

(8182) 22-30-54, 23-14-47

ГРУППА КОМПАНИЙ

П  **ЖАВТОМАТИКА**

СОГЛАСОВАНО

“ ” _____ 2020 г

УТВЕРЖДАЮ

Директор

ООО «Архангельское ППА»

М.А.Комаров

_____ 2020 г



МЕТОДИКА

оценки показателей надежности
пожарной автоматики.

г. Архангельск
2020 г.

УДК 614.842.4, 614.844, 654.9

ОКПД2 26.30.5, 26.30.6, 43.21.10.140, 71.12.13, 80.20.10

Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики.

ООО «Архангельское ППА», г.Архангельск, Россия (163013, г. Архангельск, ул. Полярная, д. 6), тлф.:88182223054, email: mail@pa29.ru

Рассмотрены вопросы оценки надежности систем пожарной автоматики. Совместно с разработанным свободно распространяемым программным обеспечением предоставляется инструментарий контроля и расчета показателей надежности систем пожарной безопасности объектов защиты.

Ключевые слова: надежность, методика оценки, пожарная безопасность, пожарная автоматика, система технического обслуживания, эксплуатация систем пожарной безопасности.

Methodology for assessing the reliability indicators of fire automatics.

LLC Arkhangelsk PPA, Arkhangelsk, Russia (163013, Arkhangelsk, Polyarnaya St., 6), phone: 88182223054, email: mail@pa29.ru

The issues of assessing the reliability of fire automatics systems are considered. Together with the developed freely distributed software, a toolkit for monitoring and calculating the reliability indicators of fire safety systems of protection objects is provided.

Keywords: reliability, assessment technique, fire safety, fire automatics, maintenance system, operation of fire safety systems.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

Введение

Базовые понятия

 Невосстанавливаемые элементы

 Восстанавливаемые элементы

 Система из независимых элементов

 Последовательное подключение

 Нагруженное резервирование

 Ненагруженное скользящее резервирование

 Показатели достаточности одиночного комплекта ЗИП

 Контроль показателей надежности

 Последовательный контроль показателей наработки при экспоненциальном распределении

Расчет параметров надежности проектируемой и эксплуатируемой пожарной автоматики

Расчет системы технического обслуживания и мониторинга

Предельное состояние

Расчет системы ЗИП

Контроль надежности

Рекомендации по разработке технического задания

Рекомендации по разработке проектной документации

Сравнительный анализ оборудования и условий эксплуатации

Литература

Справочное. Выдержки из проекта АУПС

 Техническое задание

 Проект. Требования надежности

 Проект. Программа испытаний

Справочное. Выдержки из проекта АУПТ

 Техническое задание

 Проект. Требования надежности

 Проект. Программа испытаний

Справочное. Акт испытаний

Справочное. Нарботка до отказа некоторых элементов

Приложение. Reliab консольное приложение расчета показателей надежности пожарной автоматики.

Приложение. Reliabgui графическое приложение построения и расчета модели надежности пожарной автоматики.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В общей практике обеспечения пожарной безопасности объектов защиты вопросы надежности исключены из круга решения инженерных задач. Номинальное нормирование в этой области привело к игнорированию задач надежности не только руководителями объектов и специализированными организациями, но и производителями оборудования. Проявлением плачевного состояния является исполнение №44-ФЗ и №223-ФЗ, критерии которого подразумевают закупку оборудования и предоставления услуг не лучшего качества. В результате отечественный рынок не имеет стимулов предлагать оборудование пожарной автоматики с надежностью выше нормативного. В оценке надежности с минимальным набором базового оборудования с нормативными показателями надежности, при условии вероятности безотказной работы не ниже 0,8, напряженность возникает уже при общем количестве извещателей и оповещателей более 100 единиц. Удручающее положение подтвердила статистика дублирования сигналов о пожаре в подразделения пожарной охраны, вероятность ложного извещения которого составляет 0,999. Причиной является не плохая работа систем передачи извещений, а ненадежная пожарной автоматики объектов защиты, которая и дискредитировала автоматическое дублирование сигналов о пожаре. В этой же плоскости лежит неясность подхода в разработке систем технического обслуживания и условий эксплуатации пожарной автоматики. В практике бесосновательно устанавливается период выполнения работ технического обслуживания раз в месяц, или раз в квартал, и состав ЗИП определяется на уровне 10% от общего количества извещателей и оповещателей. Факт наличия системы технического обслуживания на объекте защиты и ЗИП, построение которых не подтверждено соответствующими расчетами, не может являться достаточным условием, так как организация и состав системы технического обслуживания (и условий эксплуатации) является результатом решения задач достижения необходимого уровня надежности, а не наоборот. Владея простым механизмом оценки и контроля показателей надежности заказчики и специализированные организации возможно не допустили бы существующей ситуации, и это же стимулировало бы производителей и поставщиков услуг пересмотреть свое отношение к качеству.

В настоящее время при проектировании и эксплуатации автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации, систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в зданиях и сооружениях (далее — пожарная автоматика) требование необходимого уровня надежности в Техническом регламенте [1] отсутствует. Техническим регламентом определены показатели надежности единичных технических средств [2]. Ранее [3] были косвенно определены минимальные значения надежности: АУПТ - 0,9; АУПС - 0,8; СОУЭ — 0,8., в последствии [4] они заменены на коэффициенты соответствия требованиям нормативных положений.

Методикой задета лишь очень узкая часть квалиметрии (раздела квалитологии), позволяющая выполнить переход от количественных шкал измерения к качественным, которые безусловно должны регулироваться и быть понятны на местах должностным лицам, руководителям объектов защиты, проектным и обслуживающим организациям.

ВВЕДЕНИЕ

Данная методика разработана с целью:

- определения и подтверждения показателей надежности эксплуатируемых и вновь разрабатываемых систем пожарной автоматики;
- обоснования выбора параметров систем технического обслуживания;
- обоснования выбора технических средств по показателям надежности;
- обоснования систем контроля пожарной автоматики;
- обоснования систем одиночных комплектов запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП);
- внедрения в круг решаемых задач вопросов надежности при разработке технических условий, проектной документации, контроля и эксплуатации пожарной автоматики наряду с разработанным в помощь свободно распространяемым программным обеспечением на ресурсе <http://pa29.ru> в разделе загрузки.

В сложившейся ситуации в области нормирования пожарной безопасности РФ, с учетом значимости надежности функционирования пожарной автоматики в уровне пожарного риска, с учетом неактуальных положений: Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности 2009 [3]; МДС 21-1.98 [5]; МДС 21.3-2001 [6] приняты следующие минимально допустимые значения вероятности безотказной работы:

- АУПТ — 0.9;
- АУПС — 0.8;
- СОУЭ — 0.8.

Для планирования испытаний последовательным методом контроля принимаются рекомендованные в нормативной литературе [7] следующие показатели:

- значение приемочного уровня R_α приравнивается к средней наработке до отказа из технических условий или проектного решения;
- отношение R_α/R_β - 1.5;
- риск поставщика α — 0.2;
- риск заказчика β - 0.2.

При расчете надежности следует использовать подход «наихудшего случая». Например в выборе времени запуска пожаротушения (в интервале периода технического обслуживания) следует использовать время, когда вероятность

отказа будет наибольшей, т.е. в конце периода технического обслуживания.

В контексте рассматриваемой задачи следует разделить надежность на функциональную и техническую (аппаратную). Функциональная надежность отражает способность пожарной автоматики в обнаружении и тушении пожара, в создании звукового сигнала с необходимым звуковым давлением, в создании избыточного давления воздуха на путях эвакуации и удаление газообразных продуктов горения, и т.д. Техническая надежность оценивает способность работы аппаратной составляющей пожарной автоматики — технических средств, кабельных линий, источников питания, каналов связи, и т.п.

Применяемая терминология является общепринятой как в области обеспечения надежности [8,9,10], так и в области пожарной безопасности [1,2], в противном случае будет оговариваться.

БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ

Бесперебойную работу пожарной автоматики отрицательно нивелируют возникающие в ней, как случайные события, отказы. Показатели надежности могут определяться аналитическим путем на основе математической модели – математического определения надежности, и могут определяться в результате обработки опытных данных – это статистическое определение показателя надежности. Результатом решения задач надежности является параметр, отражающий вероятность работы (отказа) пожарной автоматики при заданной наработке, режиме работы.

Объектом в теории надежности называется элемент требующий оценки. Объекты могут содержать в себе иные объекты, и наоборот, сам объект может являться частью другого объекта. Для приближения терминологии к области пожарной безопасности общепринятое в теории надежности понятие объект в методике заменяется на элемент, который является первоначальным источником потока отказов. В конечном итоге надежность системы является результатом совокупности свойств надежности всех её элементов.

Базовым понятием в теории надежности является наработка - время работы элемента, объема работы, прохождения пути и т.п, в данной методике будет подразумеваться время работы пожарной автоматики измеряемое в часах, и отказ — случайное событие переводящее элемент автоматики в состояние невыполнения им своих функций. В техническом задании, проектной документации следует дать однозначное понимание событию отказ.

Элементы делятся на две группы - восстанавливаемые и невосстанавливаемые. Элементы первой группы, после отказа, восстанавливаются ремонтом или заменой в рамках технического обслуживания. Восстановление элементов второй группы производится вне рамок технического обслуживания - при капитальном ремонте, модернизации и т.п. Ремонт (в классическом понимании) оборудования пожарной автоматики обслуживающими организациями в настоящее время не осуществляется в виду сложности оборудования, присутствия проприетарного программного обеспечения, необходимости применения дорогостоящего специализированного оборудования для замены компонентов и программирования, нерентабельности. Практически все электронные и электрические элементы пожарной автоматики восстанавливаются заменой, или ремонтом у производителя.

Для соблюдения требований надежности (времени восстановления) единственным приемлемым методом ремонта является замена отказавших элементов из состава ЗИП. Следовательно все восстанавливаемые элементы пожарной автоматики с нерентабельным, или сложным ремонтом должны присутствовать в ЗИП.

Более детальное описание вопросов обеспечения надежности представлено в справочнике [14].

НЕВОССТАНАВЛИВАЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

1. Вероятность безотказной работы (ВБР) элемента в интервале времени от 0 до t_0 .

а. Вероятностное определение

$$P(t_0) = P(0; t_0) = P\{\xi_1 \geq t_0\} = 1 - F_1(t_0),$$

т. е. $P(t_0)$ -вероятность того, что элемент проработает безотказно в течение заданного времени работы t_0 , начав работать в момент времени $t=0$, или вероятность того, что наработка до отказа окажется больше заданного времени работы t_0 .

б. Статистическое определение

$$\widehat{P}(t_0) = N(t_0)/N(0) = 1 - n(t_0)/N(0),$$

т. е. $\widehat{P}(t_0)$ — отношение числа элементов, безотказно проработавших до момента времени t_0 , к числу элементов, исправных в начальный момент времени $t = 0$, или частота события, состоящего в том, что реализация времени работы элемента до отказа окажется больше заданного времени работы t_0 .

Иногда сама выполняемая элементом задача имеет случайную длительность ζ , характеризующуюся своей функцией распределения $W(t) = P\{\zeta \leq t\}$. В этом случае полная вероятность безотказной работы элемента за время выполнения задачи запишется как

$$P_0 = \int_0^{\infty} P(t) dW(t).$$

2. Вероятность отказа элемента в интервале времени от 0 до t_0 определяется как дополнительная к вероятности безотказной работы, т. е.

$$Q(t_0) = 1 - P(t_0) \text{ и } \widehat{Q}(t_0) = 1 - \widehat{P}(t_0).$$

3. Плотность распределения отказов.

а. Вероятностное определение

$$f(t) = \frac{d}{dt} F(t) = \frac{d}{dt} Q(t) = -\frac{d}{dt} P(t),$$

т. е. $f(t)$ — плотность вероятности того, что время работы элемента до отказа окажется меньше t , или плотность вероятности отказа к моменту времени t .

б. Статистическое определение

$$\widehat{f}(t) = \frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{N(0) \Delta t} = \frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{N(0) \Delta t} = \frac{\Delta n(t, t + \Delta t)}{N(0) \Delta t},$$

т. е. $\widehat{f}(t)$ — отношение числа отказов в интервале времени $[t, t + \Delta t]$ к произведению числа исправных элементов в начальный момент времени $t = 0$ на длительность интервала времени Δt .

4. Интенсивность отказов элемента в момент времени t .

а. Вероятностное определение

$$\lambda(t) = \frac{1}{1-F(t)} \frac{d}{dt} F(t) = \frac{f(t)}{P(t)},$$

т. е. $\lambda(t)$ — условная плотность вероятности отказа элементов к моменту времени t при условии, что до этого момента отказ не произошел.

б. Статистическое определение

$$\widehat{\lambda}(t) = \frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{N(t) \Delta t} = \frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{N(t) \Delta t} = \frac{\Delta n(t, t + \Delta t)}{N(t) \Delta t},$$

т. е. $\widehat{\lambda}(t)$ — отношение числа отказов в интервале времени $[t, t + \Delta t]$ к произведению числа исправных элементов в момент времени t на длительность интервала времени Δt .

5. Средняя наработка элемента до отказа.

а. Вероятностное определение

$$T_1 = M\{\xi_1\} = \int_0^{\infty} x f(x) dx = \int_0^{\infty} x dQ(x) = \int_0^{\infty} P(x) dx,$$

т. е. T_1 — математическое ожидание (среднее значение) наработки до отказа.

б. Статистическое определение

$$\widehat{T}_1 = \frac{1}{N(0)} (\xi_1^{(1)} + \xi_1^{(2)} + \dots + \xi_1^{[N(0)]}) = \frac{1}{N(0)} \sum_{i=1}^{N(0)} \xi_1^{(i)},$$

или

$$\widehat{T}_1 = \xi_1^{(1)} + \frac{N(0) - 1}{N(0)} [\xi_1^{(2)} - \xi_1^{(1)}] + \dots + \frac{1}{N(0)} [\xi_1^{[N(0)]} - \xi_1^{[N(0) - 1]}].$$

Функциональная связь между показателями надежности:

Известный показатель	Формулы для определения остальных показателей			
	$P(t)$	$Q(t)$	$f(t)$	$\lambda(t)$
$P(t)$	—	$1 - P(t)$	$\frac{dP(t)}{dt}$	$-\frac{1}{P(t)} \frac{dP(t)}{dt}$
$Q(t)$	$1 - Q(t)$	—	$\frac{dQ}{dt}$	$\frac{1}{1 - Q(t)} \frac{dQ(t)}{dt}$
$f(t)$	$\int_t^{\infty} f(x) dx$	$\int_0^t f(x) dx$	—	$\frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(x) dx}$
$\lambda(t)$	$\exp(-\int_0^t \lambda(x) dx)$	$1 - \exp(-\int_0^t \lambda(x) dx)$	$\lambda(t) \exp(-\int_0^t \lambda(x) dx)$	

Некоторые вероятностные распределения используемые в расчете надежности:

Распределение	$f(t)$	$P(t)$
Экспоненциальное $\text{Exp}(\lambda)$	$\lambda e^{-\lambda t}$	$e^{-\lambda t}$
Равномерное $U(a,b), a \geq 0$	$\begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a \leq t \leq b; \\ 0, & t < a, t > b \end{cases}$	$\begin{cases} 1, & t < a; \\ \frac{b-t}{b-a}, & a \leq t \leq b; \\ 0, & t > b \end{cases}$
Гамма $\Gamma(\alpha, \beta)$	$\frac{t^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-\frac{t}{\beta}}$	$1 - I\left(\alpha, \frac{t}{\beta}\right)$
Усеченное нормальное $TN(m_0, \sigma_0)$ $m \geq 1,33\sigma$	$\frac{C}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m_0)^2}{2\sigma_0^2}},$ $C = \frac{1}{0,5 + \Phi_0\left(\frac{m_0}{\sigma_0}\right)}$	$C \left(0,5 - \Phi_0\left(\frac{t-m_0}{\sigma_0}\right) \right)$
Рэлея $R(\lambda)$	$2\lambda t e^{-\lambda t^2}$	$e^{-\lambda t^2}$
Вейбулла $W(\alpha, \beta)$	$\frac{\alpha t^{\alpha-1}}{\beta^\alpha} e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha}$	$e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha}$
Нормальное $N(m, \sigma), m > 3\sigma$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}$	$0,5 - \Phi_0\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)$

Для определения правильности выбора закона распределения случайной величины применяются критерии согласия. Обычно в практике используются критерии согласия Колмогорова или Пирсона.

