

## Контрольная работа № 2

### По теме: Расчет надежности технических средств защиты людей от опасных факторов пожара

#### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

##### 1.1. Анализ видов и последствий отказов дежурной системы

Дежурная система представляет собой автоматическое или с ручным приводом техническое средство, находящееся в режиме ожидания требования (режиме дежурства) на выполнение требуемой функции, время возникновения которой заранее неизвестно. По различным причинам в дежурной системе могут возникать скрытые и явные отказы. Под скрытым понимают отказ, обнаруживаемый при проведении технического обслуживания, включающего проверку работоспособности системы, под явным – отказ, обнаруживаемый с помощью контрольных приборов, вмонтированных в систему, или обслуживающим персоналом непосредственно после его возникновения. Момент возникновения скрытого отказа неизвестен и от этого момента до проверки работоспособности, выявления отказа и последующего восстановления работоспособности ДС находится в неработоспособном состоянии. При возникновении же явного отказа ДС находится в неработоспособном состоянии только в течение времени, необходимого для восстановления работоспособности. При проведении технического обслуживания, включающего проверку работоспособности, ДС снимается с режима дежурства (т.е. в это время не рассчитывают на то, что она выполнит требуемую функцию и принимают соответствующие подстраховывающие меры) и также оказывается неработоспособной.

На рис.1 представлена временная диаграмма эксплуатации дежурной системы.

В момент времени 0 систему вводят в режим дежурства с вероятностью работоспособного состояния равной 1. Через время  $\tau$  в течение времени  $t_{\text{то}}$  проводят техническое обслуживание с проверкой работоспособности системы. В это время система неработоспособна. По истечении времени  $t_{\text{то}}$  систему снова вводят в режим дежурства с вероятностью работоспособного состояния равной 1. В режиме дежурства в различной последовательности могут возникать скрытые и явные отказы. От неизвестного момента возникновения скрытого отказа до истечения времени  $\tau$  система в течение неизвестного времени  $t_c$  находится в неработоспособном состоянии. При проведении технического обслуживания скрытый отказ обнаруживают, устраняют, работоспособность системы восстанавливают и ее снова вводят в

режим дежурства. Время  $t_{то}$  в этом случае включает время  $t_{в}$  – среднее время восстановления работоспособного состояния системы.

Явный отказ обнаруживают непосредственно после его возникновения и от этого момента, до момента восстановления работоспособного состояния, система в течение времени  $t_{я}$  находится в неработоспособном состоянии. Если к восстановлению работоспособности системы приступают немедленно после обнаружения явного отказа,  $t_{я} = t_{в}$ .

После восстановления работоспособности систему снова вводят в режим дежурства и она продолжает дежурить до истечения времени  $\tau$ , после чего проводят техническое обслуживание и т.д. Предполагается, что скрытые и явные отказы обнаруживают и устраняют с вероятностью равной 1.

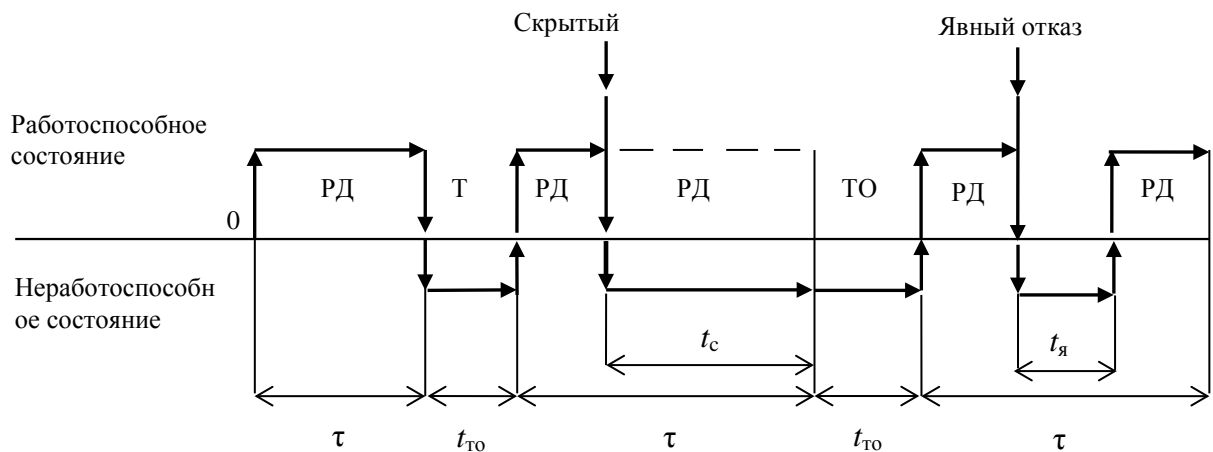


Рис. 1. Временная диаграмма эксплуатации дежурной системы:

РД – режим дежурства (дежурное состояние – состояние системы быть способной выполнить требуемую функцию по запросу);

ТО – техническое обслуживание с проверкой работоспособности;

$\tau$  – периодичность технического обслуживания (дежурное время);

$t_{то}$  – продолжительность технического обслуживания;

