения отказов обычно подчинено экспоненциальному закону распределения, т.е. для нормального периода работы аппаратуры справедливо условие $\lambda = \text{const}$.

В этом случае выражения для количественных характеристик надежности примут вид:

– вероятность безотказной работы:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t} = e^{-t/T_{cp.c}}, \quad (3)$$

– интенсивность отказов, 1/ч:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^N \lambda_i, \quad (4)$$

– частота отказов, 1/ч:

$$a_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c t}, \quad (5)$$

– средняя наработка до первого отказа, ч:

$$T_{cp.c} = \frac{1}{\lambda_c}. \quad (6)$$

Если все элементы данного типа равнонадежны, интенсивность отказов системы будет:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i, \quad (7)$$

где N_i – число элементов i -го типа; r – число типов элементов.

На практике очень часто приходится вычислять вероятность безотказной работы высоконадежных систем. При этом произведение $\lambda_c t$ значительно меньше единицы, а вероятность безотказной работы $P_c(t)$ близка к единице. В этом случае основные количественные характеристики надежности можно с достаточной для практики точностью вычислить по следующим приближенным формулам:

$$P_c(t) \approx 1 - t \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i = 1 - \lambda_c t, \quad (8)$$

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i, \quad (9)$$

$$a(t) \approx \lambda_c (1 - \lambda_c t), \quad (10)$$

$$T_c = \frac{1}{\sum_{i=1}^r N_i \lambda_i} = \frac{1}{\lambda_c}. \quad (11)$$

Вычисление количественных характеристик надежности по приближенным формулам не дает больших ошибок для систем, вероятность безотказной работы которых превышает 0,9, т.е. $\lambda t \leq 0,1$.

При расчете надежности систем часто приходится перемножать вероятности безотказной работы отдельных элементов расчета, возводить их в степень и извлекать корни. При значениях вероятностей безотказной работы, близких к единице, эти вычисления можно с достаточной для практики точностью выполнять по следующим приближенным формулам:

$$p_1(t)p_2(t)\dots p_N(t) \approx 1 - \sum_{i=1}^N q_i(t), \quad (12)$$

$$p_i^N(t) = 1 - Nq_i(t), \quad (13)$$

$$\sqrt[N]{P_c(t)} = 1 - Q_c(t)/N, \quad (14)$$

где $q_i(t)$ – вероятность отказа i -го элемента; $Q_c(t)$ – вероятность отказа системы.

3. ЗАДАЧИ

3.1. Задачи для практических занятий

1. Система состоит из 12600 элементов, средняя интенсивность отказов которой $\lambda_{cp} = 0,32 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение $t = 50$ ч, а также среднюю наработку до первого отказа.

2. Система состоит из $N = 5$ блоков. Надежность блоков характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0,98$; $p_2(t) = 0,99$; $p_3(t) = 0,97$; $p_4(t) = 0,985$; $p_5(t) = 0,975$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

3. Система состоит из трех устройств. Интенсивность отказов электронного устройства равна $\lambda_1 = 0,16 \cdot 10^{-3}$ 1/ч = const. Ин-

тенсивности отказов двух электромеханических устройств линейно зависят от времени и определяются следующими формулами: $\lambda_2 = 0,23 \cdot 10^{-4} t$ 1/ч, $\lambda_3 = 0,06 \cdot 10^{-6} t^{2,6}$ 1/ч.

Необходимо рассчитать вероятность безотказной работы изделия в течение 100 часов.

4. Система состоит из трех блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1 = 160$ ч, $T_2 = 320$ ч, $T_3 = 600$ ч. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа системы.

5. Система состоит из двух устройств. Вероятности безотказной работы каждого из них в течение времени $t = 100$ ч равны: $p_1(100) = 0,95$; $p_2(100) = 0,97$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

6. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p(t) = 0,9997$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы, состоящей из $N = 100$ таких же элементов.

7. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_c(t) = 0,95$. Система состоит из $N = 120$ равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

8. В системах могут быть использованы только элементы, интенсивность отказов которых равна $\lambda_i = 10^{-5}$ 1/ч. Системы имеют число элементов $N_1 = 500$ и $N_2 = 2500$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы в конце первого часа $P_c(1)$.