Нормальное распределение случайной величины является следствием воздействия большого числа равнозначных факторов. В теории надежности оно используется для расчета показателей надежности элементов в период постепенных отказов из-за износа и старения.

Экспоненциальный закон распределения используется для описания надежности элементов в период его нормальной эксплуатации, когда постепенные отказы еще не проявились и возникают только внезапные отказы с постоянной интенсивностью.

Распределение Вейбулла удовлетворительно описывает распределение наработки до отказа подшипников, элементов радиоэлектронной аппаратуры, его используют для оценки надежности деталей и узлов устройств, а также для оценки их надежности в процессе приработки. Широкое применение закона Вейбулла объясняется тем, что этот закон является универсальным, т.к. он может описывать процессы с распределениями: нормальным, логарифмически нормальным, экспоненциальным и др., при исследовании характеристик надежности полупроводниковых приборов ($\beta \leq 1$), ускоренных испытаниях компонентов в форсированных режимах и исследовании их надежности в период приработки ($\beta < 1$), а также при описании работоспособности изделий в процессе износа и старения ($\beta > 1$).

Закон Рэлея используется для описания характеристик надежности элементов с явно выраженным эффектом старения.

Гамма-распределение используется в теории надежности при оценке характеристик надежности элементов в начальный период эксплуатации ($\sigma > 1$), а также при исследовании электромеханических, механических устройств и элементов высоконадежных систем с интенсивностью отказов, уменьшающейся во времени ($\sigma < 1$).

ВОССТАНАВЛИВАЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

1. Средняя наработка между отказами.

а. Вероятностное определение

$$T = T_{\infty} = \lim_{k \rightarrow \infty} M\{T_k\} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k T_j,$$

т. е. T — математическое ожидание предельного значения наработки между отказами для стационарного процесса.

Здесь T_k — средняя наработка элемента от момента окончания $(k-1)$ -го восстановления до k -го отказа, определяемая как

$$T_k = M\{\xi_k\} = \int_0^{\infty} t f_k(t) dt = \int_0^{\infty} t dQ_k(t) = \int_0^{\infty} P_k(t) dt,$$

т. е. T_k — математическое ожидание (среднее значение) наработки элемента от момента окончания $(k-1)$ -го отказа.

б. Статистическое определение

$$\widehat{T}_k = \frac{1}{N^{(0)}} \sum_{i=1}^{N^{(0)}} \{0_k^{(i)} | k \gg 1\},$$

т. е. \widehat{T}_k — среднее арифметическое реализаций времени работы до k -го отказа при «достаточно большом» k .

Для \widehat{T}_k при произвольном фиксированном k справедливо следующее статистическое определение:

$$\widehat{T}_k = \frac{1}{N^{(0)}} (\xi_k^{(1)} + \xi_k^{(2)} + \dots + \xi_k^{(N^{(0)})}) = \frac{1}{N^{(0)}} \sum_{i=1}^{N^{(0)}} \xi_k^{(i)},$$

или

$$\begin{aligned} \widehat{T}_k &= \xi_k^{(1)} + \frac{N^{(0)}-1}{N^{(0)}} [\xi_k^{(2)} - \xi_k^{(1)}] + \dots + \frac{1}{N^{(0)}} [\xi_k^{(N^{(0)})} - \xi_k^{(N^{(0)}-1)}] = \\ &= \sum_{i=1}^{N^{(0)}} \frac{N^{(0)}-i+1}{N^{(0)}} [\xi_k^{(i)} - \xi_k^{(i-1)}], \end{aligned}$$

где принято, что $\xi_k^{(1)} \leq \xi_k^{(2)} \leq \dots \leq \xi_k^{(N^{(0)})}$, , причем $\xi_k^{(0)} = 0$. Здесь $N^{(0)}$ — общее число элементов, начавших работать после $(k-1)$ -го восстановления; $\xi_k^{(i)}$ — реализация времени T_k работы после $(k-1)$ -го восстановления до k -го отказа для i -го изделия (в порядке поступления отказов); T_k — среднее арифметическое реализаций наработки элемента от момента окончания $(k-1)$ -го восстановления до k -го отказа.

2. Параметр потока отказов.

а. Вероятностное определение (для стационарного ординарного потока отказов)

$$\lambda = 1/T,$$

т. е. λ — математическое ожидание числа отказов элемента с восстановлением в единицу времени для установившегося

процесса эксплуатации.

б. Статистическое определение

$$\hat{\lambda} = 1/\hat{T},$$

т. е. $\hat{\lambda}$ — среднее число отказов элемента с восстановлением в единицу времени. (В теории надежности в отличие от теории массового обслуживания, как правило, не приходится различать интенсивность и параметр потока событий (отказов), так как поток отказов физически является всегда ординарным.)

3. Средняя наработка на отказ.

а. Вероятностное определение

$$T(t_0) = \frac{t_0}{M\{n(t_0)\}},$$

т. е. $T(t_0)$ — отношение суммарной наработки t_0 за заданный период времени к математическому ожиданию числа отказов за это же время.

б. Статистическое определение

$$\hat{T}(t_0) = \frac{t_0}{n(t_0)} = \frac{1}{n(t_0)} \left[\sum_{k=1}^{n(t_0)} \hat{T}_k + \zeta \right],$$

т. е. $\hat{T}(t_0)$ — отношение суммарной наработки t_0 за время наблюдения за элементом к наблюдаемому числу отказов за это же время, где, ζ — наработка объекта от момента устранения последнего отказа до окончания наблюдения за элементом.

4. Среднее время восстановления элемента.

а. Вероятностное определение

$$\tau = M\{\eta\} = \int_0^{\infty} t g(t) dt = \int_0^{\infty} t dG(t) = \int_0^{\infty} [1 - G(t)] dt,$$

т. е. τ — математическое ожидание (среднее значение) времени восстановления элемента.

б. Статистическое определение

$$\hat{\tau} = \frac{1}{N(0)} (\eta^{(1)} + \eta^{(2)} + \dots + \eta^{[N(0)]}) = \frac{1}{N(0)} \sum_{i=1}^{N(0)} \eta^{(i)}$$

или

$$\begin{aligned} \hat{\tau} &= \eta^{(1)} + \frac{N(0)-1}{N(0)} [\eta^{(2)} - \eta^{(1)}] + \dots + \frac{1}{N(0)} [\eta^{[N(0)]} - \eta^{[N(0)-1]}] = \\ &= \sum_{i=1}^{N(0)} \frac{N(0)-i+1}{N(0)} [\eta^{(i)} - \eta^{(i-1)}], \end{aligned}$$

где принято, $\eta^{(1)} \leq \eta^{(2)} \leq \dots \leq \eta^{[N(0)]}$, причем $\eta^{(0)} = 0$; $\hat{\tau}$ — среднее арифметическое реализаций времени восстановления.

5. Интенсивность восстановления элемента в момент времени

t , отсчитываемый от момента начала восстановления.

а. Вероятностное определение

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1-G(t)},$$

т.е. $\mu(t)$ - условная плотность вероятности восстановления элемента в момент времени t , отсчитываемого от момента начала восстановления, при условии, что до момента времени t восстановления элемента не произошло,

б. Статистическое определение

$$\widehat{\mu}(t) = \frac{n_B(t+\Delta t) - n_B(t)}{N_B(t) \Delta t} = \frac{N_B(t+\Delta t) - N_B(t)}{N_B(t) \Delta t} = \frac{\Delta n_B(t, t+\Delta t)}{N_B(t) \Delta t},$$

т. е. $\widehat{\mu}(t)$ - отношение числа восстановлений в интервале $[t, t + \Delta t]$ времени к произведению числа объектов, еще не восстановленных к моменту t , на длительность интервала времени Δt .

б. Стационарный коэффициент оперативной готовности, или стационарная вероятность безотказной работы элемента в течение заданного времени работы t_0 . (Для краткости обычно называется просто коэффициентом оперативной готовности.)

а. Вероятностное определение

$$R(t_0) = \lim_{t \rightarrow \infty} R(t, t+t_0),$$

т. е. $R(t_0)$ — вероятность того, что элемент проработает безотказно в течение заданного времени t_0 , начиная с произвольного «достаточно удаленного» момента времени t . Для любых распределений наработки между отказами и времени восстановления, имеющих конечные средние значения T и τ соответственно, всегда можно записать

$$R(t_0) = \frac{1}{T+\tau} \int_{t_0}^{\infty} P_{\infty}(t) dt,$$

где $P_{\infty}(t) = 1 - F_{\infty}(t)$ ($F_{\infty}(t)$ — функция распределения наработки между отказами).

б. Статистическое определение

$$\widehat{R}(t_0) = \frac{N(t_{\infty}, t_{\infty}+t_0)}{N(0)},$$

т. е. $\widehat{R}(t_0)$ — отношение числа элементов, исправных в произвольный «достаточно удаленный» момент времени и проработавших затем безотказно в течение заданного времени t_0 , к общему числу элементов.

7. Стационарный коэффициент готовности элемента. (Для краткости обычно называется просто коэффициентом готовности.)

а. Вероятностное определение

$$K = \lim_{t \rightarrow \infty} K(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} K^*(t), \text{ или } K = R(t_0 = 0),$$

т. е. K —вероятность нахождения элемента в состоянии работоспособности для стационарного случайного процесса (т.е. в произвольный «достаточно удаленный» момент времени), или математическое ожидание отношения времени (для стационарного случайного процесса), в течение которого элемент находится в состоянии работоспособности в некотором интервале, ко всей длительности этого интервала. Для любых распределений наработки между отказами и времени восстановления, имеющих конечные средние значения T_∞ и τ соответственно, всегда можно записать

$$K = T_\infty / (T_\infty + \tau).$$

б. Статистическое определение

$$\widehat{K} = N(t_\infty) / N(0) = 1 - n(t_\infty) / N(0),$$

т. е. \widehat{K} — отношение числа элементов, находящихся в состоянии работоспособности в произвольный «достаточно удаленный» момент времени, к общему числу объектов.

8. Коэффициент простоя элемента k является дополнительным для коэффициента готовности, т. е.

$$k = 1 - K \text{ и } \widehat{k} = n(t_\infty) / N(0).$$

СИСТЕМА ИЗ НЕЗАВИСИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

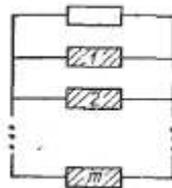
Последовательное подключение



Если известны распределения наработок до отказа отдельных элементов $P_i(t)$, то тогда для независимых элементов

$$P(t_0) = \prod_{i=1}^m P_i(t_0).$$

Нагруженное резервирование

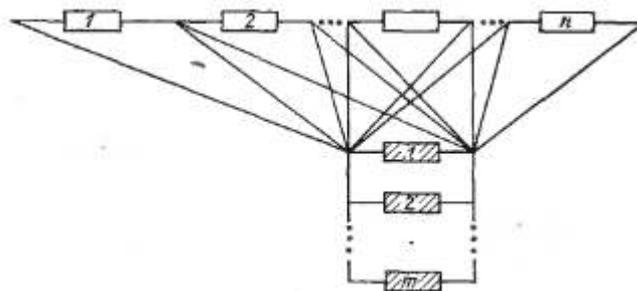


Вероятность безотказной работы определяется по формуле

$$P(t_0) = 1 - \prod_{1 \leq i \leq m+1} q_i(t_0),$$

где $q_i(t_0)$ — вероятность отказа i -го элемента за время t_0 .

Ненагруженное скользящее резервирование



В случае экспоненциального распределения:

$$P(t_0) = e^{-n\lambda t_0} \sum_{0 \leq k \leq m+1} \frac{(n\lambda t_0)^k}{k!}$$

ПОКАЗАТЕЛИ ДОСТАТОЧНОСТИ ОДИНОЧНОГО КОМПЛЕКТА ЗИП

Любой комплект ЗИП состоит из запасов элементов различных типов. Эти запасы в зависимости от типа элементов и структуры системы ЗИП изменяются по разному: различны как потоки заявок, поступающих в комплект ЗИП на элементы различных типов, так и стратегии пополнения запасов, т. е. правила восстановления запасов по мере их расходования. В нашем случае применяется непрерывное пополнение (пополнение по уровню запаса). При использовании этой стратегии для запаса элементов одного типа фиксируется целое число k ($0 < k < n/2 - 1$, где n — начальный уровень запаса), и когда запас исчерпывается до уровня k , посылается заявка на поставку $n - k$ элементов. Заявка удовлетворяется через случайное время t_n . При непрерывном пополнении очередная заявка может быть послана только после выполнения предыдущей, независимо от того, отказывали ли элементы в процессе удовлетворения заявки или нет. Показатели достаточности запасов элементов сильно зависят от гипотезы о распределении времени исполнения заявки на пополнение (t_n), t_n — в нашем случае распределено по экспоненциальному закону. Стратегия непрерывного пополнения применяется для восстановления запасов только в одиночных комплектах ЗИП и характеризуется двумя числовыми параметрами: T_d и k , где T_d — время доставки, k — минимальный запас.

Показатель достаточности комплекта ЗИП:

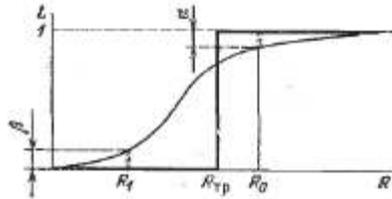
$$K^* = \prod_{i=1}^N (1 - P_{ii});$$

где:

$$P_i = \frac{a^{k+2}}{[a^{k+2} + (n-k)(1+a)^{k+1}]}$$
$$a = m\lambda T_d; \quad 0 < k < \frac{n}{2} - 1$$

КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Если в технической документации указано требуемое значение показателя $R_{тр}$, то при разработке контрольной процедуры стремятся обеспечить приемку изделий с уровнем надежности $R \geq R_{тр}$ и браковку изделий с уровнем надежности $R < R_{тр}$.



На рис. показана зависимость вероятности приемки изделия L от его надежности R , называемая оперативной характеристикой плана контроля. Идеальная оперативная характеристика показана на рис. жирной линией.

Однако практически она недостижима, так как требует бесконечного объема наблюдений (времени наблюдений, числа образцов, опытов и т. п.). Реальная оперативная характеристика представлена на рис. тонкой линией.

Вводят два уровня контролируемого показателя надежности: приемочный R_0 и браковочный R_1 — и оговаривают значения $L(R)$ в этих точках. При этом считается, что изделия с уровнем надежности $R > R_0$, безусловно, приемлемы для потребителя и должны приниматься с достаточно высокой вероятностью не ниже $L(R_0)$, а изделия с уровнем $R \leq R_1$ неприемлемы и должны с высокой вероятностью (не ниже $1 - L(R_1)$) браковаться.

Вероятностями противоположных событий $\alpha = 1 - L(R_0)$ и $\beta = L(R_1)$, т. е. вероятностями ошибочных выводов, принято характеризовать степень уверенности контролеров в правильности принимаемых решений. Вероятности α и β называются рисками поставщика и потребителя соответственно.

Таким образом, проверка гипотезы $R \geq R_{тр}$ против гипотезы $R < R_{тр}$ заменена проверкой гипотезы $R \geq R_0$ против гипотезы $R \leq R_1$.

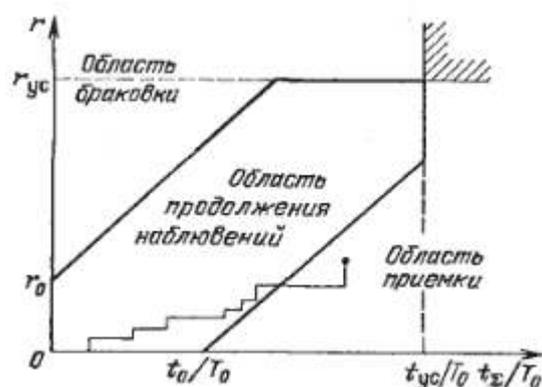
Как видно из рис., величины α и β характеризуют максимально возможные вероятности ошибок в областях $R > R_0$ и $R \leq R_1$, соответственно. Это позволяет проверку сложных гипотез $R \geq R_0$ и $R \leq R_1$ заменить проверкой простых гипотез $R = R_0$ и $R = R_1$.