$t_c$  – время неработоспособного состояния по причине скрытого отказа;

$t_{я}$  – время неработоспособного состояния по причине явного отказа

Люди будут подвергаться воздействию ОФП (пожарный риск реализуется) в том случае, если пожар застигнет ТСЗЛ в промежутках времени  $t_{то}$ ,  $t_c$ ,  $t_{я}$ , т.е. в неработоспособном состоянии. Расчет надежности технического средства защиты людей от ОФП сводится к вычислению вероятности того, что оно за некоторый промежуток времени, например, за один год, будет застигнуто пожаром в неработоспособном состоянии безразлично по какой причине. Эта вероятность фактически представляет собой пожарный риск (вероятность воздействия ОФП на людей). Сравнивая эту вероятность с вероятностью, допускаемой Техническим регламентом, делают заключение об уровне обеспечения безопасности людей.

## ПАРАМЕТРЫ ДЕЖУРНОЙ СИСТЕМЫ

$\omega_c$  – параметр потока скрытых отказов;

$\omega_y$  – параметр потока явных отказов;

$\lambda_c$  – интенсивность скрытых отказов элементов;

$\lambda_y$  – интенсивность явных отказов элементов;

$\tau$  – периодичность технического обслуживания (дежурное время);

$t_{то}$  – средняя продолжительность технического обслуживания;

$t_c$  – среднее время неработоспособного состояния по причине скрытых отказов;

$t_y$  – среднее время неработоспособного состояния по причине явных отказов;

$t_b$  – среднее время восстановления работоспособности;

$\mu$  – интенсивность восстановления работоспособности;

$K_c$  – средняя доля времени нахождения системы в неработоспособном состоянии по причине скрытых отказов (коэффициент простоя по причине скрытых отказов);

$K_y$  – средняя доля времени нахождения системы в неработоспособном состоянии по причине явных отказов (коэффициент простоя по причине явных отказов);

$K_{то}$  – средняя доля времени нахождения системы в неработоспособном состоянии вследствие нахождения на техническом обслуживании (коэффициент простоя по причине технического обслуживания);

$\lambda_T$  – интенсивность требований (статистическая) предотвращать воздействие опасных факторов пожара на людей (интенсивность требуемой функции);

$P_n$  – вероятность того, что дежурная система будет застигнута требуемой функцией (например, пожаром) в неработоспособном состоянии безразлично по какой причине за календарный промежуток времени  $T$  и на людей будут воздействовать опасные факторы пожара (пожарный риск).

### 1.2. Расчет надежности технических средств защиты людей от опасных факторов пожара

1. На основании статистических данных, накопленных при эксплуатации однотипных ТСЗЛ, вычисляют параметры потоков скрытых и явных отказов:

$$\omega_c = \Sigma n_c / \Sigma t_i; \quad (1)$$

$$\omega_y = \Sigma n_y / \Sigma t_i, \quad (2)$$

где  $\Sigma n_c$ ,  $\Sigma n_y$  – суммарное число скрытых и явных отказов, выявленных при эксплуатации  $m$  однотипных ТСЗЛ (однотипными считаются ТСЗЛ

одинаковой конструкции, функционального назначения и с близкими тактико-техническими параметрами);

$t_i$  – наработка  $i$  – го ТСЗЛ.

При отсутствии статистических данных по отказам ТСЗЛ  $\omega_c$  и  $\omega_{я}$  определяют методом структурной схемы (рис. 2, 3):

$$\omega_c = \sum \lambda_{cj}; \quad (3)$$

$$\omega_{я} = \sum \lambda_{яj}. \quad (4)$$

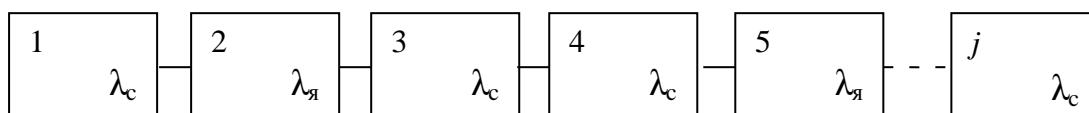


Рис. 2. Блок-схема безотказности. Последовательное соединение элементов ТСЗЛ: 1– $j$  – номера элементов;  $\lambda_c$ ,  $\lambda_{я}$  – интенсивности скрытых и явных отказов соответствующих элементов