9. В системе $N_c = 2500$ элементов и вероятность безотказной работы ее в течение одного часа $P_c(1) = 0,98$. Предполагается, что все элементы равнонадежны. Требуется вычислить среднюю наработку до первого отказа системы $T_{cp.c}$ и интенсивность отказов элементов λ .

10. Система состоит из пяти приборов, вероятность исправной работы которых в течение времени $t = 100$ ч равны:

$p_1(100) = 0,9996$; $p_2(100) = 0,9998$; $p_3(100) = 0,9996$;
 $p_4(100) = 0,9999$; $p_5(100) = 0,9998$. Требуется определить частоту отказов системы в момент времени $t = 100$ ч. Предполагается, что отказы приборов независимы и для них справедлив экспоненциальный закон надежности.

3.2. Задачи для самостоятельной работы

11. Изделие состоит из N элементов, средняя интенсивность отказов которых λ_{cp} . Требуется вычислить вероятность безотказной работы в течение времени t и среднюю наработку до первого отказа.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные к задаче 11

| Номер варианта | N | $\lambda_{cp}, 1/ч$ | $t, ч$ |
|----------------|--------|----------------------|--------|
| 1 | 5200 | $0,16 \cdot 10^{-5}$ | 200 |
| 2 | 3600 | $0,2 \cdot 10^{-5}$ | 50 |
| 3 | 2500 | $0,35 \cdot 10^{-6}$ | 100 |
| 4 | 2500 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 100 |
| 5 | 1000 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 100 |
| 6 | 750 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 100 |
| 7 | 500 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 100 |
| 8 | 250 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 100 |
| 9 | 20500 | $2 \cdot 10^{-5}$ | 2 |
| 10 | 1000 | $0,5 \cdot 10^{-3}$ | 0,5 |
| 11 | 2000 | $5 \cdot 10^{-6}$ | 10 |
| 12 | 95000 | $0,5 \cdot 10^{-6}$ | 2 |
| 13 | 150000 | $0,25 \cdot 10^{-6}$ | 4 |
| 14 | 45000 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 2 |
| 15 | 300000 | $0,2 \cdot 10^{-7}$ | 8 |
| 16 | 50000 | $0,2 \cdot 10^{-6}$ | 5 |

Продолжение табл. 1

| Номер варианта | N | $\lambda_{cp}, 1/ч$ | $t, ч$ |
|----------------|----------|---------------------|--------|
| 17 | 170000 | $0,7 \cdot 10^{-6}$ | 3 |
| 18 | 189000 | $1,4 \cdot 10^{-6}$ | 2 |
| 19 | 547000 | $0,4 \cdot 10^{-6}$ | 2 |
| 20 | 35 | $1 \cdot 10^{-5}$ | 1000 |
| 21 | 175 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 480 |
| 22 | 1750 | $0,1 \cdot 10^{-5}$ | 40 |
| 23 | 21000 | $0,1 \cdot 10^{-6}$ | 100 |
| 24 | 88000 | $0,1 \cdot 10^{-7}$ | 50 |
| 25 | 600000 | $0,6 \cdot 10^{-8}$ | 20 |
| 26 | 600000 | $0,5 \cdot 10^{-7}$ | 10 |
| 27 | 890 | $0,7 \cdot 10^{-5}$ | 25 |
| 28 | 15000000 | $1 \cdot 10^{-9}$ | 24 |
| 29 | 1500000 | $0,1 \cdot 10^{-7}$ | 2 |
| 30 | 150000 | $1 \cdot 10^{-7}$ | 20 |

12. Изделие состоит из N частей. Надежность каждой части изделия характеризуется вероятностью $p_i(t)$ безотказной работы в течение времени t . Необходимо найти вероятность безотказной работы изделия.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные к задаче 12

| Номер варианта | N | $p_1(t)$ | $p_2(t)$ | $p_3(t)$ | $p_4(t)$ | $p_5(t)$ | $p_6(t)$ | $p_7(t)$ |
|----------------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 5 | 0,9996 | 0,9998 | 0,9996 | 0,999 | 0,998 | – | – |
| 2 | 7 | 0,98 | 0,98 | 0,982 | 0,985 | 0,986 | 0,988 | 0,99 |
| 3 | 6 | 0,998 | 0,98 | 0,975 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | – |
| 4 | 7 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9994 | 0,9992 | 0,99 | 0,998 |
| 5 | 7 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9998 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,994 |
| 6 | 6 | 0,996 | 0,996 | 0,994 | 0,994 | 0,992 | 0,992 | – |

