

Задача № 1

Оценка надёжности восстанавливаемых ремонтируемых систем

Задание

Выполнить расчёт параметров надёжности системы воздухообеспечения защитного сооружения второго режима работы в зоне возможной аварии. А также обеспечить выполнения условия обеспечения требуемой надёжности.

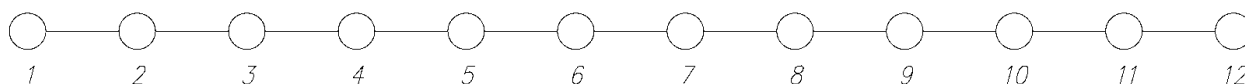
Исходные данные.

Требуемая надёжность:	$P_{\text{тр}} := 0.8$	[таблица 1, столбец 2]
Максимально допустимое время перерыва в работе (время восстановления):	$\tau_{\text{в}} := 0.35$	часа [таблица 1, столбец 3]
Расчетное время работы системы:	$\tau := 42$	часа [таблица 1, столбец 4]

Решение:

1. Составляем структурно-логическую схему надёжности рассматриваемой технической системы

Для представленной принципиальной схемы системы воздухообеспечения защитного сооружения (рисунок 1), структурно-логическая схема надёжности имеет следующий вид (12 последовательно соединённых элементов)



1 - защитное устройство (ЗУ); 2 - противопыльный фильтр (ФЯР); 3 - гермоклапан (ГК1); 4 - колонка фильтров-поглоителей (ФП); 5 - гермоклапан (ГК2); 6 - Вентагрегат (В2); 7 - гермоклапан (ГК3); 8 - вентагрегат (В1); 9 - дроссельный клапан (ДК); 10 - клапан КИД (КИД); 11 - клапан КИД (КИД); 12 - защитное устройство (ЗУ)

2. Находим и уточняем значения показателей надёжности элементов и системы в целом

$i := 1..12$ - задание интервала изменения значений дискретной переменной, задание данной переменной необходимо для автоматизации некоторых расчётных процессов (в лабораторной работе данный текст не набирать)

2.1. Определяем параметры надёжности элементов

Параметры надёжности элементов системы выбираем из таблицы 2:

Интенсивности отказов элементов

$$\lambda_1 := 10 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_2 := 10 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_3 := 150 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_4 := 10 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_5 := 150 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_6 := 500 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_7 := 10 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_8 := 500 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_9 := 10 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_{10} := 75 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_{11} := 75 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_{12} := 10 \cdot 10^{-5}$$

Интенсивности восстановления элементов

$$\mu_1 := 1$$

$$\mu_2 := 1$$

$$\mu_3 := 0.5$$

$$\mu_4 := 1$$

$$\mu_5 := 0.5$$

$$\mu_6 := 0.5$$

$$\mu_7 := 0.5$$

$$\mu_8 := 0.5$$

$$\mu_9 := 1$$

$$\mu_{10} := 1$$

$$\mu_{11} := 1$$

$$\mu_{12} := 1$$

Распределения отказов и восстановлений элементов рассматриваемой системы подчиняется экспоненциальному закону.

Тогда.

Вероятность безотказной работы элементов вычисляем по формуле:

$$P_i := e^{-\tau \cdot \lambda_i}$$

2.2. Определяем параметры надёжности системы

Вероятность безотказной работы последовательно соединённых элементов за время τ вычисляем по формуле:

$$P_{\text{бп}} := \prod_{i=1}^{12} P_i = 0.53$$

Интенсивность восстановления последовательно соединённых элементов вычисляем по формуле:

$$\mu_c := \frac{\sum_{i=1}^{12} \lambda_i}{\sum_{i=1}^{12} \frac{\lambda_i}{\mu_i}} = 0.535$$

Вероятность восстановления последовательно соединённых элементов за время τ_v вычисляем по формуле:

$$P_v := 1 - e^{-\mu_c \cdot \tau_v} = 0.171$$

2.3. Определяем надёжность (вероятность безотказной работы) системы (последовательно соединённых элементов) за время τ вычисляем с учётом восстановления за время τ_v