Контроль, обеспечивающий заданные риски в этих точках, обеспечит такие же и меньшие риски в областях $R \geq R_0$ и $R \leq R_1$. Четыре числа R_0 , R_1 , α и β определяют две точки оперативной характеристики, что при выбранной процедуре контроля (одноступенчатая, последовательная), в свою очередь,

определяет план контроля, включая объем наблюдений V . Объем V является единственным ограничением, не позволяющим произвольно уменьшать риски и сближать приемочный и браковочный уровни. Поэтому при планировании контроля следует выбирать R_0, \hat{R}_1, α и β таким образом, чтобы использовать имеющиеся возможности, не выходя за пределы последних. На различных этапах разработки, производства и эксплуатации изделий эти возможности различны, поэтому указанные параметры целесообразно выбирать на стадии разработки программы и методики контроля надежности для соответствующего этапа. Размещение интервала $[R_1, R_0]$ относительно заданного значения $R_{тр}$ при $\alpha = \beta$ должно выбираться с учетом ущерба, наносимого потребителю приемкой плохих изделий и поставщику браковкой хороших. Если ущерб потребителя сопоставим с ущербом поставщика, интервал $[R_1, R_0]$ размещается симметрично около $R_{тр}$ так, чтобы $L(R_{тр}) \simeq 0,5$. Если ущерб потребителя невелик по сравнению с ущербом поставщика, интервал $[R_1, R_0]$ смещается влево вплоть до крайнего положения, когда $R_0 = R_{тр}$. При обратном соотношении (ущерб поставщика невелик по сравнению с ущербом потребителя) интервал смещается вправо (крайнее положение $R_1 = R_{тр}$). Вообще говоря, точки с координатами $R_1, \beta, \hat{R}_0, \alpha$ должны выбираться как точки равного ущерба (для поставщика и потребителя). Рассматривается только случай, когда контролируемый показатель надежности является одномерной величиной типа наработки или вероятности.

Последовательный контроль показателей наработки при экспоненциальном распределении

Последовательный контроль не предусматривает предварительного определения объема испытаний. Информация о надежности накапливается при последовательно возрастающем объеме испытаний, в связи с чем данный метод наиболее приемлем для контроля пожарной автоматики в виду уникальности каждой установки и её большой наработки до отказа.



В процессе контроля фиксируются суммарная наработка t_{Σ} по всем наблюдаемым образцам и суммарное число отказов. Приемка и браковка производятся на основании числа отказов. Изделия могут восстанавливаться (заменяться) или не восстанавливаться. Планирование (рис.) состоит в построении двух границ областей приемки и браковки в системе координат, «наработка t_{Σ}/T_0 — число отказов r ».

Положение этих границ в указанных координатах не зависит от абсолютных значений T_0 и T_1 , а полностью определяется их отношением. В ходе контроля на рис. с заранее заготовленными границами строится ступенчатый график числа отказов как функции суммарной наработки. В момент каждого очередного отказа принимается одно из трех решений:

приемка, если функция $r(t_{\Sigma})$ находится в области приемки;
 браковка, если функция $r(t_{\Sigma})$ находится в области браковки;
 продолжение наблюдений, если функция $r(t_{\Sigma})$ находится в промежуточной области — области продолжения наблюдений. Границы областей приемки и браковки представляют собой две бесконечные параллельные прямые линии. Для усечения контроля ограничивают число отказов и суммарную наработку значениями r_{yc} и t_{yc} , причем по достижении t_{yc} при $t_{\Sigma} < t_{yc}$ изделие бракуется, а по достижении t_{yc} при $r < r_{yc}$ — изделие принимается. Таким образом, результирующие (с учетом усечения) границы областей приемки и браковки представляют собой ломаные линии, состоящие каждая из двух отрезков (см. рис.).

Уравнения наклонных прямых: $r = at/T_0 + r_0$ — граница области браковки; $r = a(t/T_0 - t_0/T_0)$ — граница области приемки, где r_0 и t_0/T_0 — точки пересечения прямых с осями координат.

Численные значения констант a , r_0 и t_0/T_0 определяются как функции заданных значений α , β и отношения T_0/T_1 .

Константы вычисляются по формулам:

$$a = \frac{T_0/T_1 - 1}{\ln(T_0/T_1)}; \quad r_0 = \frac{\ln[(1-\beta)/\alpha]}{\ln(T_0/T_1)};$$

$$\frac{t_0}{T_0} = -\frac{\ln[\beta/(1-\alpha)]}{T_0/T_1 - 1}.$$

Нижняя оценка средней продолжительности контроля \bar{t}/T_0 для восстанавливаемого образца изделия при $T = T_0$ вычисляется по формуле

$$\frac{\bar{t}}{T_0} = \frac{(1-\alpha) \ln[(1-\alpha)/\beta] - \alpha \ln[(1-\beta)/\alpha]}{T_0/T_1 - 1 - \ln(T_0/T_1)}$$

Число образцов изделия определяется так, чтобы обеспечивалось усечение методом одноступенчатого контроля.

Отметим, что требуемое для данного метода условие — принятие решения только в момент очередного отказа — не позволяет сразу принять изделие при пересечении границы зоны приемки, а требует продолжения наблюдений по крайней мере до очередного отказа. В момент отказа ломаная $r(t_{\Sigma})$ может вернуться в зону продолжения контроля, и в дальнейшем процесс может пойти как угодно.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ И ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ

Исходными данными для расчета служат параметры надежности элементов, их количество и схема их включения. В случае отсутствия данных о надежности элементов принимаются минимально допустимые значения определенные в нормативных документах [2,15,16], или справочниках [17].

Имеется несколько уровней надежности, а именно:

- надежности всей системы, в нашем случае вся пожарная автоматика объекта защиты: АУПС, АУПТ, СОУЭ, дымоудаление и т.п;

- надежность подсистем пожарной автоматики: АУПС, АУПТ и т.д.;

- надежность составных элементов подсистем, т.е. устройств, элементов, технических средств, кабельных линий, каналов связи, совокупность которых и образует систему, подсистему. Данное деление условно в виду дальнейшей возможности дробления или укрупнения указанных выше уровней. Понятия «система» и «элемент» относительны, при решении одних задач элемент может рассматриваться как система, а при решении других задач система может рассматриваться как элемент. Все системы, подсистемы, элементы можно рассматривать с различной степенью детализации, например:

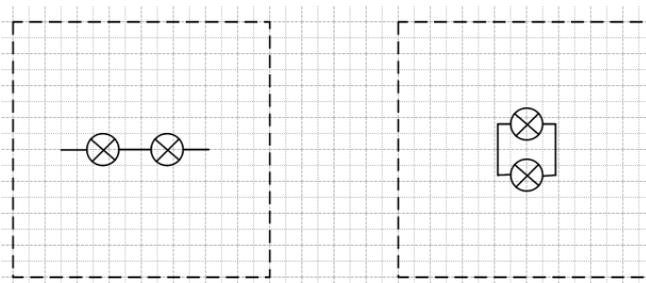
- пожарный извещатель имеет показатель надежности, однако элементы, с помощью которых он подключен к ППКП (кабельная линия, клеммные соединения, режимные элементы шлейфа сигнализации) так же влияют на общую надежность;

- надежность работы ППКП зависит от надежности работы резервного источника питания (аккумулятора) и надежности основного электроснабжения, которые производителем при декларировании средней наработки до отказа не могут учитываться в виду их большого разброса при эксплуатации, и соответственно данные показатели следует принимать в расчет;

- при дублировании сигналов о пожаре в подразделении пожарной охраны применяются каналы связи, надежность которых необходимо учитывать в совокупности с надежностью оборудования, источников питания, кабельных линий. Ко всему прочему дополнительно включаются аспекты времени обнаружения и устранения отказа, наличие и надежность пополнения ЗИП, периодичность выполнения работ технического обслуживания, «надежность» работы оператора.

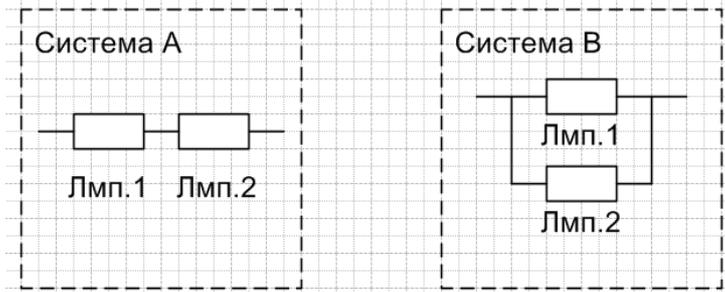
Для расчета строится схема оцениваемой системы, или подсистемы в плане надежности, которая может не совпадать с её электрической структурной схемой. При составлении схемы нерезервируемые элементы включаются последовательно, резервируемые параллельно. Схемы функциональной и аппаратной надежности могут отличаться, например: в виду невысоких характеристик надежности отечественных извещателей пожарных в нормативных документах принят метод дублирования извещателей по их функциональному назначению, т.е. в контролируемую зону извещателя устанавливается еще один дополнительный. Тем самым функционально элемент будет зарезервирован (с постоянным включением), а технически напротив, в схему будет добавлен элемент с последовательным включением уменьшающий общий показатель надежности. В оценке уровня пожарного риска конечно следует использовать показатель функциональной надежности.

Представим, что имеются помещения в которых необходимо решить задачу с их освещением.

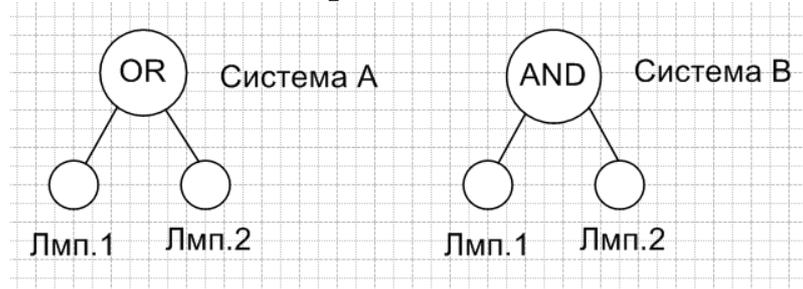


В первом случае лампы включены последовательно, во втором параллельно, в обоих случаях лампы идентичны. Предположим, что вероятность распределения выхода из строя лампы подчиняется экспоненциальному закону. Производителем заявлена средняя наработка до отказа 1000 ч. При круглосуточном освещении комнаты одной такой лампой в течении месяца (720 ч) вероятность выхода её из строя (к концу месяца) составит $1 - 0.486752 = 0,513$. В варианте с последовательным включением ламп вероятность остаться без освещения гораздо выше, нежели в случае с одной лампой, так как при выходе из строя любой из них вторая перестает функционировать. В этом случае вероятность отсутствия освещения в помещении к концу месяца составит 0.763. При параллельном соединении (нагруженное резервирование) выход из строя одной лампы не повлечет выход из строя оставшейся лампы, и в данном случае вероятность отказа освещения к концу месяца составляет 0.263, что существенно меньше нежели в случае с одной лампой, и тем более при их

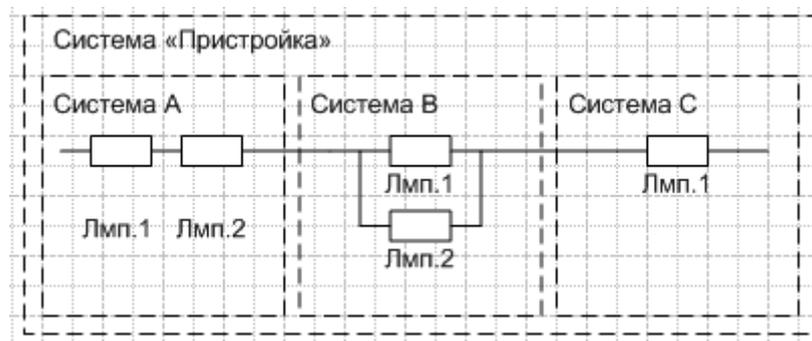
последовательном соединении.



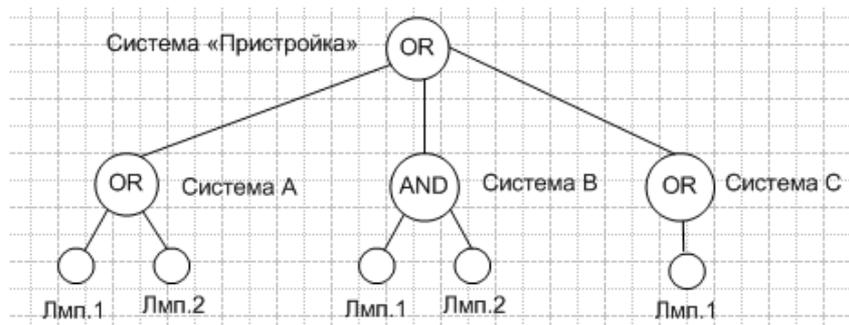
В вышеприведенном примере показано влияние на надежность количества элементов и способа их включения по отношению к одиночному элементу: увеличение последовательно соединенных элементов влечет за собой снижение общей вероятности безотказной работы системы; параллельное включение элементов, с увеличением их количества, напротив увеличивает вероятность безотказной работы всей системы. Видоизменим схему и приблизим её к логико-вероятностной с условием: последовательное соединение будут объединяться по схеме OR (выход любого из элемента влечет за собой отказ системы), параллельное соединение по схеме AND (отказ системы возможен только при отказе всех элементов).



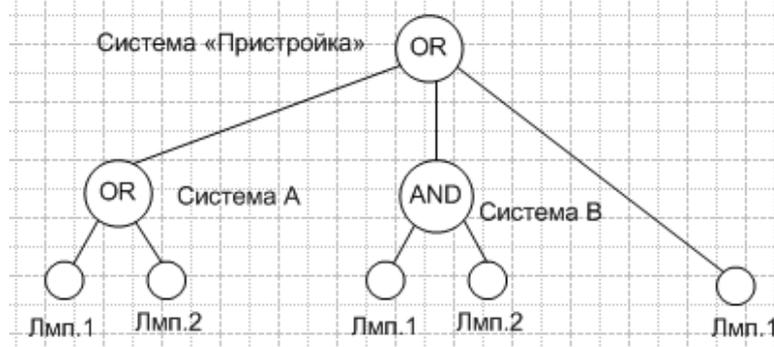
Расширим пример: в нашем ведении находится пристройка с тремя помещениями, освещение в двух из них организовано по варианту А и В вышеприведенного примера, в третьем помещении установлена одна лампа.



Преобразуем к логико-вероятностной схеме:



Подсистемы пристройки имеют параллельное включение (OR), так как отказ любой из них ведет к отказу освещения в системе «Пристройка». Систему С можно взять как OR, так и AND, в любом случае в ней используется один элемент и в любом случае показатели надежности будут идентичны. В системе «Пристройка» можно исключить Систему С оставив только её элемент по той же причине.

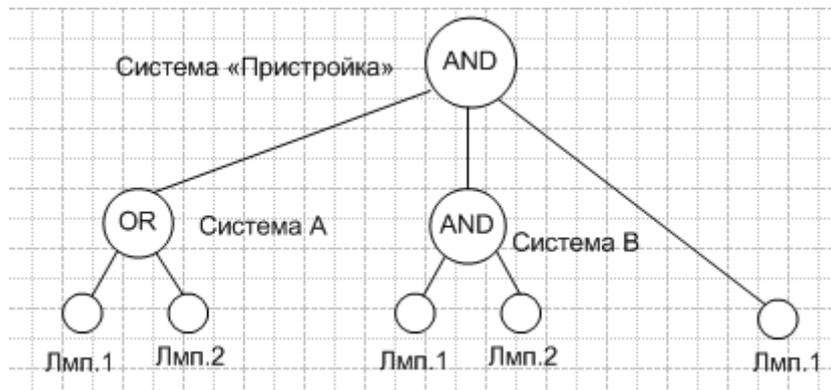


Выполним расчет:

Наименование	Вероятность отказа с наработкой 720 ч
Система «Пристройка»	1-0,0849
Система С	1-0,4868
Система А	1-0,2369
Система В	1-0,7366

Общая вероятность отказа освещения пристройки к концу месяца составит $1-0,0849=0,91$.

Предположим, стены в пристройке прозрачные, в этом случае все подсистемы включаются параллельно, так как освещение в пристройке пропадет только если во всех помещениях не будет света. В данном случае приведен пример различия между функциональной и аппаратной надежностью, аппаратная надежность осталась на прежнем уровне, а функциональная возросла.

