

В соответствии с учебным графиком для студентов, обучающихся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», предусмотрено выполнение одного индивидуального домашнего задания (ИДЗ), которое заключается в **решении всех задач по четырем указанным темам**. Выполнение этого ИДЗ необходимо для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков вычислений надёжности системы и её резервирования.

Курс «Диагностика и надёжность автоматизированных систем» является основным в теоретической подготовке бакалавра по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств». Элементы данного курса применяются при выполнении выпускной квалификационной работы. Отсюда следует требование к серьёзному усвоению и осмыслению основных положений данного курса.

Требования к оформлению ИДЗ

При оформлении индивидуального домашнего задания необходимо соблюдать следующие требования:

1. Индивидуальное задание должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр.

2. Текст индивидуального задания набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт – Times New Roman, размер – 12–14 pt, для набора формул рекомендуется использовать редактор формул Microsoft Equation или MathType.

3. Решения задач следует располагать в той же последовательности, что и задания.

4. Каждая задача должна начинаться с условия задачи, ниже краткая запись задачи, если необходимо – рисунок с условными обозначениями, которые в дальнейшем будут использованы при решении задач.

5. Решение должно быть подробным, с включением промежуточных расчётов и указанием использованных формул.

Варианты ИДЗ и методические указания

Для решения задач ИДЗ необходимо воспользоваться учебным пособием:

Шкляр В.Н. Надежность систем управления: учебное пособие / В.Н. Шкляр; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 126 с.

Тема 1. Расчет надёжности систем [1, с. 17–34].

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем [1, с. 35–54, 60–61].

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем [1, с. 89–103].

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем [1, с. 55–85].

| |
|--|
| <p>Номер варианта ИДЗ определяется по последней цифре номера зачетной книжки. Например, если номер зачетной книжки Д-11Г10/12, то номер варианта задания равен 2. Если номер зачетной книжки оканчивается на 0 (например, 3-3Б10/30), то номер варианта задания равен 10.</p> |
|--|

Вариант 1

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. Интенсивность отказов автоматизированной системы определяется зависимостью $\lambda(t) = b \cdot t \text{ ч}^{-1}$. Определите частоту отказов $a(t)$ автоматизированной системы.

2. Интенсивность отказов системы $\lambda(t) = b \cdot t \text{ ч}^{-1}$, $b = 10^{-6} \text{ ч}^{-2}$. Определите вероятность безотказной работы системы $P(t_1, t_2)$ в течение наработки от t_1 до t_2 , если $t_1 = 1000 \text{ ч}$, $t_2 = 2000 \text{ ч}$.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 1.1.

Таблица 1.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 70 | 90 | 60 | 35 | 25 | 20 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2800 \text{ ч}$, $\sigma_1 = 1600 \text{ ч}$;
- насос 2: $m_2 = 3200 \text{ ч}$, $\sigma_2 = 1000 \text{ ч}$;
- насос 3: $m_3 = 4200 \text{ ч}$, $\sigma_3 = 2000 \text{ ч}$.

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_c = 0,0002 \text{ ч}^{-1}$. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,8$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 100) часов равна 0,95. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 100 \text{ ч}$, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. 1.1.

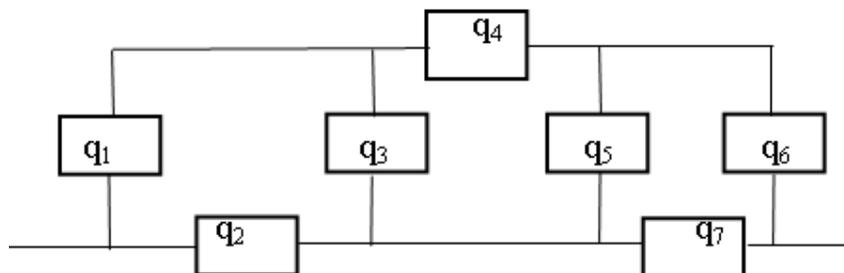


Рис. 1.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,8$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 2000 \text{ ч}$, $\sigma_t = 200 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 1\,500$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 100 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 1.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,5$; $\lambda = 0,0015 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

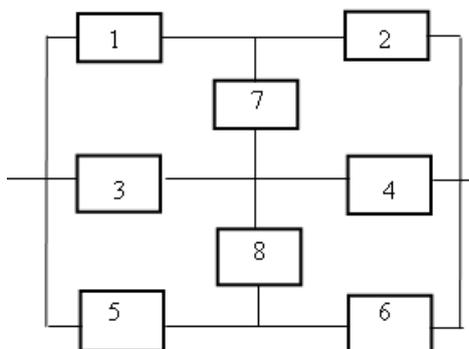


Рис. 1.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Система состоит из 10 равнонадежных элементов, вредное время безотказной работы элемента равно $T = 1000$ ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надёжности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти среднее время безотказной работы системы T_S , частоту отказов $a_S(t)$ и интенсивность отказов $\lambda_S(t)$ в момент времени $t = 50$ ч в следующих случаях:

- нерезервированной системы;
- дублированной системы при постоянно включенном резерве.

9. Схема расчета надёжности изделия приведена на рис. 1.3. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности безотказной работы элементов: $P_1 = 0,9$, $P_2 = 0,8$.

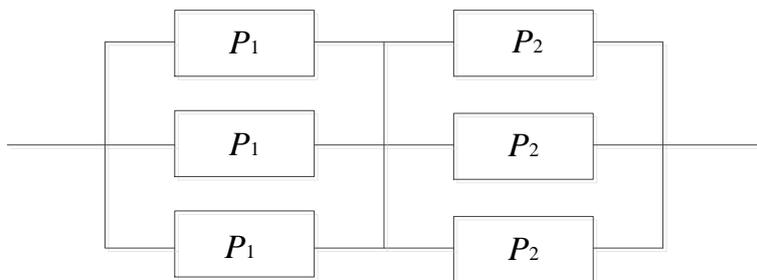


Рис. 1.3. Структурная схема надёжности системы

10. Не резервированное устройство управления состоит из 400 равно надёжных элементов. Для повышения надёжности системы предполагается провести пассивное раздельное дублирование всех элементов. Рассчитайте интенсивность отказов одного элемента, чтобы система имела вероятность безотказной работы $P(\tau) = 0,95$, $\tau = 10$ ч, если функцией распределения времени безотказной работы элемента является распределение Рэлея.