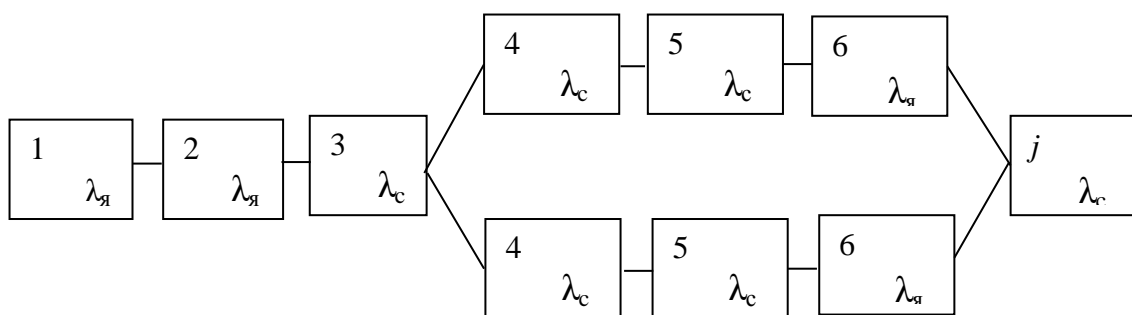


Рис. 3. Блок-схема безотказности. Смешанное соединение элементов ТСЗЛ: 1– $j$  – номера элементов; элементы 4–6 дублированы при нагруженном резерве;  $\lambda_c$ ,  $\lambda_{я}$  – интенсивности скрытых и явных отказов соответствующих элементов

Для этого ТСЗЛ представляют структурной схемой, на которой его основные элементы изображают в виде последовательно и параллельно соединенных звеньев, выражающих безотказность отдельных элементов (рис 2, 3). Структурную схему составляют с учетом того, что отказ любого основного элемента при последовательном соединении приводит к отказу ТСЗЛ, а при параллельном соединении элементов отказ ТСЗЛ произойдет при отказе не только основного, но и всех резервных элементов, предназначенных для выполнения функций основного элемента в случае отказа последнего.

Метод структурной схемы позволяет вычислять параметры потоков отказов ТСЗЛ по известным интенсивностям отказов составляющих элементов, которые представлены в приложении 4.

При смешанном соединении элементов участок с основными и резервными элементами приводят к эквивалентной интенсивности отказов одного условного элемента с тем, чтобы всю схему можно было представить

в виде последовательно соединенных элементов. При равенстве интенсивностей отказов основного и резервного элементов:

$$\lambda_{cy(4-5)} = (\lambda_{c4} + \lambda_{c5})^2; \quad (5)$$

$$\lambda_{яy(6)} = (\lambda_{я6})^2, \quad (6)$$

где  $\lambda_{cy(4-5)}$  – эквивалентная интенсивность скрытых отказов одного условного элемента, мыслимого вместо основных и резервных элементов 4, 5 (рис. 3);

$\lambda_{яy(6)}$  – эквивалентная интенсивность явных отказов одного условного элемента, мыслимого вместо основного и резервного элементов 6 (рис. 3).

Если интенсивности отказов основного и резервного элементов не равны, то эквивалентная интенсивность отказов одного условного элемента, мыслимого вместо них, равна произведению их интенсивностей отказов.

Далее  $\omega_c$  и  $\omega_y$  определяют по схемам с последовательным соединением элементов, причем вместо основных и резервных элементов в схемах изображают условные элементы с эквивалентными интенсивностями отказов (для некоторых типов ТСЗЛ  $\omega_c$ ,  $\omega_y$ ,  $t_b$  представлены в прил. 5).

2. Вычисляют интенсивность восстановления  $\mu$  работоспособности ТСЗЛ:

$$\mu = 1 / t_b. \quad (7)$$

Среднее время до восстановления  $t_b$  работоспособности ТСЗЛ определяют по статистическим данным. Формулу (7) применяют в случае, когда к восстановлению работоспособности ТСЗЛ приступают немедленно после обнаружения явного отказа. Если же к восстановлению работоспособности приступают после некоторого времени задержки, обусловленной административными или иными причинами, в формуле (7) вместо  $t_b$  подставляют  $t_y$ , которое включает  $t_b$  и время задержки по указанным причинам.

Если после обнаружения явного отказа ТСЗЛ немедленно замещается другим работоспособным ТСЗЛ (например, неработоспособное пожарное конатно-спускное устройство заменяют работоспособным),  $t_b$  в формуле (7) оказывается равным нулю, а  $\mu \rightarrow \infty$ .

3. Величины  $\tau$  и  $t_{то}$  в общем случае назначают в зависимости от средств, выделяемых на систему технического обслуживания ТСЗЛ. При этом необходимо иметь ввиду, что существует оптимальное время  $\tau^0$ , при котором вероятность нахождения ТСЗЛ в неработоспособном состоянии будет минимально возможной при данных условиях. Задавшись, с учетом средств выделяемых на техническое обслуживание, временем  $t_{то}$ , вычисляют оптимальное время периодичности технического обслуживания  $\tau^0$ :

для нерезервированного ТСЗЛ:

$$\tau_1^0 = (2 t_{то} / \omega_c)^{0,5}; \quad (8)$$

для дублированного ТСЗЛ с общим резервированием и нагруженным резервом:

$$\tau_2^0 = (3 \omega_{я} t_{то} / \mu \omega_c^2)^{1/3}. \quad (9)$$

Описанная ситуация графически изображена на рис. 4.