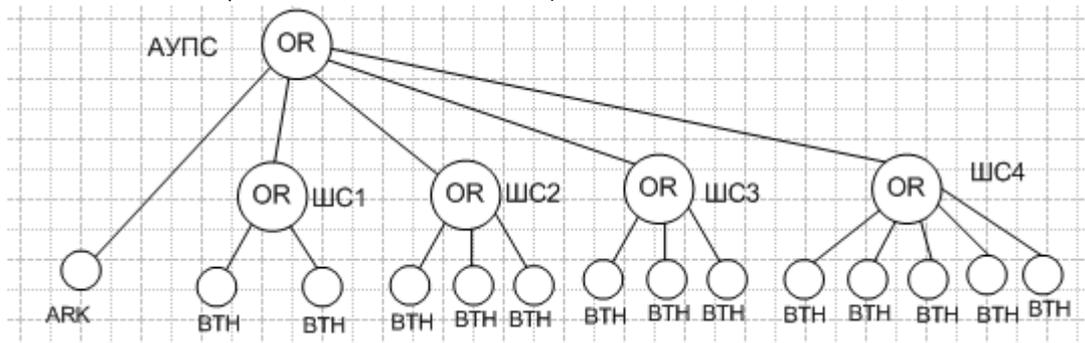


Выполним расчет:

Наименование	Вероятность отказа с наработкой 720 ч
Система «Пристройка»	1-0,8968
Система С	1-0,4868
Система А	1-0,2369
Система В	1-0,7366

Общая вероятность отказа освещения пристройки к концу месяца в случае прозрачных стен составит $1-0,8968=0,1$.

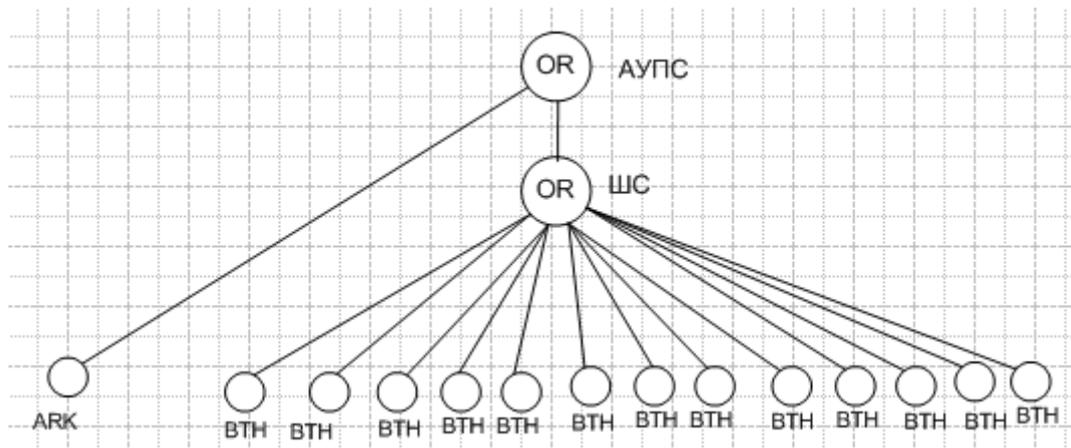
Множество систем с одним способом включения элементов можно объединить в одну. Например имеем 4 шлейфа сигнализации включенные в ППКП. Нарботка до отказа дымового извещателя - 60 000 ч, ППКП - 40 000 ч.



Выполним расчет:

Наименование	Вероятность безотказной работы при наработке 720 ч
АУПС	0.8403
ШС1	0.9763
ШС2	0.9646
ШС3	0.9646
ШС4	0.9418

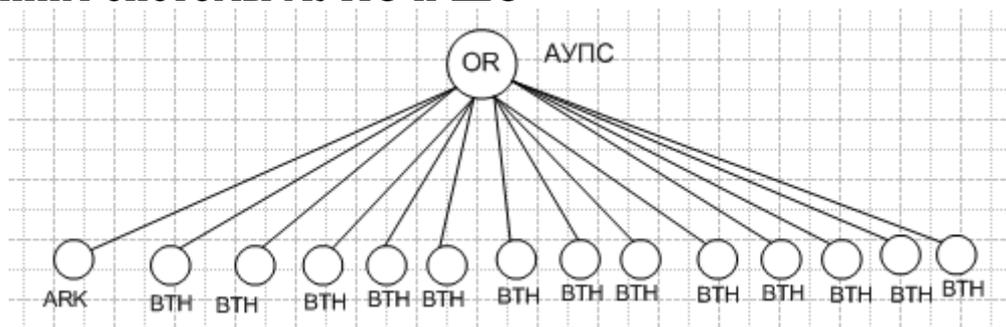
Объединим системы ШС1, ШС2, ШС3, ШС4 в одну систему ШС.



Выполним расчет:

Наименование	Вероятность безотказной работы при наработке 720 ч
АУПС	0.8403
ШС	0.8556

Объединим системы АУПС и ШС



Выполним расчет:

Наименование	Вероятность безотказной работы при наработке 720 ч
АУПС	0.8403

Во всех случаях ВБР системы АУПС идентична, различия лишь в степени детализации.

Пожарная автоматика должна постоянно находиться в дежурном состоянии, т.е. в состоянии готовности выполнения функций в тревожном режиме и в заданном интервале времени. Готовность пожарной автоматики выполнения своих функций отражает параметр коэффициент готовности. Готовность выполнения функций в заданном интервале времени отражает параметр коэффициент оперативной готовности, иногда применяется термин интервальная готовность. Дежурный режим может прерываться не только тревожным режимом, но и отказом, ремонтом, техническим обслуживанием. Длительность ремонта в свою очередь зависит от готовности одиночного комплекта ЗИП. В общем случае

стационарный коэффициент оперативной готовности пожарной автоматики вычисляется по формуле:

$$K_{ог} = K_{г} \times K_{гзип} \times P(t);$$

$$K_{г} = T_{о} / (T_{о} + T_{р});$$

где:

$K_{г}$ — стационарный коэффициент готовности;

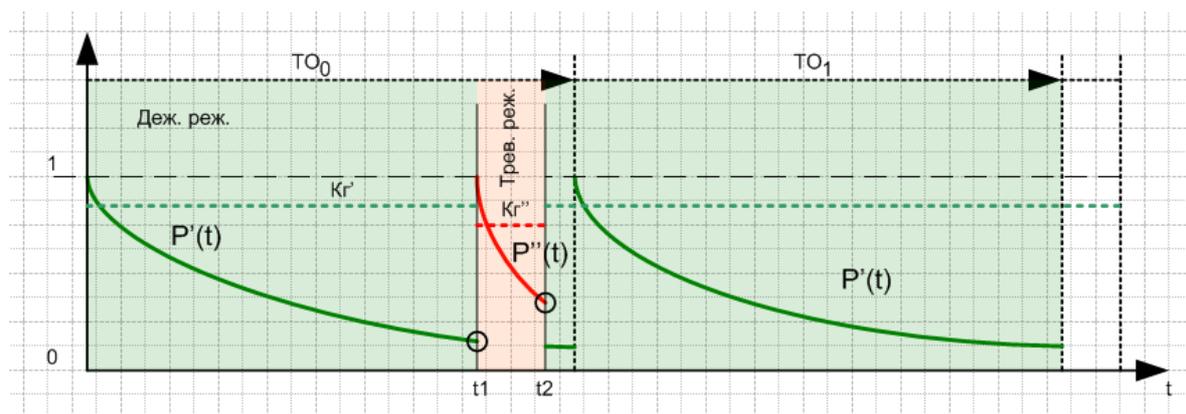
$T_{о}$ — среднее время на отказ (MTBF в зарубежной литературе);

$T_{р}$ — среднее время восстановления (MTTR в зарубежной литературе);

$K_{гзип}$ — коэффициент готовности ЗИП;

$P(t)$ — вероятность безотказной работы на заданной наработке.

В дежурном режиме ВБР определяется периодом технического обслуживания. В режиме тревоги ВБР определяется наработкой до случайного момента включения тревоги и нормативной наработкой в тревожном режиме. Причем показатели надежности дежурного и тревожного режима могут отличаться. Например насосы включаются только в режиме тревоги и соответственно при расчете в дежурном режиме они не учитываются. Т.е. в дежурном режиме учитываются элементы обнаружения пожара, в тревожном режиме элементы работающие в режиме тревоги, в обоих случаях учитываются элементы работающие во всех режимах. Соответственно среднее время до отказа и коэффициент готовности так же варьируется, в зависимости от режима работы. Время начала включения тревожного режима при оценке надежности следует выбирать в конце периода технического обслуживания, когда вероятность отказа будет самой высокой. Выбор режимов условен, на практике режимов может быть больше, или их не рассматривать вовсе, подход к оценке при этом не отличается. Учет режимов определяется различием работающих элементов и их значимостью. Представленный ниже рисунок и текст демонстрирует вышесказанное.



ВБР в дежурном режим определяется функцией $P'(t)$, в тревожном режиме функцией $P''(t)$. ВБР на отрезке t_1-t_2 определяется: $P(t_1,t_2)=P'(t_1) \times P''(t_2-t_1)$. Коэффициент оперативной готовности в точке t_1 определяется:

$$\begin{aligned} \text{Ког}' &= \text{Кг}' \times \text{Кгзип} \times P(t_1); \\ \text{Кг}' &= \text{То}' / (\text{То}' + \text{Тр}'); \end{aligned}$$

где:

$\text{Кг}'$ — стационарный коэффициент готовности в дежурном режиме;

$\text{То}'$ — среднее время на отказ в дежурном режиме, может отличаться от режима тревоги, так как количество элементов может быть иным;

$\text{Тр}'$ — среднее время восстановления, может отличаться от режима тревоги по вышеприведенной причине;

Кгзип — коэффициент готовности ЗИП;

Коэффициент оперативной готовности выполнения функций пожарной автоматики определяется произведением коэффициентов оперативной готовности дежурного и тревожного режима. Коэффициентов оперативной готовности тревожного режима в точке t_2 определяется:

$$\begin{aligned} \text{Ког}'' &= \text{Кг}'' \times \text{Кгзип} \times P(t_1,t_2); \\ \text{Кг}'' &= \text{То}'' / (\text{То}'' + \text{Тр} ''); \end{aligned}$$

где:

$\text{Кг}''$ — стационарный коэффициент готовности в тревожном режиме;

$\text{То}''$ — среднее время на отказа в тревожном режиме;

$\text{Тр}''$ — среднее время восстановления в тревожном режиме;

Кгзип — коэффициент готовности ЗИП;

И находим коэффициент оперативной готовности выполнения функций пожарной автоматики:

$$\text{Ког} = \text{Ког}' \times \text{Ког}''.$$

Можно рассматривать режимы работ как две разные системы включенные последовательно, с разными наработками оценки. В первую систему входят элементы работающие в дежурном режиме с наработкой равной периоду технического обслуживания, во вторую систему входят элементы работающие в тревожном режиме с наработкой равной нормативному времени работы в режиме тревоги.

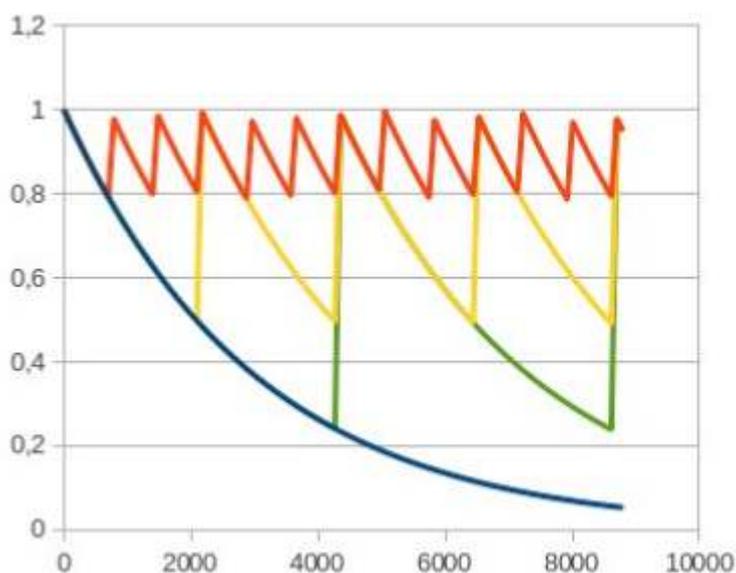


Общие положения расчета надежности определены в нормативной литературе [13].

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И МОНИТОРИНГА

При построении системы технического обслуживания принимается значение ВБР технической схемы.

Целью системы технического обслуживания и ремонта является достижение необходимого уровня надежности в весь срок эксплуатации пожарной автоматики [10]. Периодичность выполнения работ технического обслуживания является балансом между затратами их исполнения и уровнем надежности. Принято, что после выполнения работ обслуживания и ремонта показатель надежности возвращается в начальный момент наработки.



На рисунке представлен график ВБР двадцати элементов с наработкой до отказа 60 000 ч (синий), и соответствующие графики ВБР при периоде технического обслуживания: 720 ч (красный); 2160 ч (желтый); 4320 ч (зеленый). Период выполнения работ выбирается исходя из минимально возможного достижения ВБР системы. В приведенном случае и предполагаемом условии допустимого уровня ВБР 0.8 максимальный период выполнения работ будет составлять 720 ч. График демонстрирует следующую закономерность - уменьшение периода выполнения работ поднимает достигаемый нижний уровень ВБР, однако суммарное количество затрат на их выполнение увеличиваются.

Оперативная готовность пожарной автоматики выполнить свою функцию зависит от ВБР в любой момент наработки и времени нахождения автоматики в состоянии неготовности, которое следует минимизировать до условия достижения необходимого уровня готовности. Рассмотрим уже

приведенный пример с одним ППКП и включенными к нему 13-ю дымовыми извещателями в следующих вариациях:

Ва р	Врем я обна руже ния отказ а.	Время прибыт ия бригад ы.	Врем я устр. отказ а.	Коэффициент оперативной готовности при: период ТО: 720 ч.; $P_{(720)}=0.8403$ $T_o=4138$ ч.
1	720	0	2	$[4138/(4138+720+2)]*0.8403=0,715$
2	48	48	2	$[4138/(4138+48+48+2)]*0.8403=0,820$
3	12	48	2	$[4138/(4138+12+48+2)]*0.8403=0,827$
4	0,1	48	2	$[4138/(4138+0,1+48+2)]*0.8403=0,830$
5	0,1	4	2	$[4138/(4138+0,1+4+2)]*0.8403=0,839$

Рассмотрены следующие случаи:

1 — контроль технического состояния не организован, обнаружение отказа происходит в момент проведения работ технического обслуживания;

2 — контроль технического состояния организован на объекте защиты в период рабочего дня (пятидневная рабочая неделя), прибытие ремонтной бригады для устранения отказа осуществляется по заявке в течении 48 часов;

3 — контроль технического состояния организован заказчиком круглосуточно с плановой проверкой состояния в течении 12 часов, прибытие ремонтной бригады для устранения отказа осуществляется по заявке в течении 48 часов;

4 — контроль технического состояния осуществляется с применением оборудования централизованного мониторинга с задержкой приема, обработки сигнала в течении пяти минут, прибытие ремонтной бригады для устранения отказа осуществляется по сигналу об отказе в течении 48 часов;

5 — контроль технического состояния осуществляется с применением оборудования централизованного мониторинга с задержкой приема, обработки сигнала в течении пяти минут, прибытие ремонтной бригады для устранения отказа осуществляется по сигналу об отказе в течении 4 часов. Во всех случаях период технического обслуживания составляет 720 часов, время устранения отказа 2 часа, средняя наработка

на отказ — 4138 ч, ВБР определяется наработкой в конце периода технического обслуживания (берем наихудший случай). Значение ВБР определяется случайным временем начала выполнения функций пожарной автоматикой, и длительностью их выполнения. Принятый в данной методике период полной проверки пожарной автоматики определяется средней наработкой до отказа. В приведенном примере период проверки пожарной автоматики равен 4138 ч.