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 50 + 12 \cdot N$ ч приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,2 | 0,15 | 0,18 | 0,14 | 0,1 | 0,16 |
| Δ [мм] при $t = 50 + 12 \cdot N$ ч | 0,25 | 0,18 | 0,21 | 0,19 | 0,15 | 0,22 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,2$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения профилактических работ для ИМ данного типа, исключая их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,9$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 4,5$, допуск на параметр ($\pm 0,5$), среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 = 0,2$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,1t$, $\sigma(t) = \sigma_0 + 0,03t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,98$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 35$, $N_2 = 14$, $N_3 = 18$, $N_4 = 26$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_2 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_3 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_4 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 20$ ч, $\tau_{B3} = 30$ ч. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 500 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,9?

Вариант 2

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. Система имеет нормальное распределение наработки до отказа с параметрами $m_t = 1200$ ч, $\sigma_t = 750$ ч. Область возможных значений наработки до отказа $(0, \infty)$. В течение какой наработки $(0, t)$ система будет функционировать с вероятностью безотказной работы не менее, чем 0,95.

2. Оцените вероятность безотказной работы в течение времени $t = 15\,000$ часов изнашиваемого подвижного соединения, если ресурс по износу подчиняется нормальному распределению с параметрами $m_t = 40\,000$ ч, $\sigma_t = 10\,000$ ч.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 2.1.

Таблица 2.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 60 | 80 | 70 | 45 | 20 | 25 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2500$ ч, $\sigma_1 = 1400$ ч;
- насос 2: $m_2 = 3000$ ч, $\sigma_2 = 1100$ ч;
- насос 3: $m_3 = 4000$ ч, $\sigma_3 = 1400$ ч.

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_C = 0,0003$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha=1,5$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки $(0, 200)$ часов равна 0,90. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 200$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. (2.1)

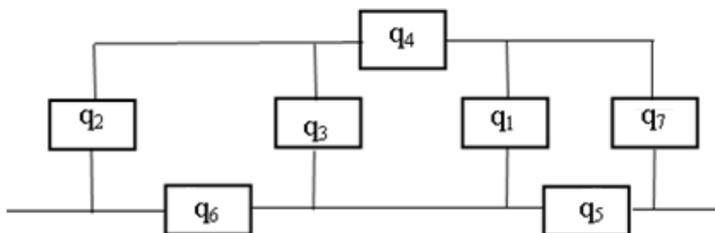


Рис. 2.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,7$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 3 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 1500 \text{ ч}$, $\sigma_t = 300 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 2000$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 200 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 2.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,4$; $\lambda = 0,001 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 2 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

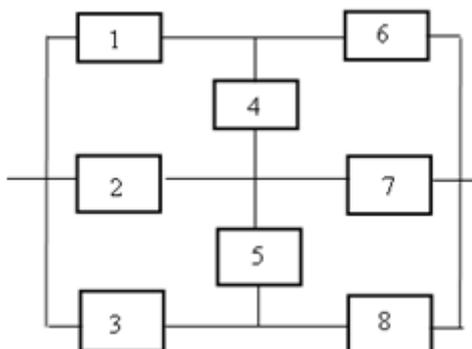


Рис. 2.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. В системе телеуправления применено дублирование канала управления. Интенсивность отказов канала $\lambda = 10^{-2} \text{ ч}^{-1}$. Рассчитать вероятность безотказной работы системы $P_S(t)$, при $t = 10$ ч, среднее время безотказной работы системы T_S , частоту отказов $a_S(t)$ и интенсивность отказов $\lambda_S(t)$.

9. Система состоит из 5 равнонадежных элементов, вредная 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.

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

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 40 + 10 \cdot N$ ч приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,18 | 0,13 | 0,16 | 0,12 | 0,08 | 0,14 |
| Δ [мм] при $t = 40 + 10 \cdot N$ ч | 0,22 | 0,15 | 0,18 | 0,16 | 0,12 | 0,19 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,15$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения профилактических работ для ИМ данного типа, исключающий их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,92$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 5,5$, допуск на параметр $(\pm 0,4)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,18$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,2t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,04t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,97$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 38$, $N_2 = 12$, $N_3 = 20$, $N_4 = 23$ элементов интенсивностями отказов $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_3 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_4 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 23 \text{ ч}$, $\tau_{B3} = 35 \text{ ч}$. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 600 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,85?

Вариант 3

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. Нарботка 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 ч.

2. Известно, что средняя наработка до отказа автоматизированной системы равна 2 000 часов. Требуется, при предположении показательного закона распределения промежутков времени между отказами, определить вероятность того, что система откажет не более четырёх раз в течение наработки в 300 часов.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 3.1.

Таблица 3.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 75 | 85 | 35 | 55 | 35 | 15 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2600$ ч, $\sigma_1 = 1200$ ч;
- насос 2: $m_2 = 2900$ ч, $\sigma_2 = 1400$ ч;
- насос 3: $m_3 = 4100$ ч, $\sigma_3 = 2100$ ч.

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_C = 0,00025$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,7$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 100) часов равна 0,93. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 100$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. 3.1.