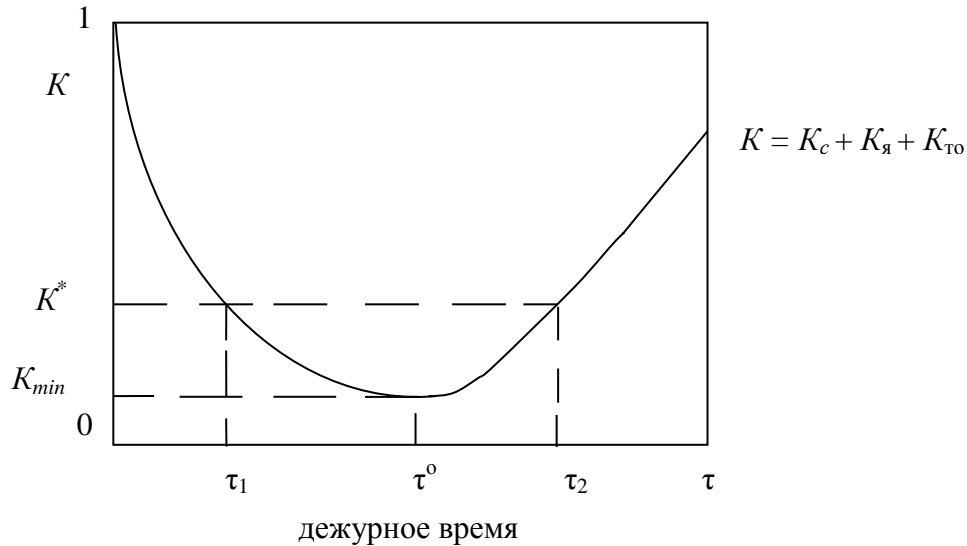


Рис. 4. Зависимость вероятности  $K$  неработоспособного состояния ТСЗЛ от дежурного времени  $\tau$ ;  $\tau^0$  – оптимальное значение  $\tau$ , при котором достигается минимально возможная вероятность неработоспособного состояния ТСЗЛ.

Из рис.4 следует, что одно и то же значение  $K^*$  реализуется при различных значениях  $\tau$ . Экономически выгодным оказывается большее значение, так как техническое обслуживание необходимо проводить значительно реже.

4. Вычисляют интенсивность требований  $\lambda_{т}$  на выполнение ТСЗЛ требуемых функций (интенсивность требований предотвращать воздействие ОФП на людей). В каждом случае это число обосновывают с учетом конкретной обстановки, в общем случае вычисляют по формуле (10):

$$\lambda_{т} = \Sigma N_{пс} / \Sigma N, \quad (10)$$

где  $\Sigma N_{пс}$  – суммарное число погибших и травмированных при пожарах людей в однотипных объектах за предыдущий год (или усреднённое годовое число за последние два-три года);

$\Sigma N$  – суммарное номинальное число людей в однотипных объектах.

5. Вычисляют вероятность  $P_{н}$  того, что ТСЗЛ за время  $T = 1$  год будет застигнуто пожаром в неработоспособном состоянии и на людей будут воздействовать ОФП (пожарный риск).

Если ТСЗЛ предназначено для спасания только одного человека (например, индивидуальное пожарное канатно-спускное устройство),  $P_n$  вычисляют по формуле:

$$P_n = \lambda_T T (K_c + K_y + K_{то}); \quad (11)$$

$$K_c = \omega_c \tau / 2; \quad (11.1)$$

$$K_y = \omega_y / \mu; \quad (11.2)$$

$$K_{то} = t_{то} / \tau. \quad (11.3)$$

Вычисленное по формуле (11)  $P_n$  сравнивают с нормативным (допустимым) значением  $10^{-6}$  (ФЗ № 123 от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», статьи 79, 93).

Если  $P_n \leq 10^{-6}$ , требования Технического регламента соблюдаются, если  $P_n > 10^{-6}$ , данное ТСЗЛ надо менять на ТСЗЛ другого типа – более надежное, если же  $P_n \ll 10^{-6}$ , надежность ТСЗЛ намного превышает надежность, требуемую данной ситуацией, а достижение этой надежности требует излишних капитальных и эксплуатационных расходов.

Чтобы снизить эксплуатационные расходы, необходимо увеличить дежурное время  $\tau$  (чем больше  $\tau$ , тем реже проводят техническое обслуживание). Для этой цели по формуле (12) определяют два значения  $\tau$ , которые обеспечат  $P_n = 10^{-6}$ . Большее значение  $\tau$  позволяет обеспечить требуемую Техническим регламентом безопасность людей при минимальных эксплуатационных расходах:

$$\tau = \frac{(\beta\mu - \omega_y) \pm \sqrt{(\beta\mu - \omega_y)^2 - 2t_{то}\omega_c\mu^2}}{\omega_c\mu}, \quad (12)$$

где  $\beta = \frac{1}{N\lambda_T T \cdot 10^6}$ ;

$N$  – число людей, жизнь которых защищает данное ТСЗЛ.