Продолжение табл. 2

| Номер варианта | N | $p_1(t)$ | $p_2(t)$ | $p_3(t)$ | $p_4(t)$ | $p_5(t)$ | $p_6(t)$ | $p_7(t)$ |
|----------------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 7 | 7 | 0,95 | 0,97 | 0,955 | 0,960 | 0,975 | 0,96 | 0,97 |
| 8 | 4 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9996 | – | – | – |
| 9 | 5 | 0,922 | 0,93 | 0,94 | 0,945 | 0,95 | – | – |
| 10 | 7 | 0,995 | 0,995 | 0,997 | 0,997 | 0,998 | 0,998 | 0,999 |
| 11 | 6 | 0,97 | 0,972 | 0,975 | 0,978 | 0,98 | 0,983 | – |
| 12 | 7 | 0,992 | 0,992 | 0,995 | 0,995 | 0,998 | 0,998 | 0,998 |
| 13 | 5 | 0,9992 | 0,9994 | 0,9996 | 0,9998 | 0,9999 | – | – |
| 14 | 6 | 0,982 | 0,985 | 0,988 | 0,992 | 0,995 | 0,9988 | – |
| 15 | 4 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9998 | – | – | – |
| 16 | 7 | 0,97 | 0,975 | 0,978 | 0,982 | 0,984 | 0,985 | 0,988 |
| 17 | 7 | 0,945 | 0,95 | 0,955 | 0,96 | 0,965 | 0,97 | 0,975 |
| 18 | 6 | 0,95 | 0,955 | 0,97 | 0,975 | 0,98 | 0,985 | – |
| 19 | 3 | 0,9993 | 0,9995 | 0,9997 | – | – | – | – |
| 20 | 5 | 0,975 | 0,98 | 0,985 | 0,99 | 0,995 | – | – |
| 21 | 7 | 0,992 | 0,994 | 0,996 | 0,998 | 0,99 | 0,992 | 0,994 |
| 22 | 6 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,975 | 0,98 | 0,99 | – |
| 23 | 4 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9995 | 0,9992 | – | – | – |
| 24 | 7 | 0,9992 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9998 | 0,9999 |
| 25 | 3 | 0,975 | 0,985 | 0,995 | – | – | – | – |
| 26 | 7 | 0,984 | 0,986 | 0,986 | 0,989 | 0,99 | 0,994 | 0,996 |
| 27 | 5 | 0,992 | 0,994 | 0,996 | 0,998 | 0,999 | – | – |
| 28 | 6 | 0,922 | 0,93 | 0,94 | 0,945 | 0,948 | 0,949 | – |
| 29 | 5 | 0,95 | 0,955 | 0,96 | 0,965 | 0,97 | – | – |
| 30 | 7 | 0,9998 | 0,9998 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9992 |

13. Система состоит из N блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна T_i . Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 3.