Методикой определяется среднее время затраченное на восстановление (MTTR), как сумма времени восстановления одного элемента, их общего количества, времени обнаружения отказа и времени прибытия ремонтной бригады (MTTA в зарубежной литературе), а так же вероятностью отказа элемента:

$$MTTR = [MTTR(one) * Count + Detect + MTTA] * [1-P(Tm)];$$

где:

MTTR(one) — среднее время восстановления одного однотипного элемента;

Count - общее количество однотипных элементов;

Detect - время обнаружения отказа;

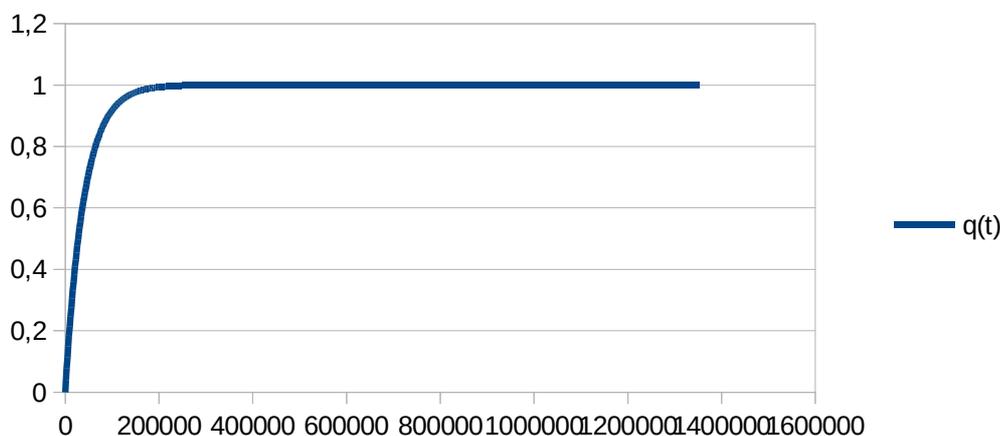
MTTA - время прибытия ремонтной бригады;

1-P(Tm) - максимальная вероятность отказа однотипного элемента(в конце периода технического обслуживания). В расчете стоимости предоставления услуг показатель MTTR и MTTA можно использовать в качестве временной величины трудовых затрат.

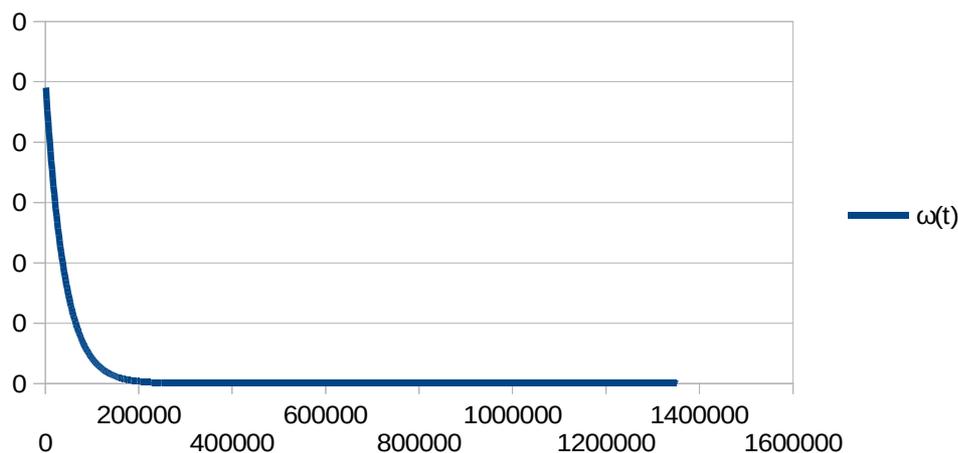
ПРЕДЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ

Под предельным состоянием элементов и систем подразумевается состояние, в котором их дальнейшее восстановление и (или) эксплуатация недопустима, или нецелесообразна [8]. Недопустимость устанавливается на основе оценки рисков. В данной методике под предельным состоянием подразумевается нецелесообразность ремонта (эксплуатации), критерии которого определены в технической документации производителей и как наработка, при которой $\Delta P(t)=0$. Следует заметить, что целесообразность может определяться не только наработкой, но и иными параметрами системы и её элементов, например общим снижением уровня оперативной готовности.

Рассмотрим ППКП с наработкой до отказа 40 000 ч.



Функция вероятности отказа.



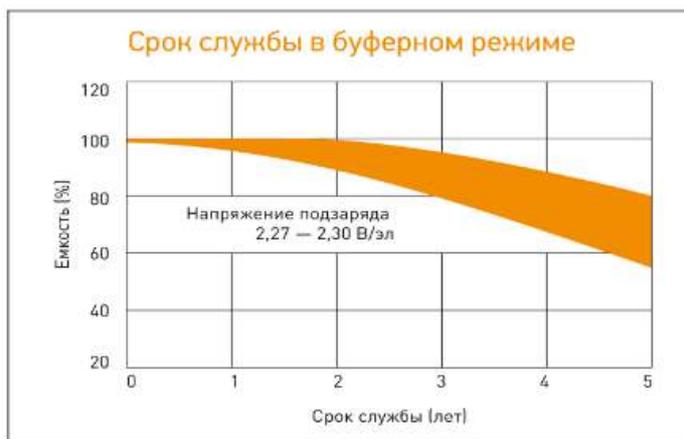
Функция плотности распределения.

В нашем случае критерием предельного состояния является наработка прибора в течении 1352412 ч., данный показатель недостоверен, так как опирается на среднее время наработки

до отказа заявленный производителем, которое так же является приближенным значением в виду вероятностных свойств исходных данных. Предельное состояние системы определяется совокупностью невосстанавливаемых элементов системы. Например предельное состояние системы (как невосстанавливаемой) из ППКП и 13-ю дымовыми извещателями составляет 110108 ч.

При оценке предельного состояния системы все её восстанавливаемые элементы отбрасываются. Под восстанавливаемыми элементами подразумеваются элементы, которые можно восстановить путем их ремонта, или заменой. Например извещатели, аккумуляторы, оповещатели, как правило, являются восстанавливаемыми, а кабельные линии, трубопроводы невосстанавливаемыми. Деление зависит от технического решения и финансовых вложений. При наличии в ЗИП узла управления дренчерного, или ППКП, их можно отнести к восстанавливаемым элементам, однако основные элементы пожарной автоматики разумней отнести к невосстанавливаемым элементам, ремонт или замена которых требует значительных временных затрат и выполняется обычно при модернизации и капитальном ремонте. В настоящее время ремонт основных приборов пожарной автоматики ушел в прошлое, практически в 100% случаев осуществляется их замена.

Отдельно следует затеь тему резервирования электроснабжения пожарной автоматики. Как правило в качестве резервного источника применяются герметичный необслуживаемый свинцово-кислотный аккумулятор. Предельное состояние аккумулятора определяется как превышение срока эксплуатации среднего времени до отказа (МТТФ), и как правило составляет 3 года. В виду особенностей работы аккумулятора он подвержен снижению емкости при эксплуатации, о чем информируется потребитель в паспорте на изделие.



Следовательно проектировщик должен компенсировать данный эффект увеличивая расчетную емкость, как правило на 20%. В то же время случаются ошибки в расчете емкости и (или) потребляемый ток превышает расчетное, в связи с чем деградация аккумулятора может произойти гораздо раньше времени МТТФ, и поэтому при выполнении работ технического обслуживания в обязательном порядке измеряется емкость аккумулятора, или его внутреннее сопротивление. В случае снижения емкости ниже 80% аккумулятор заменяется и проверяются условия его эксплуатации.

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЗИП

Как было сказано в предыдущей главе оперативная готовность пожарной автоматики выполнять свои функции зависит от ВБР в любой момент наработки и времени нахождения автоматики в состоянии неготовности которое следует минимизировать. Время нахождения автоматики в состоянии неготовности зависит от времени простоя (устранения отказа), которое в свою очередь зависит от готовности комплекта ЗИП. Под готовностью ЗИП [12] подразумевается наличие в нем необходимых элементов в любой момент времени, в противном случае время восстановления пожарной автоматики увеличивается. Из чего следует, что коэффициент оперативной готовности пожарной автоматики должен включать в себя и коэффициент готовности комплекта ЗИП. Готовность определяется выбранной стратегией пополнения, в данной методике принято непрерывное пополнение (пополнение по уровню запаса) и предусматривается два метода расчета ЗИП:

1. перечень элементов и их количество в ЗИП определяется свойствами элементов и потребностью их замены в интервале технического обслуживания. Расчет количества элементов в ЗИП базируется на предположении необходимости замены элемента по окончании его средней наработки до отказа, которое по причине вероятностного характера потока отказов достоверным не является. Исходя из предположения количество элементов в ЗИПе определяется формулой:

$$N_{зип} = (T_{то} * N_{э}) / T_{1э}$$

где:

$N_{зип}$ — количество однотипных элементов в ЗИП;

$T_{то}$ — период технического обслуживания;

$N_{э}$ — общее количество однотипных элементов в системе;

$T_{1э}$ — средняя наработка до отказа однотипного элемента.

2. перечень элементов и их количество в ЗИП определяется необходимым уровнем надежности системы и её структурной схемой с ненагруженным скользящим резервированием. Первый метод позволяет приблизительно оценить потребность, второй метод является основным.

Комплекты ЗИП делятся на одиночный, групповой и ремонтный. Одиночный комплект ЗИП придается непосредственно объекту с целью обеспечения его надежности при длительном использовании. Групповой комплект ЗИП придается группе объектов для пополнения одиночных комплектов по мере их расходования или для обеспечения

надежности изделий по тем типам элементов, которые отсутствуют в номенклатуре одиночных комплектов ЗИП. Ремонтный комплект ЗИП (комплект ЗИП ремонтного органа) придается ремонтному органу. В методике по умолчанию подразумевается одиночный комплект.

Ответственным за организацию и пополнение ЗИП является руководитель объекта защиты [10], но это не значит, что он не может в соответствии с ГК РФ возложить выполнение данных работ на обслуживающую организацию. Совершенно приемлемым будет, если хранение, содержание и пополнение ЗИП руководитель объекта защиты возложит полностью, или частично на обслуживающую организацию при условии, что общее время прибытия ремонтной бригады (МТТА) и устранение отказа (МТТР) не будет превышать проектное значение.

Оценка ЗИП так же определена в нормативной литературе [12].

КОНТРОЛЬ НАДЕЖНОСТИ

Контроль показателей средней наработки до отказа в период эксплуатации (вводе в эксплуатацию) позволяет подтвердить соответствие требованиям надежности пожарной автоматики, правильность выбора технического решения, системы технического обслуживания и эксплуатации, расчета ЗИП, а в дальнейшем объективно идентифицировать предельное состояние. Важнейшим событием в оценке надежности является отказ. Состояние отказа неоднозначно и его следует описать в техническом задании, проектной документации, программе испытаний для исключения двойственности толкований. В общем случае отказом элемента является событие, когда для его восстановления требуется внеплановый ремонт.

Исходными данными для выбора плана испытаний являются: значения приемочного $R\alpha$ и браковочного уровня $R\beta$, или значения приемочного уровня $R\alpha$ и отношение $R\alpha/R\beta$; значения риска поставщика α и потребителя β .

Значения уровней $R\alpha$ и $R\beta$, или $R\alpha$ и $R\alpha/R\beta$, а так же риски α и β задают исполнитель и заказчик по согласованию. Коэффициент $R\alpha/R\beta$ выбирается [7] из ряда: 1,5; 2,0; 3,0. Значение рисков α и β рекомендуется выбирать из ряда: 0,05; 0,1; 0,2; 0,3. Не рекомендуется устанавливать исходные данные, сочетающие большие значения отношения $R\alpha/R\beta$ с малыми значениями рисков. Такие исходные данные следует изменять путем уменьшения значения отношения и увеличения значений рисков. При испытаниях пожарной автоматики отказавшие элементы восстанавливают и проводят испытания до принятия решения: испытание не пройдено; испытание пройдено; продолжение испытания. Следует отметить, что момент пересечения границы зоны приемки не позволяет сразу принять решение о результате испытаний, а требует продолжения наблюдений по крайней мере до следующего отказа.

Для примера возьмем случай описанный в предыдущих главах с средней наработкой на отказ 4138 ч, и построим план проверки с коэффициентом $R\alpha/R\beta = 1.5$, значением рисков $\alpha = \beta = 0.2$.

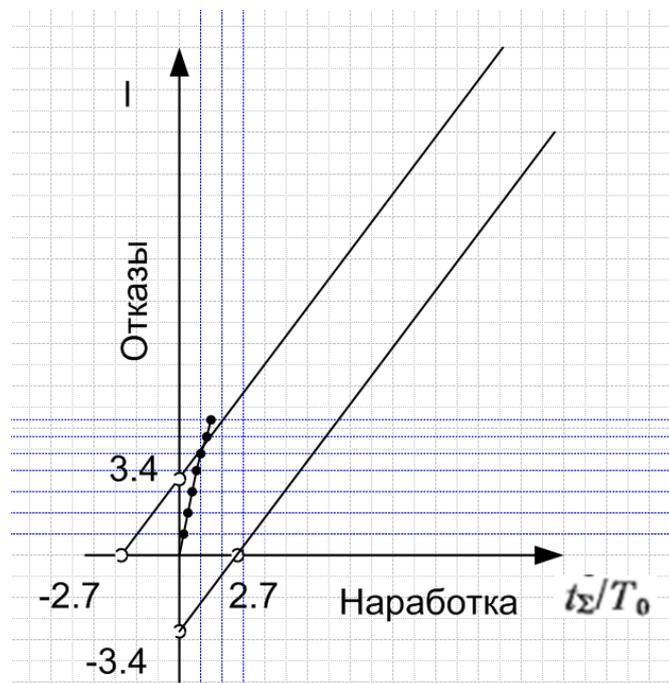
График последовательного контроля строят в прямоугольной системе координат, параметры линии соответствия и несоответствия устанавливаются согласно расчетам:

$R\alpha/R\beta$ 1.5
 α 0.2

β 0.2
 a 1.23315 (angle tangent)
 l_0 3.41902 ($l_0' = -2.77259$)
 r_0 2.77259 ($r_0' = -3.41902$).

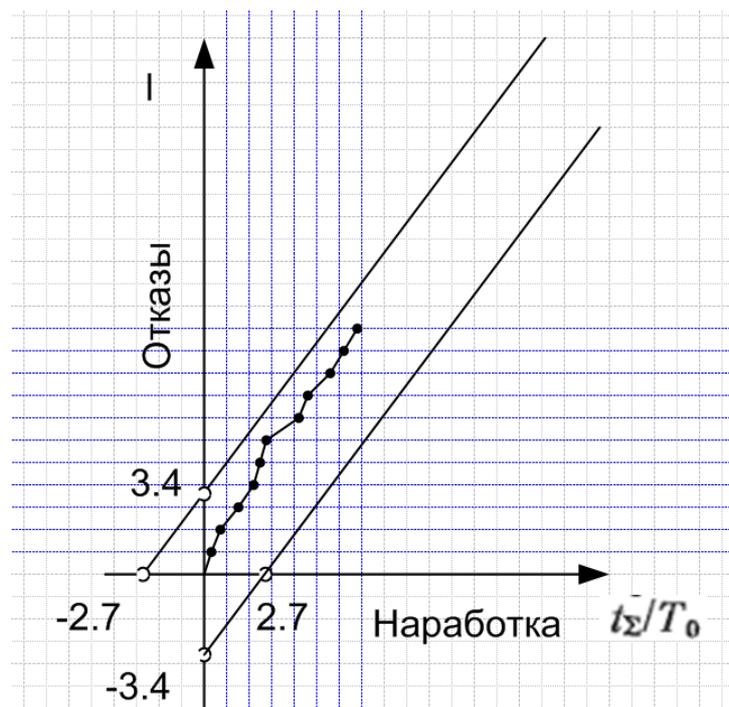
Вариант испытаний 1: испытания не пройдены.