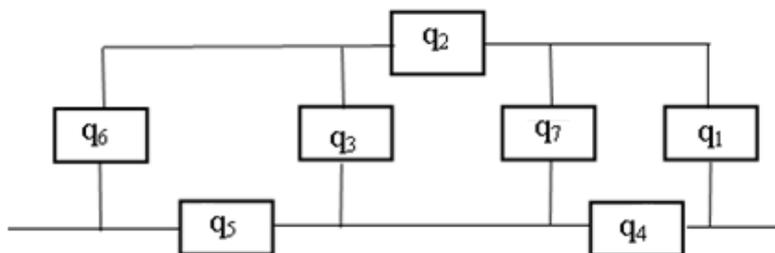


Рис. 3.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 3 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,6$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 2500 \text{ ч}$, $\sigma_t = 250 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 7 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 1800$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 200 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 3.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,8$; $\lambda = 0,0015 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

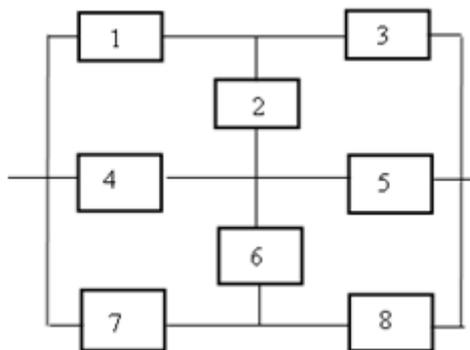


Рис. 3.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Нерезервированная система управления состоит из $n = 5000$ элементов. Для повышения надёжности системы предполагается провести общее дублирование элементов. Чтобы приблизительно оценить возможность достижения заданной вероятности безотказной работы системы $P_S(t) = 0,9$ при $t = 10$ ч, необходимо рассчитать среднюю интенсивность отказов одного элемента при предположении отсутствия последствия отказов.

9. В результате анализа данных об отказах изделий установлено, что вероятность безотказной работы выражается формулой $P(t) = 3 \cdot e^{-\lambda t} - 3 \cdot e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t}$. Требуется найти количественные характеристики надёжности $\lambda(t)$, $T(t)$.

10. Схема расчета надёжности изделия приведена на рис. 3.3. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности отказов элементов: $Q_1 = 0,005$, $Q_2 = 0,1$.

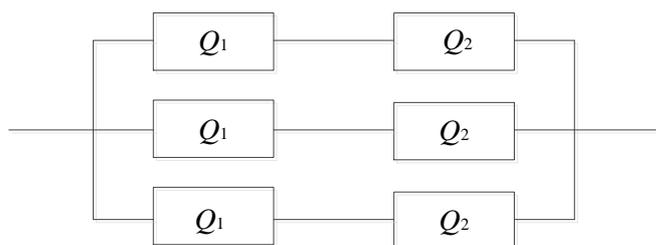


Рис. 3.3. Структурная схема надёжности системы

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 65 + 11 \cdot N$ ч приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,22 | 0,18 | 0,20 | 0,15 | 0,12 | 0,18 |
| Δ [мм] при $t = 65 + 11 \cdot N$ ч | 0,25 | 0,16 | 0,22 | 0,21 | 0,16 | 0,19 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,22$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения про-

филактических работ для ИМ данного типа, исключая их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,85$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 4,5$, допуск на параметр $(\pm 0,6)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,15$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,3t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,05t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,96$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 32$, $N_2 = 15$, $N_3 = 22$, $N_4 = 20$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_2 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_3 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_4 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 25 \text{ ч}$, $\tau_{B3} = 40 \text{ ч}$. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 600 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,93?

Вариант 4

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. Система управления задвижкой имеет экспоненциальное распределение наработки до отказа. Определите вероятность безотказной работы системы в течение времени, равного средней наработке T .

2. Время работы изделия подчинено нормальному закону с параметрами $m_t = 8000$ ч, $\sigma_t = 1000$ ч. Требуется вычислить количественные характеристики надёжности $P(t)$, T_0 , $a(t)$, $\lambda(t)$ для $t = 8000$ ч.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 4.1.

Таблица 4.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 85 | 80 | 45 | 40 | 30 | 20 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2900$ ч, $\sigma_1 = 1400$ ч.
- насос 2: $m_2 = 3200$ ч, $\sigma_2 = 1500$ ч.
- насос 3: $m_3 = 4300$ ч, $\sigma_3 = 2200$ ч

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_C = 0,00015$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,6$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 150) часов равна 0,90. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 150$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. 4.1.

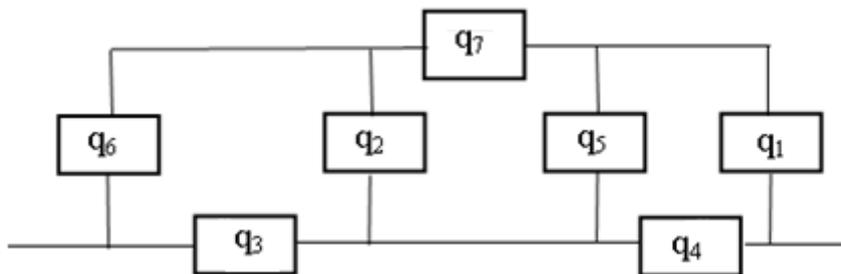


Рис. 4.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 6 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,4$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 3000 \text{ ч}$, $\sigma_t = 100 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 2500$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 200 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 4.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,8$; $\lambda = 0,003 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

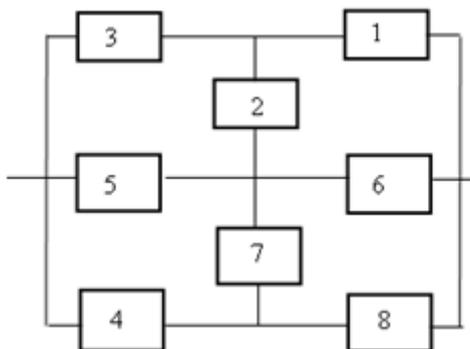


Рис. 4.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Приемник состоит из трех блоков. Интенсивности отказов этих блоков соответственно равны: $\lambda_1(t) = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_2(t) = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$,

$\lambda_3(t) = 3 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$. Требуется рассчитать вероятность безотказной работы приемника при $t = 100$ час для следующих случаев: а) резерв отсутствует; б) имеется общее дублирование приемника в целом.

9. Схема расчета надежности изделия приведена на рис. 4.3. Вероятность безотказной работы нерезервированного устройства в течение 300 ч равна 0,74; интенсивность отказов устройств $\lambda = \text{const}$. Найти вероятность безотказной работы и среднюю наработку до первого отказа изделия.

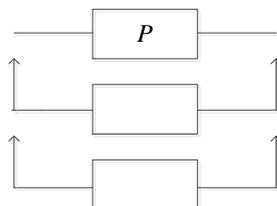


Рис. 4.3. Структурная схема надёжности системы

10. 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 экспоненциальному 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 $n = 4$.