6. Если нерезервированное ТСЗЛ предназначено для одновременной защиты от ОФП в среднем  $N$  человек круглосуточно в течение года находящихся на объекте (например, автоматическая установка пожаротушения в медицинской барокамере), расчет производят по неравенству:

$$K_c + K_y + K_{то} \leq \frac{1}{N\lambda_T T \cdot 10^6}. \quad (13)$$

Если ТСЗЛ дублировано (резервирование общее, резерв нагруженный), расчет производят по неравенству (14), которое выведено для случая, когда технические обслуживания резервного и резервируемого ТСЗЛ смещены по времени так, что при техническом обслуживании одного ТСЗЛ другое обязательно находится в режиме дежурства:

$$\frac{(\omega_c\tau)^2}{3} + 2\left(\frac{\omega_y}{\mu}\right)^2 + 2\left(\frac{\omega_c\tau}{2} + \frac{\omega_y}{\mu}\right) \frac{t_{то}}{\tau} \leq \frac{1}{N\lambda_T T \cdot 10^6}. \quad (14)$$

Соблюдение неравенств (13) и (14) означает, что уровень обеспечения безопасности людей не ниже требуемого Техническим регламентом [1]. Однако, если левые части неравенств значительно меньше правых, надежность ТСЗЛ в данной ситуации чрезмерна и на поддержание этой надежности тратятся излишние эксплуатационные расходы. Эти расходы можно сократить до минимума следующим образом.

Для нерезервированного ТСЗЛ, как описано в п.5, по формуле (12) вычисляют два значения  $\tau$ . Большее значение позволит обеспечить требуемую Техническим регламентом безопасность людей при минимальных эксплуатационных расходах.

Для дублированного ТСЗЛ (резервирование общее, резерв нагруженный) в неравенство (14) подставляют различные значения  $\tau$  и методом последовательного приближения левой части неравенства к правой вычисляют предельное значение  $\tau$ , при котором левая часть не будет превышать правую.

При необходимости проведения расчетов с перебором большого числа вариантов ТСЗЛ при различных исходных данных (например, при проектировании ТСЗЛ), предельное значение  $\tau$  можно вычислить из уравнения (15):

$$\tau^3 + a\tau + b = 0, \quad (15)$$

$$\text{где: } a = \frac{3(2\omega_{\text{я}}^2 + \omega_{\text{с}}\mu^2 t_{\text{то}} - \mu^2 \beta)}{\mu^2 \omega_{\text{с}}^2}; \quad b = \frac{6t_{\text{то}}\omega_{\text{я}}}{\mu \omega_{\text{с}}^2}$$

Это уравнение решается с помощью ПЭВМ с применением стандартной программы.

7. При защите людей на объекте двумя, тремя или четырьмя ТСЗЛ различного типа, например, автоматической установкой пожаротушения (АУП), системой противодымной защиты (ПДЗ), системой пожарной сигнализации (СПС), системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ), расчет производят следующим образом.

7.1. Если все типы ТСЗЛ конструктивно и функционально скомпонованы как единая система противопожарной защиты (СПЗ) объекта так, что срабатывание (отказ) одного ТСЗЛ, например, АУП, приводит к срабатыванию (отказу) других ТСЗЛ, по формулам (1-6) вычисляют  $\omega_{\text{с}}$ ,  $\omega_{\text{я}}$  каждого типа ТСЗЛ.

7.2 Вычисляют  $\omega_{\text{с}}$  (СПЗ) и  $\omega_{\text{я}}$  (СПЗ) единой системы противопожарной защиты:

$$\omega_{\text{с}} (\text{СПЗ}) = \omega_{\text{с}} (\text{АУП}) + \omega_{\text{с}} (\text{ПДЗ}) + \omega_{\text{с}} (\text{СОУЭ}) + \omega_{\text{с}} (\text{СПС}); \quad (16)$$

$$\omega_{\text{я}} (\text{СПЗ}) = \omega_{\text{я}} (\text{АУП}) + \omega_{\text{я}} (\text{ПДЗ}) + \omega_{\text{я}} (\text{СОУЭ}) + \omega_{\text{я}} (\text{СПС}). \quad (17)$$

7.3. С учетом п.2 вычисляют интенсивность восстановления  $\mu$  (СПЗ) единой системы противопожарной защиты:



$$\mu (\text{СПЗ}) = \frac{l}{\sum_1^l t_{\text{в}}(i)}, \quad (18)$$

где  $t_{\text{в}}(i)$  – среднее время восстановления ТСЗЛ  $i$ -го типа;  
 $l$  – число типов ТСЗЛ.

В частности, если объект снабжен четырьмя ТСЗЛ различного типа, как указано в п.7:

$$\mu (\text{СПЗ}) = \frac{4}{t_{\text{в}}(\text{АУП})+t_{\text{в}}(\text{ПДЗ})+t_{\text{в}}(\text{СОУЭ})+t_{\text{в}}(\text{СПС})}. \quad (19)$$

7.4. Далее расчет производят по формулам (8,10, 11.1-11.3, 12,13).