$$P_c := P_{br} + (1 - P_{br})P_v = 0.611$$

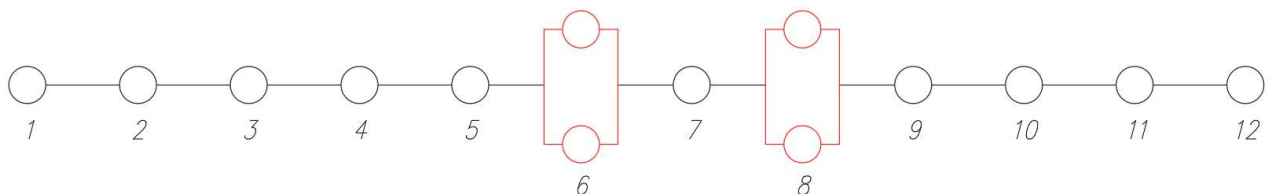
3. Проверяем обеспечение требуемой надёжности системой воздухооборудования защитного сооружения (проверяем выполнение условия $P_c \geq P_{tr}$)

Так как $P_c = 0.611 < P_{tr} = 0.8$, то надёжность системы не обеспечена.

Дублируем наименее надёжные элементы (в рассматриваемой системе - это элементы под номерами 6 и 8), корректируем структурно-логическую схему надёжности системы, переопределяем значения параметров надёжности элементов и системы в целом и проверяем выполнение условия обеспечения надёжности системы.

Так как элементы номер 6 и 8 (выбранные для дублирования) имеют одинаковые значения интенсивности отказов, то дублируем и 6 и 8 элементы.

4. Корректируем структурно-логическую схему надёжности рассматриваемой технической системы с учётом дублирования 6-го и 8-го элементов



5. Находим и уточняем значения показателей надёжности элементов и системы в целом при дублировании элементов

5.1. Определяем параметры надёжности элементов

Вероятность безотказной работы дублируемых (параллельно соединённых) элементов вычисляем по формуле:

$$P_{d6} := e^{-\frac{\tau \cdot (\lambda_6)^2}{\mu_6}}$$

$$P_{d8} := e^{-\frac{\tau \cdot (\lambda_8)^2}{\mu_8}}$$

$$\begin{array}{llll} \lambda_6 := 0 & \lambda_8 := 0 & + & \text{данные действия выполняем для удобства автоматических} \\ & & + & \text{вычислений в системе MathCAD (в лабораторной работе данный} \\ \mu_6 := 1 & \mu_8 := 1 & + & \text{текст не набирать)} \\ & & + & \end{array}$$

Вероятность безотказной работы последовательно соединённых элементов вычисляем:

$$P_i := e^{-\tau \cdot \lambda_i}$$

5.2. Определяем параметры надёжности части системы из последовательно соединённых элементов

Вероятность безотказной работы последовательно соединённых элементов за время τ вычисляем по формуле:

$$P_{\text{бп}} := \prod_{i=1}^{12} P_i = 0.807$$

Интенсивность восстановления последовательно соединённых элементов вычисляем по формуле:

$$\mu_c := \frac{\sum_{i=1}^{12} \lambda_i}{\sum_{i=1}^{12} \frac{\lambda_i}{\mu_i}} = 0.622$$

Вероятность восстановления последовательно соединённых элементов за время τ_v вычисляем по формуле:

$$P_v := 1 - e^{-\mu_c \cdot \tau_v} = 0.196$$

5.3. Определяем надёжность системы за время τ вычисляем с учётом восстановления за время τ_v при дублировании 6-го и 8-го элементов

$$P_c := [P_{\text{бп}} + (1 - P_{\text{бп}})P_v] \cdot P_{\text{д6}} \cdot P_{\text{д8}} = 0.841$$

6. Проверяем обеспечение требуемой надёжности системой воздухооборудования защитного сооружения с учётом дублирования элементов

Так как $P_c = 0.841 > P_{\text{тр}} = 0.8$, то надёжность системы обеспечена.

Вывод: Требуемая надёжность системы обеспечивается при дублировании 6-го и 8-го элементов.

Если условие $P_c \geq P_{тр}$ выполняется в 3-ем пункте, то дальнейший расчёт не выполняем.

Если после дублирования 6-го и 8-го элементов условие $P_c \geq P_{тр}$ не выполняется, то дублируем следующие элементы, имеющие наименьшие значения интенсивности отказов, например, 3 и 5 элементы. Тогда формула расчёта надёжности будет иметь следующий вид:

$$P_c := [P_{6p} + (1 - P_{6p})P_v] \cdot P_{д6} \cdot P_{д8} \cdot P_{д3} \cdot P_{д5}$$

И так до тех пор, пока не выполнится условие $P_c \geq P_{тр}$.