Исходные данные к задаче 13

| Номер варианта | N | $T_1, \text{ ч}$ | $T_2, \text{ ч}$ | $T_3, \text{ ч}$ | $T_4, \text{ ч}$ | $T_5, \text{ ч}$ | $T_6, \text{ ч}$ |
|----------------|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 5 | 2000 | 1850 | 1600 | 1750 | 1650 | – |
| 2 | 6 | 160 | 320 | 600 | 220 | 280 | 400 |
| 3 | 3 | 150 | 750 | 500 | – | – | – |
| 4 | 6 | 10000 | 18000 | 12000 | 14000 | 16000 | 15000 |
| 5 | 4 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | – | – |
| 6 | 6 | 600 | 800 | 400 | 500 | 770 | 870 |
| 7 | 5 | 24 | 35 | 52 | 48 | 60 | – |
| 8 | 6 | 75000 | 80000 | 40000 | 50000 | 60000 | 87000 |
| 9 | 6 | 3200 | 3800 | 5100 | 4700 | 6200 | 4900 |
| 10 | 4 | 140 | 80 | 220 | 95 | – | – |
| 11 | 6 | 2250 | 2300 | 4810 | 3050 | 4200 | 2800 |
| 12 | 5 | 83 | 220 | 280 | 400 | 700 | – |
| 13 | 6 | 520 | 690 | 1080 | 1230 | 540 | 820 |
| 14 | 4 | 1280 | 1800 | 2100 | 1640 | – | – |
| 15 | 4 | 200 | 40 | 120 | 80 | – | – |
| 16 | 5 | 4500 | 5200 | 7780 | 6340 | 9600 | – |
| 17 | 6 | 380 | 225 | 570 | 690 | 710 | 395 |
| 18 | 3 | 82000 | 64000 | 75000 | – | – | – |
| 19 | 5 | 986 | 590 | 780 | 1120 | 529 | – |
| 20 | 4 | 18000 | 16500 | 22300 | 36500 | – | – |
| 21 | 6 | 5580 | 6240 | 9820 | 5348 | 9530 | 7826 |
| 22 | 6 | 75 | 28 | 49 | 32 | 38 | 54 |
| 23 | 5 | 4840 | 9080 | 5228 | 4500 | 7220 | – |
| 24 | 6 | 235 | 820 | 614 | 672 | 710 | 528 |
| 25 | 6 | 24000 | 32000 | 28000 | 4400 | 37000 | 51000 |
| 26 | 4 | 9820 | 5200 | 7040 | 12500 | – | – |
| 27 | 6 | 89 | 124 | 72 | 226 | 175 | 298 |
| 28 | 4 | 3540 | 2820 | 6400 | 5980 | – | – |
| 29 | 3 | 982 | 328 | 573 | – | – | – |
| 30 | 6 | 1150 | 2120 | 1580 | 1845 | 1630 | 2075 |

14. Система состоит из N блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени t равна $p_i(t)$. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 4.

Таблица 4

Исходные данные к задаче 14

| Номер варианта | N | t , ч | $p_1(t)$ | $p_2(t)$ | $p_3(t)$ | $p_4(t)$ | $p_5(t)$ | $p_6(t)$ |
|----------------|-----|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 3 | 1000 | 0,97 | 0,98 | 0,96 | – | – | – |
| 2 | 5 | 50 | 0,98 | 0,99 | 0,998 | 0,975 | 0,985 | – |
| 3 | 6 | 120 | 0,9 | 0,925 | 0,94 | 0,932 | 0,975 | 0,958 |
| 4 | 6 | 1500 | 0,852 | 0,84 | 0,89 | 0,96 | 0,92 | 0,9 |
| 5 | 4 | 580 | 0,75 | 0,84 | 0,78 | 0,91 | – | – |
| 6 | 5 | 90 | 0,8 | 0,875 | 0,834 | 0,892 | 0,815 | – |
| 7 | 6 | 100 | 0,9 | 0,91 | 0,95 | 0,93 | 0,94 | 0,97 |
| 8 | 5 | 450 | 0,845 | 0,92 | 0,8 | 0,89 | 0,875 | – |
| 9 | 6 | 25 | 0,92 | 0,95 | 0,93 | 0,94 | 0,97 | 0,965 |
| 10 | 4 | 800 | 0,98 | 0,975 | 0,969 | 0,954 | – | – |
| 11 | 5 | 180 | 0,820 | 0,890 | 0,875 | 0,76 | 0,9 | – |
| 12 | 5 | 240 | 0,7 | 0,85 | 0,9 | 0,8 | 0,75 | – |
| 13 | 6 | 12 | 0,999 | 0,996 | 0,997 | 0,998 | 0,995 | 0,994 |
| 14 | 6 | 180 | 0,9 | 0,92 | 0,84 | 0,08 | 0,86 | 0,91 |
| 15 | 4 | 2500 | 0,945 | 0,987 | 0,954 | 0,929 | – | – |
| 16 | 6 | 250 | 0,92 | 0,915 | 0,879 | 0,895 | 0,9 | 0,928 |
| 17 | 4 | 10 | 0,94 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | – | – |
| 18 | 5 | 400 | 0,855 | 0,845 | 0,835 | 0,865 | 0,875 | – |
| 19 | 6 | 128 | 0,98 | 0,9 | 0,925 | 0,93 | 0,96 | 0,989 |
| 20 | 6 | 50 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,76 | 0,72 | 0,78 |
| 21 | 5 | 280 | 0,92 | 0,88 | 0,86 | 0,945 | 0,892 | – |
| 22 | 3 | 1200 | 0,945 | 0,989 | 0,967 | – | – | – |
| 23 | 5 | 120 | 0,99 | 0,9 | 0,85 | 0,95 | 0,8 | – |
| 24 | 6 | 75 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,85 | 0,95 |
| 25 | 4 | 2100 | 0,92 | 0,928 | 0,934 | 0,922 | – | – |
| 26 | 6 | 150 | 0,865 | 0,85 | 0,95 | 0,925 | 0,88 | 0,945 |