7.5. Если все типы ТСЗЛ конструктивно и функционально представляют собой автономные, полностью независимые друг от друга технические средства так, что отказ одного ТСЗЛ не влияет на работоспособность других ТСЗЛ, по формулам (1-8, 11.1-11.3, 12) вычисляют  $K_{\text{с}}$ ,  $K_{\text{я}}$ ,  $K_{\text{то}}$  каждого ТСЗЛ в отдельности и полученные значения суммируют для определения  $K(\text{АУП})$ ,  $K(\text{ПДЗ})$ ,  $K(\text{СОУЭ})$ ,  $K(\text{СПС})$ :

$$K(\text{АУП}) = K_{\text{с}}(\text{АУП}) + K_{\text{я}}(\text{АУП}) + K_{\text{то}}(\text{АУП}); \quad (20)$$

$$K(\text{ПДЗ}) = K_{\text{с}}(\text{ПДЗ}) + K_{\text{я}}(\text{ПДЗ}) + K_{\text{то}}(\text{ПДЗ}); \quad (21)$$

$$K(\text{СОУЭ}) = K_{\text{с}}(\text{СОУЭ}) + K_{\text{я}}(\text{СОУЭ}) + K_{\text{то}}(\text{СОУЭ}); \quad (22)$$

$$K(\text{СПС}) = K_{\text{с}}(\text{СПС}) + K_{\text{я}}(\text{СПС}) + K_{\text{то}}(\text{СПС}). \quad (23)$$

7.6. Вычисляют вероятность того, что все четыре типа ТСЗЛ окажутся неработоспособными:

$$K(4) = K(\text{АУП}) \cdot K(\text{ПДЗ}) \cdot K(\text{СОУЭ}) \cdot K(\text{СПС}). \quad (24)$$

7.7. Полученное значение  $K(4)$  сравнивают, как описано в п.6, с правой частью неравенства (13):

$$K(4) \leq \frac{1}{N\lambda_{\text{T}}T \cdot 10^6}. \quad (25)$$

## Практическая часть

Задача №1. Разработана конструкция индивидуального пожарного спасательного устройства для комплектования гостиниц. На рис. 1 представлена его блок-схема безотказности. Чтобы принять решение о его производстве необходимо оценить, в состоянии ли эта конструкция обеспечить безопасность человека в гостинице при следующих исходных данных:

$$\tau = 0,5 \text{ года};$$

$$t_{\text{то}} = 8 \text{ часов} = 0,000913 \text{ года};$$

$$\mu = 1460 \text{ 1/год};$$

$$\lambda_{\text{T}} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ 1 / год.}$$

Решение 1. По условию примера отказы элементов 8-14 могут быть только скрытыми. Этот участок элементов приводим к эквивалентной интенсивности отказов одного условного элемента. Для этого сначала просуммируем интенсивности отказов одной из цепей с 8-го по 14 элемент, так как они соединены последовательно:

$$10^{-6} \cdot (0,002 + 1,1 + 7,5 + 0,35 + 0,35 + 0,02 \cdot 2 + 0,2) = 9,54 \cdot 10^{-6}.$$

2. По формуле (5) вычислим эквивалентную интенсивность отказов одного условного элемента, мыслимого взамен резервных и резервируемых элементов 8-14:

$$\lambda_{\text{cy}} = (9,54 \cdot 10^{-6})^2 = 0,000000.$$

Таким образом, интенсивность отказов условного элемента считаем равной нулю.

3. По формулам (3) и (4) вычислим параметры потоков скрытых и явных отказов устройства:

$$\omega_{\text{c}} = \lambda_{\text{c3}} + \lambda_{\text{c4}} + \lambda_{\text{c6}} + \lambda_{\text{cy}} = (0,12 + 0,65 \cdot 4 + 1,1 + 0) \cdot 10^{-6} = 3,82 \cdot 10^{-6};$$

$$\omega_{\text{я}} = \lambda_{\text{я1}} + \lambda_{\text{я2}} + \lambda_{\text{я5}} + \lambda_{\text{я7}} = (0,02 + 0,04 + 1,1 + 0,02) \cdot 10^{-6} = 1,18 \cdot 10^{-6}.$$

4. По условию примера размерность исходных данных представлена в расчете на 1 год, следовательно, вычисленные параметры потоков отказов необходимо также привести к 1 году:

$$\omega_{\text{c}} = 3,82 \cdot 10^{-6} \text{ 1 / час} \cdot 8760 \text{ час / год} = 0,0335 \text{ 1 / год};$$

$$\omega_{\text{я}} = 1,18 \cdot 10^{-6} \text{ 1 / час} \cdot 8760 \text{ час / год} = 0,0103 \text{ 1 / год.}$$

5. По формуле (11) вычислим вероятность того, что спасательное устройство за время  $T = 1$  год будет застигнуто пожаром в неработоспособном состоянии и на человека будут воздействовать ОФП (индивидуальный пожарный риск):

$$P_H = 18 \cdot 10^{-6} \cdot 1 (0,0335 \cdot 0,5 / 2 + 0,0103 / 1460 + 0,000913 / 0,5) = 0,1 \cdot 10^{-6}.$$

При данных условиях устройство с большим запасом может обеспечить требуемую Техническим регламентом безопасность людей, т.к.  $P_H$  должно быть  $\leq 10^{-6}$ .