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 35 + 15 \cdot N$ ч приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,19 | 0,13 | 0,17 | 0,13 | 0,09 | 0,15 |
| Δ [мм] при $t = 35 + 15 \cdot N$ ч | 0,23 | 0,17 | 0,19 | 0,17 | 0,14 | 0,20 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,2$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения профилактических работ для ИМ данного типа, исключающий их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,95$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 5$, допуск на параметр $(\pm 0,5)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,23$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,4t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,04t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,95$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 35$, $N_2 = 13$, $N_3 = 21$, $N_4 = 18$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_3 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_4 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 20 \text{ ч}$, $\tau_{B3} = 35 \text{ ч}$. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 600 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,95?

Вариант 5

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. На испытание поставлено 1000 однотипных элементов, за 3000 часов отказало 80 элементов. Требуется определить вероятность безотказной работы $P^*(t)$ при $t = 3000$ ч.

2. Определить вероятность безотказной работы и интенсивность отказов прибора при $t = 1300$ часов работы, если при испытаниях получено значение среднего времени безотказной работы $T = 1500$ и среднее квадратическое отклонение $\sigma = 100$ ч.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 5.1.

Таблица 5.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 85 | 45 | 75 | 50 | 30 | 15 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 3100$ ч, $\sigma_1 = 1200$ ч;
- насос 2: $m_2 = 2800$ ч, $\sigma_2 = 1300$ ч;
- насос 3: $m_3 = 4400$ ч, $\sigma_3 = 2300$ ч

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_C = 0,0004$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,2$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 120) часов равна 0,92. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 120$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. 5.1.

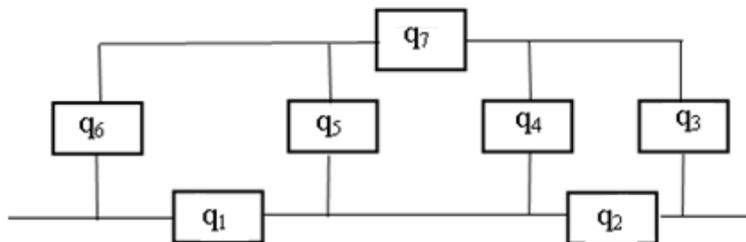


Рис. 5.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,7$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 7 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 3000 \text{ ч}$, $\sigma_t = 100 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 2500$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 300 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 5.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,4$; $\lambda = 0,003 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

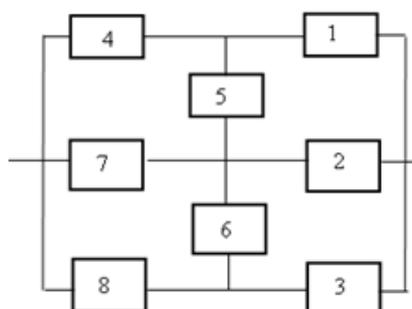


Рис. 5.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Схема расчета надежности устройства приведена на рис 5.3. Предполагается, что последствие отказов отсутствует и все элементы расчета равнонадежны. Интенсивность отказов элемента $\lambda = 1,15 \cdot 10^{-3}$ 1/ч. Определить наработку до первого отказа устройства.

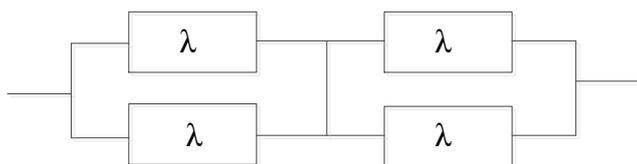


Рис. 5.3. Структурная схема надёжности системы

9. Для повышения надежности автоматической линии (АЛ) каждый её станок дублирован и вступает в работу при отказе основного станка. Состав элементов нерезервированной линии и данные по интенсивности отказов элементов приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

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

Предполагается, что имеет место экспоненциальный закон надежности, станки подвержены лишь одному виду отказов и последствие отказов отсутствует. Найти вероятность безотказной работы линии в течение 1000 час.

10. Для повышения точности измерения некоторой величины применена схема группирования приборов из пяти по три, т.е. результат измерения считается верным по показанию среднего (третьего) прибора. Требуется найти вероятность безотказной работы $P_c(t)$, среднее время безотказной работы T такой системы, а также частоту отказов $f_c(t)$ и интенсивность отказов $\lambda_c(t)$ системы, если интенсивность отказов каждого прибора $\lambda(t) = 0,4 \cdot 10^{-3}$ 1/ч.

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 40 + 10 \cdot N$ ч приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,19 | 0,16 | 0,23 | 0,18 | 0,11 | 0,21 |
| Δ [мм] при $t = 40 + 10 \cdot N$ ч | 0,28 | 0,18 | 0,26 | 0,24 | 0,19 | 0,22 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,25$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения профилактических работ для ИМ данного типа, исключающий их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,95$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 6,5$, допуск на параметр $(\pm 0,4)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,35$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,5t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,08t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,92$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 30$, $N_2 = 20$, $N_3 = 15$, $N_4 = 18$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 2,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_2 = 1,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_3 = 8 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_4 = 5,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 30$ ч, $\tau_{B3} = 40$ ч. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 400 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,9?

Вариант 6

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. За наблюдаемый период эксплуатации в аппаратуре было зафиксировано 7 отказов. Время восстановления составило: $t_1 = 12$ мин, $t_2 = 23$ мин, $t_3 = 15$ мин, $t_4 = 9$ мин, $t_5 = 17$ мин, $t_6 = 28$ мин, $t_7 = 25$ мин, $t_8 = 31$ мин. Требуется определить среднее время восстановления аппаратуры T_B^* .

2. Вероятность безотказной работы изделия в течение $t = 1000$ ч. $P(1000) = 0,95$. Время исправной работы подчинено закону Релея. Требуется определить количественные характеристики надёжности $\lambda(t)$, $a(t)$, T .

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 6.1.