Продолжение табл. 4

| Номер варианта | N | $t, \text{ ч}$ | $p_1(t)$ | $p_2(t)$ | $p_3(t)$ | $p_4(t)$ | $p_5(t)$ | $p_6(t)$ |
|----------------|-----|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 27 | 5 | 200 | 0,9 | 0,85 | 0,75 | 0,8 | 0,95 | – |
| 28 | 4 | 840 | 0,85 | 0,89 | 0,9 | 0,926 | – | – |
| 29 | 3 | 1550 | 0,998 | 0,992 | 0,989 | – | – | – |
| 30 | 6 | 500 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,75 | 0,85 | 0,95 |

15. Система состоит из N элементов. Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p_i(t)$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 5.

Таблица 5

Исходные данные к задаче 15

| Номер варианта | $p_i(t)$ | N |
|----------------|----------|------|
| 1 | 0,999 | 100 |
| 2 | 0,9965 | 62 |
| 3 | 0,997 | 850 |
| 4 | 0,9999 | 1000 |
| 5 | 0,9995 | 28 |
| 6 | 0,996 | 120 |
| 7 | 0,9998 | 50 |
| 8 | 0,999 | 280 |
| 9 | 0,99965 | 1500 |
| 10 | 0,9996 | 100 |
| 11 | 0,9992 | 80 |
| 12 | 0,997 | 140 |
| 13 | 0,9995 | 75 |
| 14 | 0,998 | 52 |
| 15 | 0,99985 | 630 |
| 16 | 0,9997 | 50 |

Продолжение табл. 5

| Номер варианта | $p_i(t)$ | N |
|----------------|----------|------|
| 17 | 0,9998 | 690 |
| 18 | 0,997 | 320 |
| 19 | 0,99995 | 1000 |
| 20 | 0,9996 | 480 |
| 21 | 0,9991 | 270 |
| 22 | 0,995 | 15 |
| 23 | 0,9997 | 980 |
| 24 | 0,9992 | 730 |
| 25 | 0,996 | 20 |
| 26 | 0,99975 | 1430 |
| 27 | 0,995 | 10 |
| 28 | 0,9997 | 250 |
| 29 | 0,9993 | 350 |
| 30 | 0,998 | 110 |

16. Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_c(t)$. Система состоит из N равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 6.

Таблица 6

Исходные данные к задаче 16

| Номер варианта | $P_c(t)$ | N |
|----------------|----------|------|
| 1 | 0,96 | 100 |
| 2 | 0,99 | 30 |
| 3 | 0,988 | 1200 |
| 4 | 0,97 | 200 |
| 5 | 0,969 | 400 |
| 6 | 0,995 | 520 |

Продолжение табл. 6

| Номер варианта | $P_c(t)$ | N |
|----------------|----------|------|
| 7 | 0,95 | 300 |
| 8 | 0,975 | 1500 |
| 9 | 0,99 | 20 |
| 10 | 0,98 | 1000 |
| 11 | 0,982 | 150 |
| 12 | 0,968 | 1800 |
| 13 | 0,99 | 120 |
| 14 | 0,976 | 40 |
| 15 | 0,964 | 250 |
| 16 | 0,95 | 50 |
| 17 | 0,987 | 180 |
| 18 | 0,98 | 230 |
| 19 | 0,97 | 100 |
| 20 | 0,976 | 80 |
| 21 | 0,954 | 1250 |
| 22 | 0,98 | 500 |
| 23 | 0,99 | 10 |
| 24 | 0,975 | 420 |
| 25 | 0,98 | 100 |
| 26 | 0,955 | 1700 |
| 27 | 0,984 | 280 |
| 28 | 0,96 | 50 |
| 29 | 0,989 | 30 |
| 30 | 0,966 | 1100 |