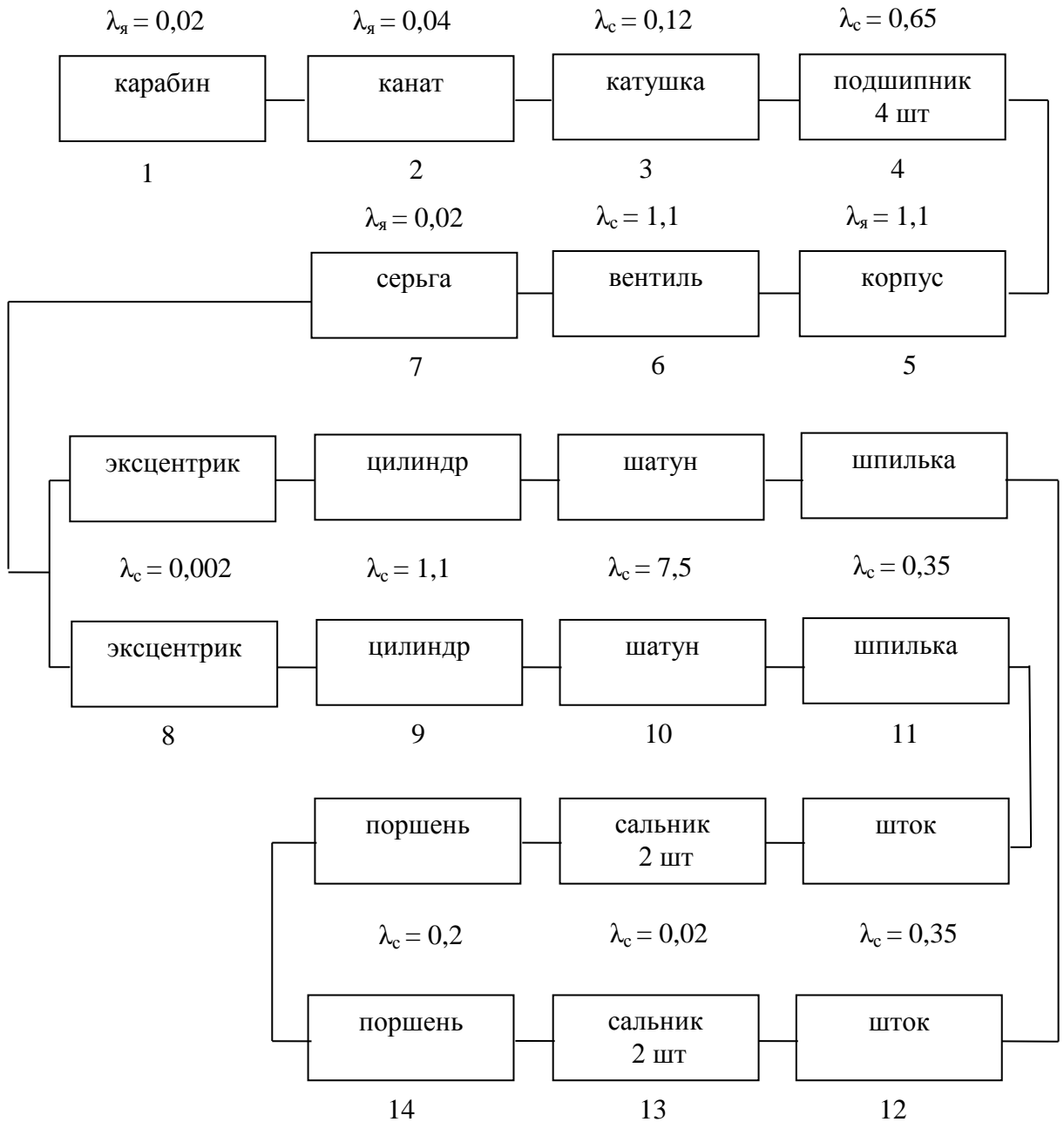


Рис. 1. К задаче 1. Блок-схема безотказности спасательного устройства. Интенсивности отказов взяты из приложения 4, размерность  $10^{-6}$  1/час. Элементы 8-14 дублированы нагруженным резервом

## Контрольная работа №2

Задача 2. Условие задачи аналогично условию задачи 1. Задача решается по вариантам (табл.1). Номер варианта соответствует порядковому номеру, под которым фамилия слушателя зафиксирована в учебном журнале.  $\mu$ ,  $\tau$ ,  $t_{\text{то}}$ ,  $\lambda_{\text{т}}$  остаются без изменений как в задаче 1.