Наработка до отказа	t_{Σ}/T_0
697	0,16
943	0,22
2711	0,65
3025	0,73
3762	0,9
5557	1,34
5873	1,41
6484	1,56
7113	1,71
8641	2,08
9625	2,32



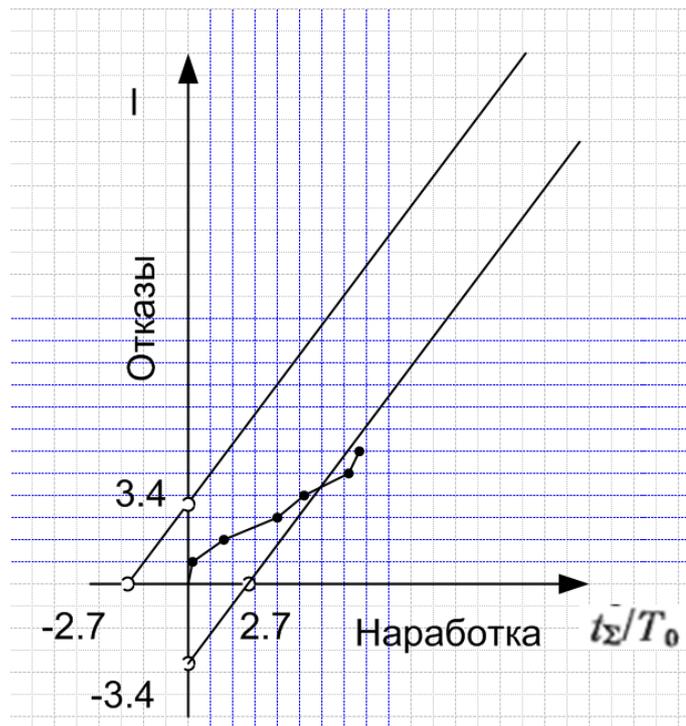
Вариант испытаний 2: необходимо продолжить испытания

Наработка до отказа	t_{Σ}/T_0
1446	0,34
2956	0,71
6562	1,58
8930	2,15
10167	2,45
11741	2,83
17619	4,25
18928	4,57
23366	5,64
25572	6,17
27846	6,72



Вариант испытаний 3: испытания пройдены

Наработка до отказа	t_{Σ}/T_0
303	0,07
6479	1,56
16430	3,97
21638	5,22
30015	7,25
31976	7,72
40255	9,72
49833	12,04
56475	13,64
62885	15,19
69434	16,77



В примере показана наработка необходимая для принятия решения, длительность которой может быть сопоставима с сроком эксплуатации пожарной автоматики, что накладывает некоторые особенности:

- в период действия гарантийного срока декларированного производителем оборудования, проектной и монтажной организацией дать оценку соответствия надежности заявленному практически невозможно, так как гарантийный срок сравним, или меньше необходимого срока испытания (в последнем варианте 3,5 года);

- с момента ввода в эксплуатацию пожарная автоматика должна перманентно находиться в состоянии оценки её надежности, что требует должного отношения к ведению эксплуатационной документации, как к источнику статистических данных испытания.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

В соответствии с нормативной литературой [11] в разделе «Требования надежности» технических условий первым пунктом раздела приводят номенклатуру и значения показателей надежности, которые записывают в следующей последовательности: комплексные показатели и (или) единичные показатели безотказности и ремонтпригодности; показатели долговечности; показатели сохраняемости. Во втором пункте приводят определения (критерии) отказов и предельного состояния. В третьем пункте приводят общие требования к методам оценки надежности и исходные данные для оценки соответствия изделий требованиям по надежности. В четвертом пункте раздела приводят, при необходимости, требования и ограничения по способам обеспечения заданных значений показателей надежности к конструктивным и эксплуатационным способам. Требования к конструктивным способам обеспечения надежности могут содержать: требования и/или ограничения по видам и кратности резервирования; требования и/или ограничения по затратам (стоимости) в изготовлении и эксплуатации, массе, габаритам, оборудованию для технического обслуживания и ремонтов; требования к структуре и составу ЗИП; требования к системе технического диагностирования (контроля технического состояния); требования и/или ограничения по способам и средствам обеспечения ремонтпригодности и сохраняемости; ограничения по номенклатуре разрешенных к применению комплектующих и материалов; требования по применению стандартизованных или унифицированных комплектующих и др. Требования к эксплуатационным способам обеспечения надежности могут содержать: требования к системе технического обслуживания и ремонтов; требования к алгоритму технического диагностирования (контроля технического состояния); требования к численности, квалификации, длительности обучения (подготовки) обслуживающего и ремонтного персонала; требования к способам устранения отказов и повреждений, порядку использования ЗИП, правилам регулировок и т.п.; требования к объему и форме представления информации о надежности, собираемой (регистрируемой) в ходе эксплуатации и др.

Например:

Надежность АУПС и СОУЭ в условиях и режимах эксплуатации должна характеризоваться следующими

значениями показателей: коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги в течении 1 часа — не менее 0,8; средняя наработка до отказа - не менее 2160 ч; среднее время восстановления на объекте защиты силами и средствами обслуживающей организации включая прибытие ремонтной бригады - не более 120 ч; полный средний срок службы - не менее 10 лет; время прибытия ремонтной бригады не более 48 ч.; отсутствие круглосуточного дежурного персонала на объекте защиты;

Предельным состоянием АУПС и СОУЭ считают один из случаев: после превышения среднего срока службы средняя наработка до отказа, или коэффициент оперативной готовности не соответствует проектному;

Отказом АУПС и СОУЭ считать один из случаев: восстановление осуществляется при выполнении непланового ремонта путем ремонта или замены отказавшего технического средства; причиной отказа является невыполнение техническим средством АУПС и СОУЭ своих функций.

Соответствие АУПС и СОУЭ требованиям по надежности, установленным в пп ..., на этапе: проектирования оценивают расчетным методом с использованием данных о надежности комплектующих изделий и статистических данных по «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики» разработанной ООО «Архангельское ППА» г.Архангельск или иным документам; эксплуатации расчетно-экспериментальным методом по «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики» разработанной ООО «Архангельское ППА» г.Архангельск, или иным документам используя следующие исходные данные для планирования испытаний: Значение приемочного уровня R_a - 2160 ч, коэффициент R_a/R_b - 1.5; риск поставщика a — 0.2; риск заказчика b - 0.2.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В проектной документации следует представлять метод и результат расчета надежности, пояснения, структурную схему оценки надежности в графическом, или текстовом виде с указанием показателей надежности её элементов для возможности последующей проверки.

В пояснительную записку (ПЗ), программу и методику испытаний (ПМ), расчет (РР) добавить раздел «Требования надежности», который должен содержать соответственно:

- требуемые значения показателей надежности и условия их достижения;
- метод оценки и контроля надежности;
- критерии отказа и режимы работ;
- структурную схему оценки надежности в графическом или текстовом виде;
- результаты расчетов надежности систем пожарной автоматики.

Требуемые значения показателей надежности должны включать в себя значения определенные в техническом задании, или нормативной документации. Дополнительные условия достижения определяются заказчиком, например: период технического обслуживания; трудозатраты; метод контроля; расчета и т.п.

Метод оценки описывает метод расчета надежности, или дается ссылка на определяющий документ, применяемые средства (программное обеспечение или иное). Контроль параметров надежности описывает метод контроля, подтверждения.

Критерии отказа и режимы работ описывают определяющие характеристики отказа. В режиме работ пожарной автоматики перечисляются режимы и время нахождения в них пожарной автоматики для целей оценки надежности. В некоторых случаях, когда пожарная автоматика содержит небольшое количество элементов, можно не учитывать режимы работ, в большинстве случаев достаточно принимать во внимание два режима — дежурный и тревожный. Дается перечень невосстанавливаемого оборудования, восстановление которых находится вне рамок выполнения работ технического обслуживания.

Структурная схема оценки надежности в графическом, или текстовом виде должна показать схему включения элементов. Результативная часть расчета надежности систем пожарной

автоматики должна включать:

- значения коэффициента оперативной готовности с максимальной наработкой во всех режимах работы;
- среднее время наработки до отказа в дежурном режиме работы (МТТФ);
- среднее время наработки между отказами в дежурном режиме работы (МТВФ);
- характеристики построения графика последовательного контроля среднего времени наработки до отказа в дежурном режиме;
- период технического обслуживания;
- период полной проверки всех элементов;
- период коллегиального освидетельствования на возможность дальнейшей эксплуатации;
- среднее время восстановления (МТТР);
- среднее время прибытия ремонтной бригады (МТТА);
- среднее время обнаружения отказа;
- коэффициент готовности комплекта ЗИП, его состав, среднее время поставки, пороговое значение количества для подачи заявки на пополнение;
- средний срок службы;
- условия эксплуатации;
- вывод о соответствии требованиям, или несоответствии с указанием причин.

Перечень оборудования:

№/п	Наименование, техническая характеристика оборудования и материалов	Тип, марка обозначение документа, опросного листа	Завод-изготовитель	Ед измерения	Кол-во	Примечание
Комплект основного оборудования						
	Контроллер двухпроводной линии связи	С2000-КДЛ	НВП Болид	шт.	1	
	Прибор управления речевыми оповещателями	Соната-К-120М	Арсенал Безопасности	шт.	1	
	Сигнально-пусковой блок	С2000-СП1	НВП Болид	шт.	1	
	Сигнально-пусковой блок	С2000-СП2 исп.02	НВП Болид	шт.	2	
	Блок контроля и индикации	С2000-БКИ	НВП Болид	шт.	1	
	Резервированный источник питания	РИП-12 исп.06	НВП Болид	шт.	1	
	Аккумулятор 12В, 40Ач	Delta DT1240	Delta	шт.	1	
	Извещатель пожарный дымовой	ДИП-34А-03	НВП Болид	шт.	51	В т.ч. ЗИП – 4 шт.
	Извещатель пожарный ручной	ИПР-513-ЗАМ	НВП Болид	шт.	6	В т.ч. ЗИП – 1 шт.
	Оповещатель световой «Выход»	Молния-12	Арсенал Безопасности	шт.	12	
	Оповещатель речевой	Соната-Т-Л-100-5/3 ВТ	Элтех-сервис	шт.	11	
	Адресный расширитель	С2000-АР1	НВП Болид	шт.	4	
Прочее оборудования, кабель, провод, комплектующие изделия						
	Кабель монтажный огнестойкий	Лютокс20нг (А)-FRLSLTx 2x0.5	Спецкабель	м.	500	
	Кабель монтажный огнестойкий	Лютокс20нг (А)-FRLSLTx 2x0.5	Спецкабель	м.	250	
	Короб огнестойкий	ККМО 15x15	ФЛМЗ	м.	200	
	Короб огнестойкий	ККМО 25x20	ФЛМЗ	м.	500	
	Коробка монтажная огнестойкая	КМ-0 (4к)	ФЛМЗ	шт.	10	

Вариант расчета с нормативными показателями надежности

Построим схему с применением ПО Reliab:

Operations:

OID Label
0 Дежурный режим
1 Тревога

Model:

ID	PID	OID	Type	Count	SPTA	Prob.	Med.	Dev.	MID	MTTR	Label
0			or							0 1.0	::Система
1		0	or							0 1.0	:АУПС
2		1	0,1 element			weibull	40000	1			С2000-КДЛ
3		1	0,1 element			weibull	40000	1			С2000-СП1
4		1	0,1 element	2		weibull	40000	1			С2000-СП2
5		1	0,1 element			weibull	40000	1			С2000-БКИ
6		1	0,1 element	51	10	weibull	60000	1	0 0.1		ДИП-34А
7		1	0,1 element	6	3	weibull	60000	1	0 0.1		ИПР-513-ЗАМ
8		1	0,1 element	4	2	weibull	40000	1			С2000-АР1
9		1	0,1 element	12	4	weibull	30000	1	0 0.5		Молния-12
10		1	or						0 0.5		:БИРП
11		10	0,1 element			weibull	40000	1			РИП 12 исп.06
12		10	and								:Питание
13		12	0,1 element			weibull	2881	1	0 0.5		& 220 В
14		12	0,1 element			normal	35136	17568	0 0.2		& DT1240
15		0	or						0 1.0		:СОУЭ
16		15	0,1 element			weibull	40000	1			Соната-К-120М
17		15	and						0 0.5		:Питание
18		17	0,1 element			weibull	2881	1	0 0.5		& 220 В
19		17	0,1 element	2		normal	35136	17568	0 0.2		& DT1212
20		15	1 element	12		weibull	30000	1	0 0.1		Соната-Т-Л-100-5/3 ВТ

MTTR - one element.

Выполним расчет в дежурном режиме:

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8067	0.9997	0.8067	0.5193	0.8016	0.9934	0.9937	0.9939	2924	2937		34619 Система
1	0		720 0.8304	0.9997	0.8304	0.5659	0.8266	0.9952	0.9955	0.9956	3241	3251		36259 АУПС
2	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1100789 С2000-КДЛ
3	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1100789 С2000-СП1
4	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20002			564370 С2000-СП2
5	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1100789 С2000-БКИ
6	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	11767	11771		63820 ДИП-34А
7	1		720 0.9999	1.0000	0.9999	0.9986	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	30002	30002		353474 ИПР-513-ЗАМ
8	1		720 0.9305	0.9999	0.9305	0.8057					10002			289182 С2000-АР1
9	1		720 0.9998	1.0000	0.9998	0.9882	0.9989	0.9992	0.9992	0.9993	10002	10005		98943 Молния-12
10	1		720 0.9767	1.0000	0.9767	0.9323	0.9765	0.9997	0.9997	0.9997	21968	21970		155903 БИРП
11	10		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1100789 РИП 12 исп.06
12	10		720 0.9945	1.0000	0.9945	0.9840					35389			164462 Питание
13	12		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7774	0.9978	0.9981	0.9981	2883	2884		86963 220 В
14	12		720 0.9749	0.9772	0.9749	0.9697	0.9748	0.9771	0.9999	0.9999	35287	35287		164462 DT1240
15	0		720 0.9714	1.0000	0.9714	0.9176	0.9710	0.9996	0.9996	0.9996	17766	17769		118881 СОУЭ
16	15		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1100789 Соната-К-120М
17	15		720 0.9891	1.0000	0.9891	0.9686	0.9888	0.9997	0.9998	0.9998	25721	25723		123961 Питание
18	17		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7774	0.9978	0.9981	0.9981	2883	2884		86963 220 В
19	17		720 0.9505	0.9550	0.9505	0.9404	0.9503	0.9548	0.9998	0.9998	25523	25523		123961 DT1212

Tm - Maintenance period.

Kiaf = Kaf. x P(Tm)

Kiaf(1) = Kaf. x P(1)

Kaf. = Kaf x Kaf(spta).

Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).

MTBF = MTTF+MTTR

Tlim - ω(t)=0

Maintenance model:

ID	PID	Name	Period	Detect	MTTA	Sypply	MTTR	Cspta	Kaf	SPTA	SPTA% Limit	Element
0		TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	13.7		0.9998			Система
1	0	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	9.9		0.9998			АУПС
6	1	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	360 4.3	0.67	1.0000	10 19.6		5 ДИП-34А
7	1	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	360 0.3	0.01	1.0000	3 50.0		2 ИПР-513-ЗАМ
9	1	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	360 2.6	0.10	0.9999	4 33.3		2 Молния-12
10	1	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	1.7		1.0000			БИРП
13	12	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	360 1.1	0.01				220 В
14	12	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	360 0.1	0.01				DT1240
15	0	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	2.8		1.0000			СОУЭ
17	15	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	1.8		1.0000			Питание
18	17	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	360 1.1	0.01				220 В
19	17	TO:720:0.3:4:360		720 0.333		4	360 0.2	0.01				DT1212

Cspta - calculation count SPTA.

Kaf - availability factor SPTA.