17. В изделии могут быть использованы только те элементы, средняя интенсивность отказов которых равна λ_{cp} . Изделие имеет число элементов N . Требуется определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы в конце первого часа.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 7.

Исходные данные к задаче 17

| Номер варианта | $\lambda_{cp}, 1/\text{ч}$ | N |
|-------------------|----------------------------|-------|
| 1 | $1 \cdot 10^{-5}$ | 500 |
| 2 | $0,9 \cdot 10^{-5}$ | 2500 |
| 3 | $1,2 \cdot 10^{-3}$ | 100 |
| 4 | $1,5 \cdot 10^{-4}$ | 100 |
| 5 | $1 \cdot 10^{-5}$ | 100 |
| 6 | $0,95 \cdot 10^{-4}$ | 1000 |
| 7 | $3,5 \cdot 10^{-5}$ | 200 |
| 8 | $2 \cdot 10^{-6}$ | 700 |
| 9 | $1,8 \cdot 10^{-5}$ | 10000 |
| 10 | $2,1 \cdot 10^{-6}$ | 5000 |
| 11 | $4 \cdot 10^{-4}$ | 500 |
| 12 | $1,9 \cdot 10^{-6}$ | 2500 |
| 13 | $2,4 \cdot 10^{-7}$ | 8000 |
| 14 | $1 \cdot 10^{-5}$ | 50 |
| 15 | $4,3 \cdot 10^{-6}$ | 60 |
| 16 | $2,5 \cdot 10^{-3}$ | 20 |
| 17 | $2 \cdot 10^{-5}$ | 100 |
| 18 | $1,9 \cdot 10^{-5}$ | 400 |
| 19 | $2,8 \cdot 10^{-5}$ | 1000 |
| 20 | $1,9 \cdot 10^{-5}$ | 40 |
| 21 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 1000 |
| 22 | $1 \cdot 10^{-5}$ | 3000 |
| 23 | $0,75 \cdot 10^{-5}$ | 10000 |
| 24 | $1,2 \cdot 10^{-5}$ | 800 |
| 25 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ | 1000 |
| 26 | $1,9 \cdot 10^{-3}$ | 30 |
| 27 | $2,5 \cdot 10^{-3}$ | 10 |
| 28 | $5 \cdot 10^{-5}$ | 800 |
| 29 | $1,85 \cdot 10^{-5}$ | 250 |
| 30 | $2 \cdot 10^{-3}$ | 80 |

18. В системе N элементов и вероятность безотказной работы ее в течение времени t равна $P_c(t)$. Все элементы системы равнонадежны, отказы приборов независимы и для них справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется вычислить среднюю наработку до первого отказа системы, частоту отказов и интенсивность отказов элементов.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 8.

Таблица 8

Исходные данные к задаче 18

| Номер варианта | N | t , ч | $P_c(t)$ |
|----------------|------|---------|----------|
| 1 | 128 | 250 | 0,9978 |
| 2 | 1500 | 100 | 0,975 |
| 3 | 250 | 10 | 0,985 |
| 4 | 12 | 125 | 0,964 |
| 5 | 10 | 1200 | 0,9623 |
| 6 | 2500 | 5 | 0,995 |
| 7 | 100 | 85 | 0,984 |
| 8 | 5 | 1000 | 0,965 |
| 9 | 125 | 1200 | 0,9952 |
| 10 | 1200 | 250 | 0,963 |
| 11 | 25 | 320 | 0,982 |
| 12 | 1150 | 1 | 0,9885 |
| 13 | 228 | 500 | 0,984 |
| 14 | 8 | 630 | 0,9778 |
| 15 | 35 | 1280 | 0,995 |
| 16 | 258 | 800 | 0,98 |
| 17 | 1480 | 25 | 0,963 |
| 18 | 1132 | 3 | 0,9752 |
| 19 | 54 | 200 | 0,985 |
| 20 | 18 | 320 | 0,9557 |
| 21 | 132 | 1125 | 0,969 |
| 22 | 2815 | 4 | 0,9924 |
| 23 | 529 | 48 | 0,96 |