Таблица 1

К задаче 2 – интенсивности отказов элементов ( $10^{-6}$  1/час)

№ варианта	Номер элемента на блок-схеме (рис.1)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,01	0,01	0,01	0,10	0,1	0,1	0,01	0,002	0,1	2,0	0,10	0,10	0,01	0,01
2	0,02	0,02	0,02	0,15	0,2	0,2	0,02	0,003	0,2	2,5	0,15	0,15	0,02	0,02
3	0,03	0,03	0,03	0,20	0,3	0,3	0,03	0,004	0,3	3,0	0,20	0,20	0,03	0,03
4	0,04	0,04	0,04	0,25	0,4	0,4	0,04	0,005	0,4	3,5	0,25	0,25	0,04	0,04
5	0,05	0,05	0,05	0,30	0,5	0,5	0,05	0,006	0,5	4,0	0,30	0,30	0,05	0,05
6	0,06	0,06	0,06	0,35	0,6	0,6	0,06	0,007	0,6	4,5	0,35	0,35	0,06	0,06
7	0,07	0,07	0,07	0,40	0,7	0,7	0,07	0,008	0,7	5,0	0,40	0,40	0,07	0,07
8	0,08	0,08	0,08	0,45	0,8	0,8	0,08	0,009	0,8	5,5	0,45	0,45	0,08	0,08
9	0,09	0,09	0,09	0,50	0,9	0,9	0,09	0,010	0,9	6,0	0,50	0,50	0,09	0,09
10	0,10	0,10	0,10	0,55	1,0	1,0	0,10	0,011	1,0	6,5	0,55	0,55	0,10	0,10
11	0,11	0,11	0,11	0,60	1,1	1,1	0,11	0,012	1,1	7,0	0,60	0,60	0,11	0,11
12	0,12	0,12	0,12	0,65	1,2	1,2	0,12	0,013	1,2	7,5	0,65	0,65	0,12	0,12
13	0,13	0,13	0,13	0,70	1,3	1,3	0,13	0,014	1,3	8,0	0,70	0,70	0,13	0,13
14	0,14	0,14	0,14	0,75	1,4	1,4	0,14	0,015	1,4	8,5	0,75	0,75	0,14	0,14
15	0,15	0,15	0,15	0,80	1,5	1,5	0,15	0,016	1,5	9,0	0,80	0,80	0,15	0,15
16	0,16	0,16	0,16	0,85	1,6	1,6	0,16	0,017	1,6	9,5	0,85	0,85	0,16	0,16
17	0,17	0,17	0,17	0,90	1,7	1,7	0,17	0,018	1,7	10,0	0,90	0,90	0,17	0,17
18	0,18	0,18	0,18	0,95	1,8	1,8	0,18	0,019	1,8	10,5	0,95	0,95	0,18	0,18
19	0,19	0,19	0,19	1,00	1,9	1,9	0,19	0,020	1,9	11,0	1,00	1,00	0,19	0,19
20	0,20	0,20	0,20	1,05	2,0	2,0	0,20	0,021	2,0	11,5	1,05	1,05	0,20	0,20
21	0,21	0,21	0,21	1,10	2,1	2,1	0,21	0,022	2,1	12,0	1,10	1,10	0,21	0,21
22	0,22	0,22	0,22	1,15	2,2	2,2	0,22	0,023	2,2	12,5	1,15	1,15	0,22	0,22
23	0,23	0,23	0,23	1,20	2,3	2,3	0,23	0,024	2,3	13,0	1,20	1,20	0,23	0,23
24	0,24	0,24	0,24	1,25	2,4	2,4	0,24	0,025	2,4	13,5	1,25	1,25	0,24	0,24
25	0,25	0,25	0,25	1,30	2,5	2,5	0,25	0,026	2,5	14,0	1,30	1,30	0,25	0,25
26	0,26	0,26	0,26	1,35	2,6	2,6	0,26	0,027	2,6	14,5	1,35	1,35	0,26	0,26
27	0,27	0,27	0,27	1,40	2,7	2,7	0,27	0,028	2,7	15,0	1,40	1,40	0,27	0,27
28	0,28	0,28	0,28	1,45	2,8	2,8	0,28	0,029	2,8	15,5	1,45	1,45	0,28	0,28
29	0,29	0,29	0,29	1,50	2,9	2,9	0,29	0,030	2,9	16,0	1,50	1,50	0,29	0,29
30	0,30	0,30	0,30	1,55	3,0	3,0	0,30	0,031	3,0	16,5	1,55	1,55	0,30	0,30

## Литература

а) основная:

1. Харисов Г.Х., Сидоренко Г.Г., Мирзаянц А.В., Резниченко С.А. Надежность технических систем и техногенный риск: Учебное пособие. (Для слушателей очной и заочной форм обучения) - М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 290 с.

2. Харисов Г.Х., Сидоренко Г.Г., Мирзаянц А.В., Бирюков Р.Н. Надежность технических систем и техногенный риск: Курс лекций. (Для слушателей очной и заочной форм обучения) – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 230 с.

3. Харисов Г.Х., Сидоренко Г.Г., Мирзаянц А.В., Бирюков Р.Н. Надежность технических систем и техногенный риск: Электронное учебное пособие. (Для слушателей очной и заочной форм обучения) - М.: Академия ГПС МЧС России, 2013.

б) дополнительная:

1. Артамонов В.С. и др. Надежность технических систем и техногенный риск.: учебник / Под общей редакцией В.Н. Ложкина. – СПб. университет ГПС МЧС России, 2007.– 480 с.

2. Акимов В.А. «Надежность технических систем и техногенный риск» М–: ЗАО ФИД «Деловой экспресс» 2002.–368 с.