Limit - replenishment threshold SPTA

MTTR = (MTTR(one) x Count + Detect + MTTA) x (1-P(Tm))

Выполним расчет в тревожном режиме:

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.6048	0.9993	0.6048	0.2189	0.5965	0.9855	0.9862	0.9864	1406	1421		26528 Система
1	0		720 0.8304	0.9997	0.8304	0.5659	0.8266	0.9952	0.9955	0.9956	3241	3251		36114 АУПС
2	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1093175 С2000-КДЛ
3	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1093175 С2000-СП1
4	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20002			560430 С2000-СП2
5	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1093175 С2000-БКИ
6	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	11766	11771		63545 ДИП-34А
7	1		720 0.9999	1.0000	0.9999	0.9986	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	30002	30002		351533 ИПР-513-ЗАМ
8	1		720 0.9305	0.9999	0.9305	0.8057					10002			287269 С2000-АР1
9	1		720 0.9998	1.0000	0.9998	0.9882	0.9989	0.9992	0.9992	0.9993	10002	10004		98307 Молния-12
10	1		720 0.9767	1.0000	0.9767	0.9323	0.9765	0.9997	0.9997	0.9997	21968	21970		155341 БИРП
11	10		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1093175 РИП 12 исп.06
12	10		720 0.9945	1.0000	0.9945	0.9840					35388			163958 Питание
13	12		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7774	0.9978	0.9981	0.9981	2883	2884		86421 220 В
14	12		720 0.9749	0.9772	0.9749	0.9697	0.9748	0.9771	0.9999	0.9999	35287	35287		163958 DT1240
15	0		720 0.7283	0.9996	0.7283	0.3868	0.7256	0.9958	0.9963	0.9963	2275	2279		60013 СОУЭ
16	15		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40002			1093175 Соната-К-120М
17	15		720 0.9891	1.0000	0.9891	0.9686	0.9888	0.9997	0.9998	0.9998	25721	25723		123640 Питание
18	17		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7774	0.9978	0.9981	0.9981	2883	2884		86421 220 В
19	17		720 0.9505	0.9550	0.9505	0.9404	0.9503	0.9548	0.9998	0.9998	25522	25523		123640 DT1212
20	15		720 0.7498	0.9996	0.7498	0.4215	0.7481	0.9973	0.9977	0.9977	2502	2503		75341 Соната-Т-Л-100-5/3 ВТ

Выполним расчет предельных состояний:

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8204	0.9997	0.8204	0.5521	0.8186	0.9976	0.9979	0.9979	3643	3647		113488 Система
1	0		720 0.8353	0.9998	0.8353	0.5827	0.8341	0.9983	0.9985	0.9985	4007	4008		124415 АУПС
2	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 С2000-КДЛ
3	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 С2000-СП1
4	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20007			589309 С2000-СП2
5	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 С2000-БКИ
8	1		720 0.9305	0.9999	0.9305	0.8057					10007			301821 С2000-АР1
10	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474	0.9820	0.9999	0.9999	0.9999	40007	40007		1150954 БИРП
11	10		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 РИП 12 исп.06
15	0		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474	0.9820	0.9998	0.9999	0.9999	40007	40008		1150954 СОУЭ
16	15		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 Соната-К-120М

Итоговые значения:

Параметр	Значение	Требуемое значение
АУПС		
Коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги 1 час.	0.8266x0.9952 =0.8226	≥0.8
СОУЭ		
Коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги 1 час.	0.9710x0.9958 =0,9669	≥0.8
Общее		
МТТФ	2924 ч.	
Предельное состояние	113488 ч.	
Период технического обслуживания	720 ч.	
Время обнаружения отказа (с применением средств централизованного мониторинга)	0.3 ч.	
Время прибытия ремонтной бригады	4 ч.	

Состав ЗИП:

Наименование	Количество	От общего количества %
ДИП 34А	10	19.6
ИПР 513-ЗАМ	3	50
Молния 12	4	33

Вариант с показателями надежности декларированные производителем

Для увеличения контраста исключим СОУЭ, так как её показатели надежности остались на прежнем уровне и будут смазывать общую картину. Так как все элементы работают во всех режимах не будем учитывать режимы работ.

Применим следующие условия эксплуатации: период технического обслуживания 2 раза в год; контроль технического состояния пожарной автоматики выполняется дежурным персоналом объекта с обнаружения отказа в течении 8 часов; прибытие ремонтной бригады в течении 48 ч.

Model:

ID	PID	OID	Type	Count	SPTA	Prob.	Med.	Dev.	MID	MITR	Label
0			or							31 1.0	::Система
1	0		or							31 1.0	-АУПС
2	1		0,1 element			weibull	1.5e+006	1			С2000-КДЛ
3	1		0,1 element			weibull	1.7e+007	1			С2000-СП1
4	1		0,1 element	2		weibull	5,00E+06	1			С2000-СП2
5	1		0,1 element			weibull	1.2e+006	1			С2000-БКИ
6	1		0,1 element	51		weibull	9.9e+007	1	31 0.1		ДИП-34А
7	1		0,1 element	6		weibull	6.5e+007	1	31 0.1		ИПР-513-ЗАМ
8	1		0,1 element	4		weibull	1,00E+07	1			С2000-АР1
9	1		0,1 element	12	5	weibull	3,00E+04	1	31 0.5		Молния-12
10	1		or							31 0.5	-БИРП
11	10		0,1 element			weibull	40000	1			РИП 12 исп.06
12	10		and								-Питание
13	12		0,1 element			weibull	2,88E+03	1	31 0.5		& 220 В
14	12		0,1 element			normal	35136	17568	31 0.2		& DT1240

MITR - one element.

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			4380 0.8287	1.0000	0.9746	0.9245	0.8157	0.9842	0.9842	0.9842		9764	9864	89640 Система
1	0		4380 0.8287	1.0000	0.9746	0.9245	0.8158	0.9843	0.9843	0.9843		9764	9863	89640 АУПС
2	1		4380 0.9971	1.0000	0.9995	0.9986					1500051			40727335 С2000-КДЛ
3	1		4380 0.9997	1.0000	1.0000	0.9999					17000051			420160253 С2000-СП1
4	1		4380 0.9982	1.0000	0.9997	0.9991					2500051			66583032 С2000-СП2
5	1		4380 0.9964	1.0000	0.9994	0.9982					1200051			32851116 С2000-БКИ
6	1		4380 0.9977	1.0000	0.9996	0.9989	0.9977	1.0000	1.0000	1.0000	1941227	1941228		52195391 ДИП-34А
7	1		4380 0.9996	1.0000	0.9999	0.9998	0.9996	1.0000	1.0000	1.0000	10833384	10833384		272628678 ИПР-513-ЗАМ
8	1		4380 0.9982	1.0000	0.9997	0.9991					2500051			66583032 С2000-АР1
9	1		4380 0.9670	1.0000	1.0000	0.9980	0.9588	0.9915	0.9915	0.9915	12551	12602		114829 Молния-12
10	1		4380 0.8683	1.0000	0.9767	0.9323	0.8642	0.9953	0.9953	0.9953	22017	22064		163984 БИРП
11	10		4380 0.8963	1.0000	0.9822	0.9474					40051			1232020 РИП 12 исп.06
12	10		4380 0.9687	1.0000	0.9945	0.9840					35438			172550 Питание
13	12		4380 0.2186	0.9997	0.7789	0.4725	0.2114	0.9666	0.9670	0.9670	2932	2976		96983 220 В
14	12		4380 0.9600	0.9772	0.9749	0.9697	0.9584	0.9756	0.9984	0.9984	35335	35337		172550 DT1240

Tm - Maintenance period.

Kiaf = Kaf. x P(Tm)

Kiaf(1) = Kaf. x P(1)

Kaf. = Kaf x Kaf(spta).

Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).

MTBF = MTTF+MITR

Tlim - ω(t)=0

Maintenance model:

ID	PID	Name	Period	Detect	MTTA	Syppy	MITR	Cspta	Kaf	SPTA	SPTA%	Limit	Element
0		TO:4380:8:48:360	4380	8	48	100.3			1.0000				Система
1	0	TO:4380:8:48:360	4380	8	48	99.3			1.0000				АУПС
6	1	TO:4380:8:48:360	4380	8	48	360 0.1	0.00						ДИП-34А
7	1	TO:4380:8:48:360	4380	8	48	360	0.00						ИПР-513-ЗАМ
9	1	TO:4380:8:48:360	4380	8	48	360 51.2	0.46	1.0000		5 41.7			3 Молния-12
10	1	TO:4380:8:48:360	4380	8	48	46.9		1.0000					БИРП
13	12	TO:4380:8:48:360	4380	8	48	360 44.1	0.05						220 В
14	12	TO:4380:8:48:360	4380	8	48	360 2.2	0.03						DT1240

Cspta - calculation count SPTA.

Kaf - availability factor SPTA.

Limit - replenishment threshold SPTA

MITR = (MITR(one) x Count + Detect + MTTA) x (1-P(Tm))

Итоговые значения:

Параметр	Значение	Требуемое значение
АУПС		
Коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги 1 час.	0.8158x0.9843 =0.8029	≥0.8
Общее		
Период технического обслуживания	4380 ч.	

Время обнаружения отказа дежурным персоналом	8 ч.	
Время прибытия ремонтной бригады	48 ч.	

Состав ЗИП:

Наименование	Количество	От общего количества %
Молния 12	5	41,7

Представленные примеры показывают, что применение оборудования с показателями надежности выше нормативных позволяет значительно сократить расходы при эксплуатации пожарной автоматики (в нашем случае в шесть раз).

В первом случае для достижения необходимого уровня надежности пришлось организовать ЗИП, применить оборудование централизованного мониторинга при том, что период технического обслуживания составил всего 1 раз в месяц. Так же следует обратить внимание, что общее количество извещателей и оповещателей небольшое, в практике оно может достигать 1000 и более единиц.

Во втором случае применяется оборудование с показателями надежности выше нормативных, в следствии чего период технического обслуживания можно увеличить до 1 раза в полгода, комплект ЗИП содержит только одну позицию, контроль технического состояния осуществляется дежурным персоналом объекта защиты и время прибытия ремонтной бригады увеличилось до 48 ч.

В действительности с данным оборудованием можно организовать техническое обслуживание и 1 раз в год, но в нашем примере источник питания РИП 12 и оповещатель Молния-12 не позволяет это сделать. Приведенный ниже расчет демонстрирует вышесказанное.

Calculation model:																
ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label		
0			8760 0.9125	1.0000	0.9923	0.9778	0.9094	0.9965	0.9965	0.9965		33306	33366	173491 Система		
1	0		8760 0.9125	1.0000	0.9923	0.9778	0.9094	0.9965	0.9965	0.9965		33306	33366	173491 АУПС		
2	1		8760 0.9942	1.0000	0.9995	0.9986					1500099			41730742 С2000-КДЛ		
3	1		8760 0.9995	1.0000	1.0000	0.9999					17000099			431497747 С2000-СП1		
4	1		8760 0.9965	1.0000	0.9997	0.9991					2500099			68263797 С2000-СП2		
5	1		8760 0.9927	1.0000	0.9994	0.9982					1200099			33658722 С2000-БКИ		
6	1		8760 0.9955	1.0000	0.9996	0.9989	0.9955	1.0000	1.0000	1.0000	1941276	1941276		53497752 ДИП-3АА		
7	1		8760 0.9992	1.0000	0.9999	0.9998	0.9992	1.0000	1.0000	1.0000	10833433	10833433		279853348 ИПР-513-ЗАМ		
8	1		8760 0.9965	1.0000	0.9997	0.9991					2500099			68263797 С2000-АР1		
10	1		8760 0.9366	1.0000	0.9945	0.9840	0.9336	0.9968	0.9968	0.9968	35486	35544		173491 БИРП		
12	10		8760 0.9366	1.0000	0.9945	0.9840					35486			173491 Питание		
13	12		8760 0.0478	0.9997	0.7789	0.4725	0.0461	0.9641	0.9645	0.9645	2982	3035		98769 220 В		
14	12		8760 0.9334	0.9772	0.9749	0.9627	0.9318	0.9756	0.9983	0.9983	35382	35386		173491 DT1240		

Tm - Maintenance period.
 Kiaf = Kaf. x P(Tm)
 Kiaf(1) = Kaf. x P(1)
 Kaf. = Kaf x Kaf(septa).
 Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).
 MTBF = MTTF+MTTR
 Tlim - ω(t)=0

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- 2 ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний.
- 3 Приказ МЧС России от 30.06.09 г №382. Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.
- 4 МЧС России от 2.12.2015 г. № 632. Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.
- 5 МДС 21-1.98. Пособие к СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
- 6 МДС 21.3-2001. Пособие к СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
- 7 ГОСТ 27.402-95 Надежность в технике (ССНТ). Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа (на отказ). Часть 1. Экспоненциальное распределение.
- 8 ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения.
- 9 ГОСТ 18322-2016 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
- 10 ГОСТ Р 54101-2010. Средства автоматизации и системы управления. Средства и системы обеспечения безопасности. Техническое обслуживание и текущий ремонт.
- 11 ГОСТ 27.003-2016 Надежность в технике (ССНТ). Состав и общие правила задания требований по надежности.
- 12 ГОСТ 27.507-2015 Надежность в технике (ССНТ). Запасные части, инструменты и принадлежности. Оценка и расчет запасов.
- 13 ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.
- 14 Надежность технических систем. Под редакцией профессора И. А. Ушакова. Справочник. Радио и связь 1985 г.
- 15 ГОСТ Р 54126-2010. Оповещатели охранные. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний
- 16 НПБ 75-98 Приборы приемно-контрольные пожарные. Приборы управления пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний
- 17 Справочник. Надежность электрорадиоизделий. 2014

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ПРОЕКТА АУПС (СПРАВОЧНОЕ)

Техническое задание.

Надежность АУПС и СОУЭ в условиях и режимах эксплуатации должна характеризоваться следующими значениями показателей: коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги в течении 1 часа — не менее 0,8; средняя наработка до отказа в дежурном режиме - не менее 2160 ч; среднее время восстановления на объекте защиты силами и средствами обслуживающей организации включая прибытие ремонтной бригады - не более 120 ч; полный средний срок службы - не менее 10 лет; время прибытия ремонтной бригады с задержкой не более 48 ч.; отсутствие круглосуточного дежурного персонала на объекте защиты;

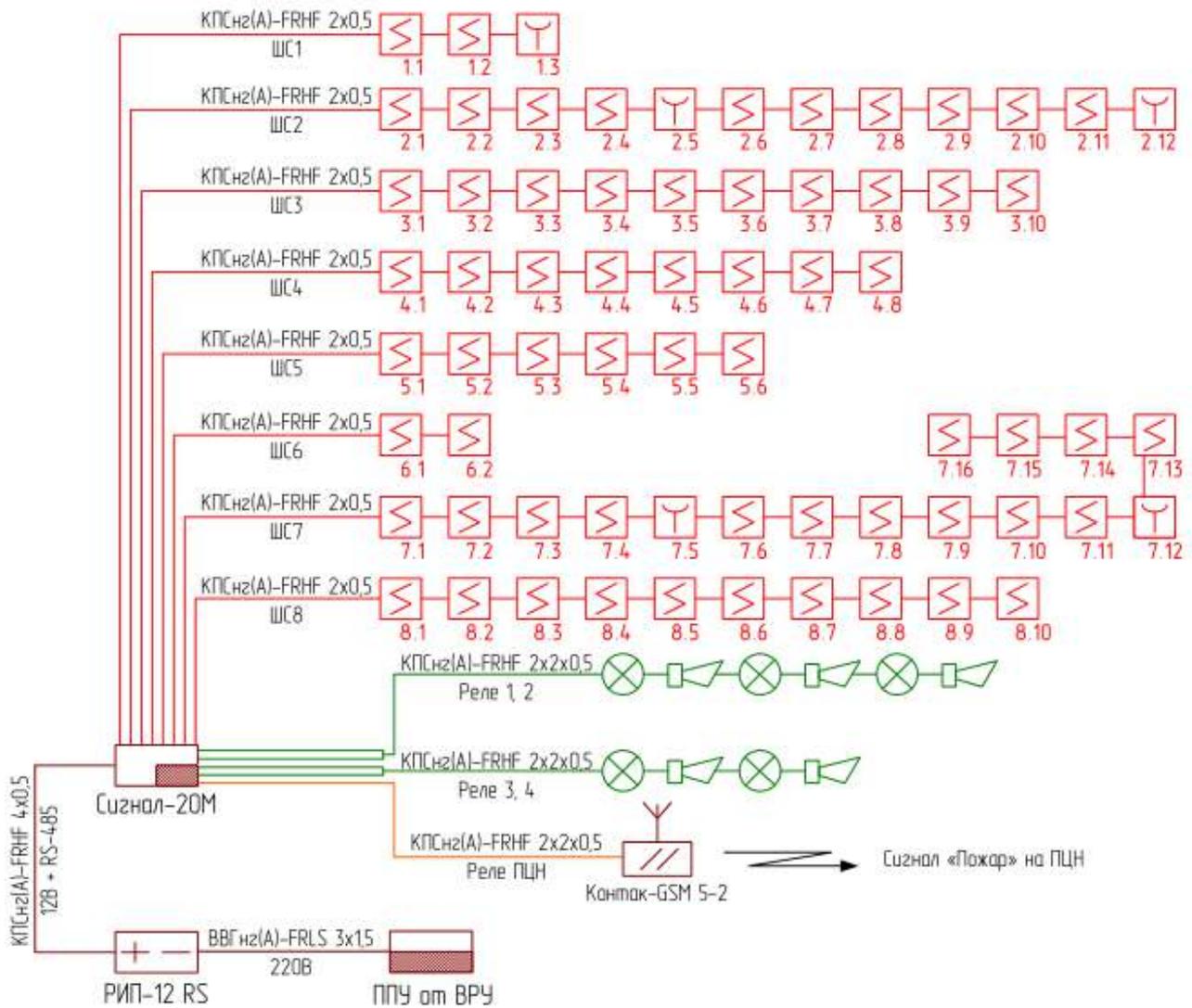
Предельным состоянием АУПС и СОУЭ считать один из случаев: после превышения среднего срока службы средняя наработка до отказа, или коэффициент оперативной готовности не соответствует проектному;

Отказом АУПС и СОУЭ считать один из случаев: восстановление осуществляется при выполнении непланового ремонта путем ремонта или замены отказавшего технического средства; причиной отказа является невыполнение техническим средством АУПС и СОУЭ своих функций.