| Номер варианта | N | t , ч | $P_c(t)$ |
|----------------|------|---------|----------|
| 24 | 84 | 650 | 0,946 |
| 25 | 1620 | 100 | 0,9775 |
| 26 | 8 | 1140 | 0,9928 |
| 27 | 980 | 20 | 0,969 |
| 28 | 2640 | 8 | 0,97 |
| 29 | 192 | 480 | 0,954 |
| 30 | 32 | 50 | 0,9875 |

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Данные методические указания предназначены как для практических занятий, так и для самостоятельной работы студентов. В результате изучения темы студент должен получить навыки самостоятельного применения основных положений теории надежности и уметь использовать расчетные методы при решении конкретных задач.

Изучение темы складывается из:

- самостоятельного изучения теоретического материала;
- самоконтроля теоретического материала;
- объяснения теоретического материала преподавателем;
- решения задач на практических занятиях;
- самостоятельного решения задач;
- получения зачета по теме.

При самостоятельной работе по изучению теоретического материала рекомендуется составить конспект. После изучения теоретического материала студент должен уметь ответить на контрольные вопросы.

Большое значение для усвоения темы имеет выполнение заданий, которые способствуют усвоению и закреплению теоретических материалов, а также дают навык практического применения основных теоретических положений. Теоретические положения, которые необходимо знать для решения задач, не выходят за

пределы изложенных выше. Поэтому перед тем, как выполнять задания необходимо ознакомиться с теоретическим материалом.

Перед решением задачи должно быть приведено её условие. Решение задачи предварительно выполнить в общем виде с последующей подстановкой числовых значений соответствующих величин. Все вычисления должны доводиться до конца с точностью до третьего значащего знака. Для каждой величины, полученной в результате вычислений, необходимо указать её размерность.

Типовые задачи разбираются на практических занятиях, а часть дается на самостоятельную работу. Вариант задания для самостоятельной работы определяется преподавателем.

Зачет самостоятельной работы осуществляется в виде собеседования преподавателя со студентом. При невыполнении вышеприведенных требований студенты к зачету не допускаются, а работы возвращаются на доработку.

В случае затруднения при изучении темы и решении задач следует обращаться на кафедру электроснабжения горных и промышленных предприятий для получения необходимых консультаций.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое устройство называют с основным соединением элементов?

2. Как можно определить вероятность безотказной работы для невозстанавливаемых систем при основном соединении элементов?

3. Как определяют количественные характеристики надежности, если время возникновения отказов подчинено экспоненциальному закону?

4. Как можно вычислить основные количественные характеристики надежности для высоконадежных систем?

5. В каких случаях можно производить расчеты по приближенным формулам?

6. Приведите приближенные формулы расчета надежности систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник задач по теории надежности / под ред. А. М. Половко, И. М. Маликова. – М.: Изд-во «Советское радио», 1972. – 408 с.

2. Острейковский, В. А. Теория надежности [Электронный ресурс]: учебник для вузов по направлениям «Техника и технологии» и «Технические науки» / В. А. Острейковский. – М.: Абрис, 2012. – 463 с. – Режим доступа:

<http://www.biblioclub.ru/book/117498/>

3. Аполлонский, С. М. Надежность и эффективность электрических аппаратов [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 140400 «Техническая физика» и 220100 «Системный анализ и управление» / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. – СПб.: Лань, 2011. – 448 с. – Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2034

4. Малафеев, С. И. Надежность технических систем. Примеры и задачи [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 200100 «Приборостроение» и специальности 200103 «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы» / С. И. Малафеев, А. И. Копейкин. – СПб.: Лань, 2012. – 320 с. – Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2778

5. Половко, А. М. Основы теории надежности. Практикум : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 230100 (654600) «Информатика и вычислительная техника» / А. М. Половко, С. В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.