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

Таблица 6.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 90 | 80 | 70 | 30 | 10 | 20 |

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2500$ ч, $\sigma_1 = 1900$ ч;
- насос 2: $m_2 = 2800$ ч, $\sigma_2 = 1900$ ч;
- насос 3: $m_3 = 4500$ ч, $\sigma_3 = 2300$ ч.

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_C = 0,00025$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,1$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 250) часов равна 0,96. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 250$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис 6.1.

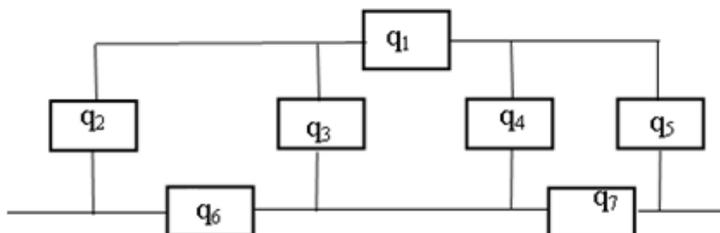


Рис. 6.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,4$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 9 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 2500 \text{ ч}$, $\sigma_t = 100 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 2000$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 300 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 6.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,4$; $\lambda = 0,005 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

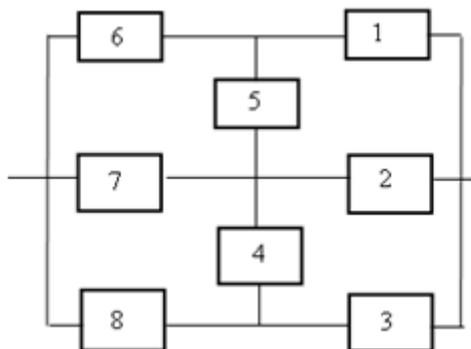


Рис. 6.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Система состоит из двух блоков, соединенных последовательно и характеризующихся соответственно интенсивностями отказов $\lambda_1 = 120,54 \cdot 10^{-6}$ 1/ч и $\lambda_2 = 185,66 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. Выполнено пассивное общее резервирование с неизменной нагрузкой всей системы (блока 1 и 2). Требуется определить вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$, частоту отказов $a_c(t)$, среднее время безотказной работы системы T_0 и интенсивность отказов $\lambda_c(t)$. Определить $P_c(t)$ при $t = 20$ ч.

9. Схема расчета надежности изделия приведена на рис 6.3. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности отказов элементов: $Q_1 = 0,003$, $Q_2 = 0,09$.

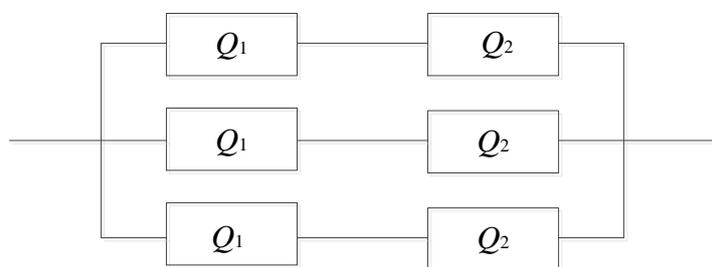


Рис. 6.3. Структурная схема надёжности системы

10. Нарботка 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.

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 55 + 13 \cdot N$ час приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,15 | 0,13 | 0,19 | 0,11 | 0,10 | 0,14 |
| Δ [мм] при $t = 55 + 13 \cdot N$ ч | 0,18 | 0,14 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,15 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,18$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения профилактических работ для ИМ данного типа, исключающий их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,95$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 3,5$, допуск на параметр $(\pm 0,45)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,17$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,2 \cdot t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,03 \cdot t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,96$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 30$, $N_2 = 18$, $N_3 = 21$, $N_4 = 15$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_3 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_4 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 40 \text{ ч}$, $\tau_{B3} = 30 \text{ ч}$. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 600 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,95?

Вариант 7

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. На испытание поставлено 6 однотипных изделий. Получены следующие значения t_i (t_i – время безотказной работы i -го изделия): $t_1 = 280$ ч, $t_2 = 350$ ч, $t_3 = 400$ ч, $t_4 = 320$ ч, $t_5 = 380$ ч, $t_6 = 330$ ч. Определите статистическую оценку среднего времени безотказной работы изделия T^* .

2. Система состоит из двух устройств. Вероятности безотказной работы каждого из них в течение времени $t = 100$ ч равны $P_1(t) = 0,95$; $P_2(t) = 0,97$. Справедлив экспоненциальный закон надёжности. Необходимо найти среднее время безотказной работы системы.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 7.1.

Таблица 7.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 75 | 90 | 65 | 20 | 25 | 15 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2500$ ч, $\sigma_1 = 1300$ ч;
- насос 2: $m_2 = 3500$ ч, $\sigma_2 = 1300$ ч;
- насос 3: $m_3 = 4500$ ч, $\sigma_3 = 2100$ ч.

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_C = 0,00015$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,3$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 100) часов равна 0,91. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 100$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. 7.1.

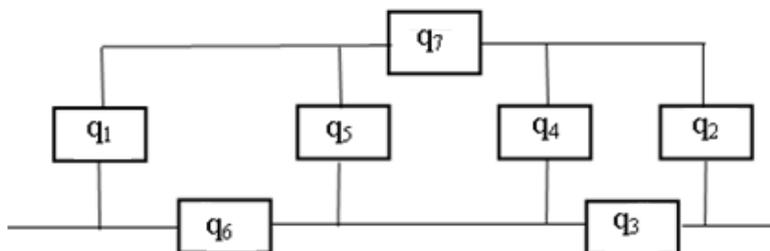


Рис. 7.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,6$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 9 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 3500 \text{ ч}$, $\sigma_t = 150 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью: $\lambda_2 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 2500$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 300 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 7.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,4$; $\lambda = 0,007 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

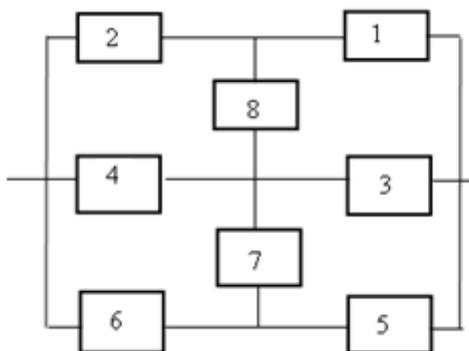


Рис. 7.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Устройство обработки состоит из трех одинаковых блоков. Вероятность безотказной работы устройства $P_y(t_i)$ в течение $(0, t_i)$ должна быть не менее 0,87. Определить, какова должна быть вероятность безотказной работы каждого блока в течение $(0, t_i)$ для случаев: а) резерв отсутствует, б) имеется пассивное общее резервирование с неизменной нагрузкой всего устройства в целом, в) имеется пассивное раздельное резервирование с неизменной нагрузкой по блокам.

9. Схема расчета надежности изделия приведена на рис 7.3. Найти вероятность безотказной работы блоков a , b , $г$ и всего устройства при известных значениях вероятности безотказной работы её элементов: $P_1 = 0,9$, $P_2 = 0,97$.

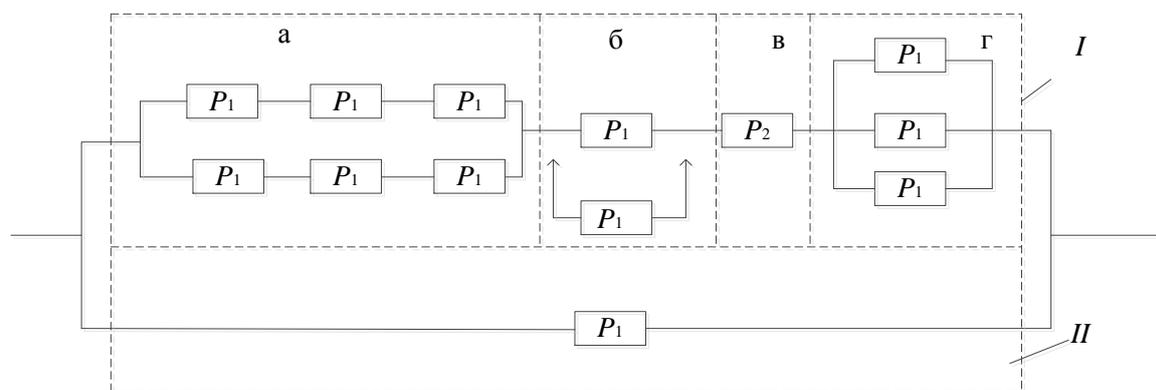


Рис. 7.3. Схема расчета надежности изделия

10. Система состоит из 10 равнонадежных элементов, среднее время безотказной работы элемента $T_i = 1000$ ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$, среднее время безотказной работы системы T_0 , частоту отказов $a_c(t)$ и интенсивность отказов $\lambda_c(t)$ в момент времени $t = 50$ ч в следующих случаях: а) нерезервированной системы; б) дублированной системы при включении резерва по способу замещения (ненагруженный резерв).

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 65 + 11 \cdot N$ час приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,26 | 0,21 | 0,23 | 0,18 | 0,15 | 0,21 |
| Δ [мм] при $t = 65 + 11 \cdot N$ ч | 0,28 | 0,19 | 0,25 | 0,24 | 0,19 | 0,22 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,23$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения профилактических работ для ИМ данного типа, исключающий их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,9$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 5,5$, допуск на параметр $(\pm 0,5)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,18$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,2t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,08t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,98$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 35$, $N_2 = 18$, $N_3 = 52$, $N_4 = 18$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 6,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_2 = 1,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_3 = 6 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_4 = 4,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 35$ ч, $\tau_{B3} = 25$ ч. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 500 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,95?

Вариант 8

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. На испытание поставлено $N = 400$ изделий. За время $t = 3000$ ч отказало 200 изделий. За интервал времени $(t, t + \Delta t)$, где $\Delta t = 100$ ч, отказало 100 изделий. Требуется определить $P^*(3000)$, $P^*(3100)$, $a^*(3000)$, $\lambda^*(3000)$.

2. Среднее время исправной работы изделия равно 1260 ч. Время исправной работы подчинено закону Релея. Необходимо найти его количественные характеристики надёжности $P(t)$, $\lambda(t)$, $a(t)$ для $t = 1000$ ч.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 8.1.

Таблица 8.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 60 | 90 | 75 | 40 | 30 | 5 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2600$ ч, $\sigma_1 = 1200$ ч;
- насос 2: $m_2 = 3400$ ч, $\sigma_2 = 1000$ ч
- насос 3: $m_3 = 4100$ ч, $\sigma_3 = 2300$ ч

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_c = 0,0001$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,3$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 120) часов равна 0,95. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 120$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. 8.1.

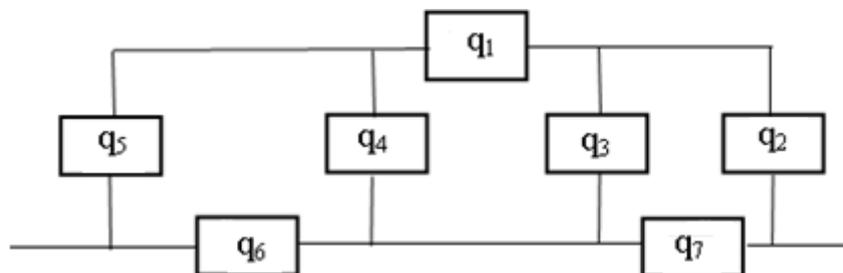


Рис. 8.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,9$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 9 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 2500 \text{ ч}$, $\sigma_t = 350 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 3500$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 300 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 8.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,6$; $\lambda = 0,006 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

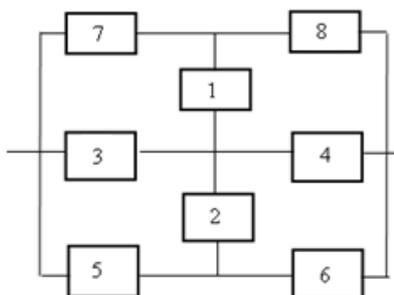


Рис. 8.2. Структурная схема надёжности

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Требуется определить вероятность безотказной работы системы с двумя исправными элементами из трех, если $\lambda = 0,0005$ 1/ч; $\alpha = 0,3$; $t = 200$ ч.

9. Схема расчета надежности изделия приведена на рис. 8.3. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности безотказной работы элементов: $P_1 = 0,8$, $P_2 = 0,7$.

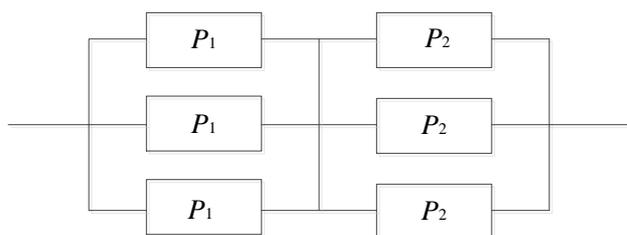


Рис. 8.3. Схема расчета надежности изделия

10. Система состоит из 10 равнонадежных элементов, среднее время безотказной работы элемента $T_i = 1000$ ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$, среднее время безотказной работы системы T_0 , частоту отказов $a_c(t)$ и интенсивность отказов $\lambda_c(t)$ в момент времени $t = 50$ ч в следующих случаях: а) нерезервированной системы; б) дублированной системы при включении резерва по способу замещения (ненагруженный резерв).

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 45 + 9 \cdot N$ ч приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,20 | 0,15 | 0,21 | 0,19 | 0,10 | 0,16 |
| Δ [мм] при $t = 45 + 9 \cdot N$ ч | 0,22 | 0,19 | 0,17 | 0,24 | 0,21 | 0,15 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,2$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения профилактических работ для ИМ данного типа, исключая их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,85$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 6,5$, допуск на параметр $(\pm 0,55)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,23$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,5t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,09t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,98$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 28$, $N_2 = 18$, $N_3 = 24$, $N_4 = 16$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 7,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_2 = 3,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_3 = 8,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹, $\lambda_4 = 4,5 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 20$ ч, $\tau_{B3} = 35$ ч. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 600 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,96?

Вариант 9

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. В результате анализа данных об отказах изделия установлено, что частота отказов имеет вид $a(t) = 2 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} (1 - e^{-\lambda t})$. Необходимо найти количественные характеристики надёжности $P(t)$, $\lambda(t)$, $T(t)$.

2. Система состоит из 12600 элементов, средняя интенсивность отказов которых $\lambda_{\text{ср}} = 0,32 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. Требуется определить вероятность безотказной работы системы $P(t)$, вероятность отказа системы $q(t)$, частоту отказов $a(t)$, среднее время безотказной работы системы при $t = 50$ ч.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 9.1.

Таблица 9.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 75 | 85 | 65 | 40 | 20 | 15 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2300$ ч, $\sigma_1 = 1300$ ч;
- насос 2: $m_2 = 3900$ ч, $\sigma_2 = 1400$ ч;
- насос 3: $m_3 = 4000$ ч, $\sigma_3 = 2500$ ч.

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_c = 0,0002$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,3$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 100) часов равна 0,94. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 100$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. 9.1.

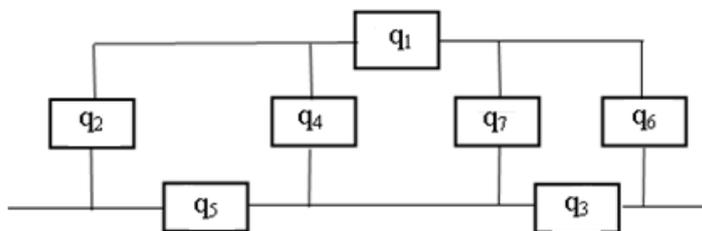


Рис. 9.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,5$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 4500 \text{ ч}$, $\sigma_t = 300 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 2500$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 300 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 9.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,6$; $\lambda = 0,008 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

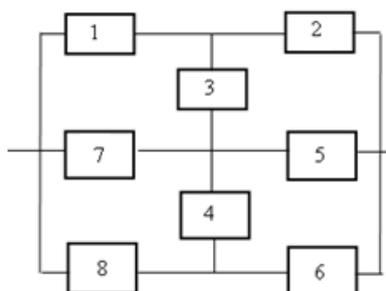


Рис. 9.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Нерезервированная система управления состоит из $n = 4000$ элементов. Известна требуемая вероятность безотказной работы системы $P_c(t) = 0,9$ при $t = 100$ ч. Необходимо рассчитать допустимую среднюю интенсивность отказов одного элемента, считая элементы равнонадежными, для того чтобы приблизительно оценить достижение заданной вероятности безотказной работы при отсутствии профилактических осмотров в следующих случаях: а) резервирование отсутствует; б) применено общее дублирование.

9. Схема расчета надежности изделия приведена на рис. 9.3. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности отказов элементов: $Q_1 = 0,1$, $Q_2 = 0,2$.



Рис. 9.3. Схема расчета надежности изделия

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

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 30 + 10 \cdot N$ ч приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,20 | 0,15 | 0,21 | 0,16 | 0,13 | 0,19 |
| Δ [мм] при $t = 30 + 10 \cdot N$ ч | 0,26 | 0,17 | 0,23 | 0,22 | 0,18 | 0,21 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,18$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения про-

филактических работ для ИМ данного типа, исключая их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,95$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 4,5$, допуск на параметр $(\pm 0,35)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,19$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,1 \cdot t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,03 \cdot t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,94$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 33$, $N_2 = 18$, $N_3 = 20$, $N_4 = 18$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_3 = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_4 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 35 \text{ ч}$, $\tau_{B3} = 45 \text{ ч}$. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 550 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,95?

Вариант 10

Тема 1. Расчет надёжности систем

1. Система состоит из трех блоков, среднее время безотказной работы которых равно $T_1 = 160$ ч, $T_2 = 320$ ч, $T_3 = 600$ ч. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется определить среднее время безотказной работы системы.

2. В результате анализа данных об отказах изделий установлено, что вероятность безотказной работы выражается формулой $P(t) = 3 \cdot e^{-\lambda t} - 3 \cdot e^{-2\lambda t} + e^{-3\lambda t}$. Требуется найти количественные характеристики надежности $\lambda(t)$, $T(t)$.

3. По результатам испытания 300 приводов исполнительных механизмов, проводившихся без замен и отказавших в течение 1 000 часов, были получены данные о наработках до отказа, приведённые в табл. 10.1.

Таблица 10.1

| Интервалы наработки Δt_i , ч | 0–100 | 100–200 | 200–400 | 400–600 | 600–800 | 800–1000 |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Число отказов $\Delta n_i(t)$ | 70 | 85 | 65 | 45 | 20 | 15 |

Вычислить значения и построить графики вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, частоты отказов приводов исполнительных механизмов.

4. На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:

- насос 1: $m_1 = 2100$ ч, $\sigma_1 = 1500$ ч;
- насос 2: $m_2 = 2700$ ч, $\sigma_2 = 1900$ ч;
- насос 3: $m_3 = 3600$ ч, $\sigma_3 = 2400$ ч.

Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с параметром $\lambda_C = 0,0003$ ч⁻¹. Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

5. Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром $\alpha = 1,2$. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 200) часов равна 0,96. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени $t = 200$ ч, и среднюю наработку до отказа привода.

Тема 2. Обеспечение заданного уровня надёжности технических систем

6. Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рис. 10.1.

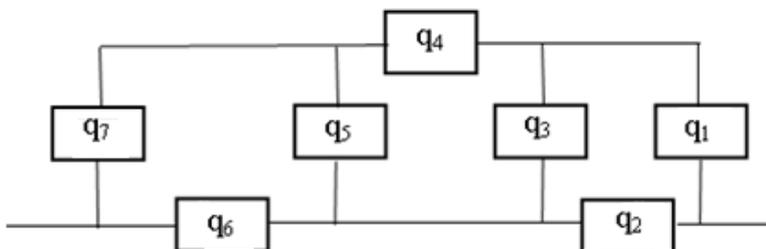


Рис. 10.1. Структурная схема надёжности системы

Для элементов 1, 5: $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$, $\lambda = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\alpha = 0,8$;

3, 6: $P(t) = e^{-\lambda t^2}$, $\lambda = 8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами $m_t = 3500 \text{ ч}$, $\sigma_t = 300 \text{ ч}$; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_2 = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_7 = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$.

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени $t = 2000$ часов.

7. Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 300 часов системы, имеющей структурную схему надёжности (рис. 10.2), если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6 $P(\tau) = 0,95$. Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,7$; $\lambda = 0,007 \text{ ч}^{-1}$; для звена 8 – по закону Рэлея с параметром $\sigma = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

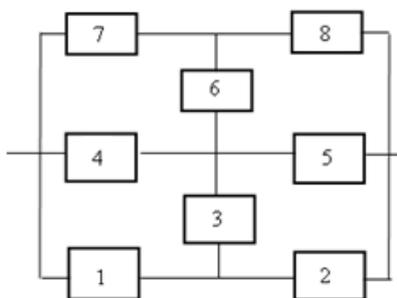


Рис. 10.2. Структурная схема надёжности системы

Тема 3. Основные вопросы эксплуатационной надёжности технических систем

8. Устройство состоит из трех блоков I, II, III. Интенсивности отказов этих трех блоков соответственно равны $\lambda_1 = 18 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_2 = 25 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_3 = 12 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. Требуется определить вероятность безотказной работы устройства $P_C(t)$ для следующих случаев: а) резерв отсутствует, б) имеется дублирование устройства в целом.

9. Схема расчета надежности изделия приведена на рис. 10.3. Найти вероятность безотказной работы изделия, если известны вероятности безотказной работы элементов: $P_1 = 0,9$; $P_2 = 0,8$; $P_3 = 0,85$; $P_4 = 0,94$.



Рис. 10.3. Схема расчета надежности изделия

10. Вероятность безотказной работы преобразователя постоянного тока в переменный в течении времени $t = 1000$ ч равна $0,95$, т.е. $P(1000) = 0,95$. Для повышения надежности системы электроснабжения на объекте имеется такой же преобразователь, который включается в работу при отказе первого (режим ненагруженного резерва). Требуется рассчитать вероятность безотказной работы $P_C(t)$ и среднее время безотказной работы системы T_0 , состоящей из двух преобразователей, а также определить частоту отказов $a(t)$ и интенсивность отказов $\lambda(t)$ системы.

Тема 4. Диагностика автоматизированных систем

11. При испытаниях партии исполнительных механизмов (ИМ) из 6 штук было установлено, что погрешность позиционирования со временем увеличивается. Данные о погрешностях, полученные для моментов времени эксплуатации $t_1 = 0$ ч, $t_2 = 45 + 14 \cdot N$ ч приведены в табл. 10.2.

Таблица 10.2

| Номер ИМ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Δ [мм] при $t = 0$ ч | 0,21 | 0,16 | 0,19 | 0,15 | 0,11 | 0,17 |
| Δ [мм] при $t = 45 + 14 \cdot N$ ч | 0,26 | 0,19 | 0,22 | 0,20 | 0,16 | 0,23 |

Для использования ИМ в задвижках нефтепровода необходимо, чтобы погрешность его позиционирования была $\Delta \leq 0,23$ мм.

Полагая, что скорость изменения погрешности подчиняется нормальному закону распределения, определите интервал проведения профилактических работ для ИМ данного типа, исключающий их постепенные отказы с вероятностью $P \geq 0,9$.

12. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра $X_0 = 2,5$, допуск на параметр $(\pm 0,45)$, среднеквадратичное отклонение $\sigma_0 \geq 0,12$, если известно, что $m(t) = m_0 - 0,15t$, $\sigma(t) = \sigma_0 - 0,09t$, а в момент начала проведения профилактических работ требуемая вероятность $P_{\text{проф}}(t) = 0,91$.

13. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, $N_1 = 36$, $N_2 = 16$, $N_3 = 23$, $N_4 = 14$ элементов с интенсивностями отказов $\lambda_1 = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_3 = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, $\lambda_4 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления $\tau_{B2} = 30 \text{ ч}$, $\tau_{B3} = 20 \text{ ч}$. Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 600 часов.

Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,95?