Соответствие АУПС и СОУЭ требованиям по надежности, установленным в пп, на этапе: проектирования оценивают расчетным методом с использованием данных о надежности комплектующих изделий и статистических данных по «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики» разработанной ООО «Архангельское ППА» г.Архангельск или иным документам; эксплуатации расчетно-экспериментальным методом по «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики» разработанной ООО «Архангельское ППА» г.Архангельск, или иным документам используя следующие исходные данные для планирования испытаний: Значение приемочного уровня R_a - расчетное значение наработки до отказа в дежурном режиме не ниже 2160 ч, коэффициент R_a/R_b - 1.5; риск поставщика a — 0.2; риск заказчика b - 0.2.

Исходные данные:

Структурная схема и спецификация пожарной автоматики объекта защиты.



№ п/п	Наименование, техническая характеристика оборудования и материалов	Тип, марка обозначение документа	Завод-изготовитель	Ед. изм.	Кол-во	Примечание
1	Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный	Сигнал-20М	НВП Болид	шт.	1	
2	Источник питания резервированный	РИП-12 RS	НВП Болид	шт.	1	
3	Контрольная панель GSM	Контакт GSM 5-2	Ритм	шт.	1	
4	Аккумулятор	12 В, 17 *Ач	SF	шт.	1	
5	Аккумулятор	12 В, 7 *Ач	SF	шт.	1	
6	Извещатель пожарный дымовой	ИП 212-189	Элемент	шт.	63	
7	Извещатель пожарный ручной	ИПР 513-10	Рубеж	шт.	2	
8	Извещатель пожарный ручной	ИПР-3СУ	Ирсэт	шт.	3	
9	Оповещатель звуковой	АС-10	Санком	шт.	5	
10	Оповещатель световой "ВЫХОД"	Молния-12 "Выход"	Арсенал безопасности	шт.	5	
11	Оповещатель звуковой	Маяк-12-3М	Электротехника и Автоматика	шт.	10	
12	Кабель-каналы серии 'Экопласт'	25x16	Промрукав	м.	20	
13	Труба гофрированная диаметром 20 мм с протяжкой	∅.16	Промрукав	м.	120	
14	Кабель огнестойкий	КПСн2(A)-FRHF 1x2x0,5	Технокабель-НН	м.	140	
15	Кабель огнестойкий	КПСн2(A)-FRHF 2x2x0,5	Технокабель-НН	м.	70	
16	Кабель огнестойкий силовой	ВВГн2(A)-FRLS 3x1,5	Технокабель-НН	м.	20	

Требования надежности

Требуемые значения показателей надежности и условия их достижения.

В соответствии с техническим заданием надежность АУПС и СОУЭ в условиях и режимах эксплуатации должна характеризоваться следующими значениями показателей: средняя наработка до отказа - не менее 2160 ч; коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги в течении 1 часа - не менее 0,8; среднее время восстановления на объекте защиты силами и средствами обслуживающей организации включая прибытия ремонтной бригады - не более 120 ч; отсутствие на объекте защиты дежурного персонала; полный средний срок службы - не менее 10 лет; время пребывания ремонтной бригады - не более 48 ч.

Метод оценки и контроля надежности.

Оценка показателей надежности выполняется аналитическим путем на основе математической модели, с помощью теории надежности и применением программного обеспечения Reliab разработанного ООО «Архангельское ППА» (далее - ПО). При расчете используются документы ГОСТы серии 27 «Надежность в технике», «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики» разработанной ООО «Архангельское ППА» (далее - Методика).

Контроль показателей надежности выполняется статистическим методом последовательного контроля Вальда, с применением ПО. При контроле используются документы ГОСТы серии 27 «Надежность в технике», Методика. Исходные данные для построение плана контроля исходя из технических условий: приемочный уровень R_a : 2160, коэффициент R_a/R_b : 1.5; риск поставщика a : 0.2; риск заказчика b : 0.2. Приемочный уровень R_a принимается по расчетному проектному значению средней наработки до отказа в дежурной режиме.

Критерии отказа и режимы работ.

Отказом считать невыполнение своих функций техническим средством, восстановление которого осуществляется в рамках внепланового ремонта путем замены или ремонтом.

Восстановление технических средств осуществляется в рамках системы технического обслуживания, за исключением невозстановливаемых, а именно: Сигнал 20; РИП 12 RS; Контакт 5-2, кабельных линий, каналов связи и электроснабжения.

В модели оценки надежности рассматривается два режима работы: дежурный и тревожный режим. В дежурном режиме работают все элементы, за исключением звуковых оповещателей АС 10 и Маяк-12-3М, которые работают только в тревожном режиме.

Длительность работы в дежурном режиме круглосуточно. В тревожном режиме на время, необходимое для полной эвакуации людей в безопасную зону, принимается 1 час.

Структурная схема оценки надежности.

Схема представлена в текстовом виде построенной в ПО. Показатели надежности технических средств определены исходя из документации заводов изготовителей, ГОСТ Р 53325-2012, Методики.

Operations:

OID Label
0 Дежурный режим
1 Тревога

Model:

ID	PID	OID	Type	Count	SPTA	Prob.	Med.	Dev.	MID	MTTR	Label
0			or							6 1.0	::Система
1	0	0,1	element			weibull	40000		1		Сигнал 20
2	0		or							6 0.5	:БИРП
3	2	0,1	element			weibull	40000		1		РИП 12 RS
4	2		and								:Питание
5	4	0,1	element			weibull	2881		1	6 0.5	& 220 В
6	4	0,1	element			normal	35136	17568		6 0.2	& Акб
7	0	0,1	element	63		9 weibull	60000		1	6 0.1	ИП 212-189
8	0	0,1	element	2		2 weibull	60000		1	6 0.1	ИПР 513-10
9	0	0,1	element	3		2 weibull	60000		1	6 0.1	ИПР ЗСУ
10	0	1	element	5		3 weibull	30000		1	6 0.1	АС 10
11	0	0,1	element	5		2 weibull	30000		1	6 0.1	Молния 12 ВЫХОД
12	0	1	element	10		4 weibull	30000		1	6 0.1	Маяк-12-3М
13	0		or							6 0.5	:СПИ
14	13	0,1	element			weibull	40000		1		Контакт 5-2
15	13		and								:Питание
16	15	0,1	element			weibull	2881		1	6 0.5	& 220 В
17	15	0,1	element			normal	35136	17568		6 0.2	& Акб
18	0	0,1	element	230		weibull	2.12766		1		Кабель

MTTR - one element.

Оценка надежности.

Принимается следующее обозначение схемы технического обслуживания, эксплуатации: ТО:ПЕР:ОБН:ПРИБ:ПОП; где: ПЕР: период технического обслуживания (ч); ОБН: время обнаружения, подачи заявки на устранение отказа (ч); ПРИБ: время прибытия ремонтной бригады (ч); ПОП: время пополнения ремонтного комплекта техническими средствами.

В дежурном режиме:

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8603	0.9998	0.8603	0.6134	0.8333	0.9685	0.9686	0.9689	3458	3521	33559	Система
1	0		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		1012179	Сигнал 20
2	0		720 0.9767	1.0000	0.9767	0.9323	0.9740	0.9972	0.9972	0.9972	21966	21979	150389	БИРП
3	2		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		1012179	РИП 12 RS
4	2		720 0.9945	1.0000	0.9945	0.9840					35387		158888	Питание
5	4		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7632	0.9795	0.9799	0.9799	2881	2892	80505	220 В
6	4		720 0.9749	0.9772	0.9749	0.9697	0.9736	0.9759	0.9986	0.9986	35285	35287	158888	Акб
7	0		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9994	0.9911	0.9911	0.9911	0.9911	8572	8600	47346	ИП 212-189
8	0		720 0.9997	1.0000	0.9997	0.9975	0.9989	0.9992	0.9992	0.9992	60000	60001	868791	ИПР 513-10
9	0		720 0.9994	1.0000	0.9994	0.9946	0.9981	0.9987	0.9987	0.9988	40000	40002	587611	ИПР ЗСУ
11	0		720 0.9934	1.0000	0.9934	0.9488	0.9887	0.9953	0.9953	0.9955	12000	12006	183761	Молния 12 ВЫХОД
13	0		720 0.9767	1.0000	0.9767	0.9323	0.9740	0.9972	0.9972	0.9972	21966	21979	150389	СПИ
14	13		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		1012179	Контакт 5-2
15	13		720 0.9945	1.0000	0.9945	0.9840					35387		158888	Питание
16	15		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7632	0.9795	0.9799	0.9799	2881	2892	80505	220 В
17	15		720 0.9749	0.9772	0.9749	0.9697	0.9736	0.9759	0.9986	0.9986	35285	35287	158888	Акб
18	0		720 0.9251	0.9999	0.9251	0.7918					9251		247683	Кабель

Tm - Maintenance period.

Kiaf = Kaf. x P(Tm)

Kiaf(1) = Kaf. x P(1)

Kaf. = Kaf x Kaf(spta).

Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).

MTBF = MTTF+MTTR

Tlim - ?(t)=0

Maintenance model:

ID	PID	Name	Period	Detect	MTTA	Supply	MTTR	Cspta	Kaf	SPTA	SPTA%	Limit	Element
0		TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48		62.7		0.9998				Система
2		0 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48		12.5		1.0000				БИРП
5		4 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	360 10.8	0.01						220 В
6		4 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	360 1.2	0.01						Акб
7		0 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	360 28.3	1.11	1.0000		9 14.3		5	ИП 212-189
8		0 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	360 1.2	0.00	1.0000		2 100.0		1	ИПР 513-10
9		0 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	360 1.7	0.00	1.0000		2 66.7		1	ИПР ЗСУ
11		0 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	360 5.5	0.02	0.9998		2 40.0		1	Молния 12 ВЫХОД
13		0 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	12.5		1.0000					СПИ
16		15 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	360 10.8	0.01						220 В
17		15 TO:720:0.3:48:360		720 0.333	48	360 1.2	0.01						Акб

Cspta - calculation count SPTA.

Kaf - availability factor SPTA.

Limit - replenishment threshold SPTA

MTTR = (MTTR(one) x Count + Detect + MTTA) x (1-P(Tm))

В тревожном режиме:

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8599	0.9998	0.8599	0.6059	0.8272	0.9618	0.9620	0.9623	3244	3323	28621	Система
1	0		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		1004618	Сигнал 20
2	0		720 0.9767	1.0000	0.9767	0.9323	0.9740	0.9972	0.9972	0.9972	21966	21979	149927	БИРП
3	2		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		1004618	РИП 12 RS
4	2		720 0.9945	1.0000	0.9945	0.9840					35387		158426	Питание
5	4		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7632	0.9795	0.9799	0.9799	2881	2892	79950	220 В
6	4		720 0.9749	0.9772	0.9749	0.9697	0.9736	0.9759	0.9986	0.9986	35285	35287	158426	Акб
7	0		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9994	0.9911	0.9911	0.9911	0.9911	8572	8600	47119	ИП 212-189
8	0		720 0.9997	1.0000	0.9997	0.9975	0.9989	0.9992	0.9992	0.9992	60000	60001	862873	ИПР 513-10
9	0		720 0.9994	1.0000	0.9994	0.9946	0.9981	0.9987	0.9987	0.9988	40000	40002	583675	ИПР ЗСУ
10	0		720 0.9997	1.0000	0.9997	0.9940	0.9967	0.9970	0.9970	0.9970	18000	18006	200008	АС 10
11	0		720 0.9934	1.0000	0.9934	0.9488	0.9887	0.9953	0.9953	0.9955	12000	12006	182608	Молния 12 ВЫХОД
12	0		720 0.9999	1.0000	0.9999	0.9937	0.9949	0.9950	0.9950	0.9951	12000	12011	110199	Маяк-12-3М
13	0		720 0.9767	1.0000	0.9767	0.9323	0.9740	0.9972	0.9972	0.9972	21966	21979	149927	СПИ
14	13		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		1004618	Контакт 5-2
15	13		720 0.9945	1.0000	0.9945	0.9840					35387		158426	Питание
16	15		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7632	0.9795	0.9799	0.9799	2881	2892	79950	220 В
17	15		720 0.9749	0.9772	0.9749	0.9697	0.9736	0.9759	0.9986	0.9986	35285	35287	158426	Акб
18	0		720 0.9251	0.9999	0.9251	0.7918					9251		245884	Кабель

Расчет предельного состояния:

В расчете учитываются только невозстанавливаемые технические средства.

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8765	0.9998	0.8765	0.6733	0.8685	0.9907	0.9909	0.9909	5462	5464	145358	Система
1	0		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		984901	Сигнал 20
2	0		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474	0.9810	0.9988	0.9988	0.9988	40000	40001	984901	БИРП
3	2		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		984901	РИП 12 RS
13	0		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474	0.9810	0.9988	0.9988	0.9988	40000	40001	984901	СПИ
14	13		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40000		984901	Контакт 5-2
18	0		720 0.9251	0.9999	0.9251	0.7918					9251		241357	Кабель

Результативные значения.

Надежности:

Параметр	Расчетное значение	Требуемое значение
Коэффициент оперативной готовности в течении 720 ч (дежурный режим)	0.8333	-
Коэффициент оперативной готовности в течении 1 ч тревоги*	$0.9618 \cdot 0.8333 = 0.8014$	≥ 0.8
Средняя наработка до отказа (MTTF) (дежурный режим)	3458 ч.	≥ 2160 ч.
Средняя наработка между отказами (MTBF) (дежурный режим)	3521 ч.	-
Среднее время восстановления (MTTR) (дежурный режим)	62.7 ч.	≤ 120 ч.
Предельное состояние по наработке	145358 ч (16 л.)	≥ 87600 ч (10 л.)

* в расчет принят режим тревоги в момент с наибольшей вероятностью отказа, т.е. в конце интервала технического обслуживания.

Система технического обслуживания:

Параметр	Расчетное значение	Требуемое значение
Период технического обслуживания	720 ч.	-
Среднее время прибытия ремонтной бригады (МТТА)	48 ч.	≤ 48 ч.
Среднее время обнаружения отказа*	0.3 ч.	-
Среднее время восстановления (MTTR)	62.7 ч.	≤ 120 ч.

* с применением средств централизованного мониторинга, без участия дежурного персонала на объекте защиты.

Система ЗИП (SPTA):

Параметр	Значение	Требуемое значение
Вид	Одиночный комплект, место хранения на объекте защиты и (или) обслуживающей	-

	организации*.	
Стратегия пополнения	Непрерывное пополнение по уровню запаса.	-
Время пополнения (поставки)	≤ 360 ч.	-
Коэффициент готовности	0.9998	-

* при условии сохранения состава ЗИП, времени пополнения и среднего времени восстановления.

Состав ЗИП:

Наименование элемента	Количество (Шт)	От общего количества %	Порог пополнения (Шт)
ИП 212-189	9	14.3	5
ИПР 513-10	2	100	1
ИПР ЗСУ	2	66.7	1
Молния 12 Выход	2	40.0	1

Условия эксплуатации:

Параметр	Значение	Требуемое значение
Средний срок службы*	принимаем 12 лет	≥10 лет.
Период полной проверки всех элементов**	3458 ч., принимаем 1 раз в квартал.	
Период освидетельствования на возможность дальнейшей эксплуатации***	33559 ч, принимаем 1 раз в 4 года.	
Замена аккумуляторных батарей****	35285 ч, принимается 1 раз в 4 года, или в случае снижения емкости ниже 80%.	7 а*ч/30 мОм 17 а*ч/17 мОм
Контроль технического состояния	Круглосуточно, без участия дежурного персонала на объекте защиты, с временем обнаружения не более 0,3 ч и применением средств централизованного мониторинга.	Без участия дежурного персонала на объекте защиты.

* см. предельное состояние по наработке невосстанавливаемых элементов.

** см. средняя наработка до отказа. Выполняется в рамках системы технического обслуживания.

*** см. предельное состояние в дежурном режиме. Выполняется коллегиально, с созданием комиссии в компетенцию которой входит принятие решения о завершении или продлении дальнейшей эксплуатации.

**** см. средняя наработка до отказа аккумулятора. В обязательном порядке при выполнении работ технического обслуживания измеряется емкость аккумулятора или его внутреннее сопротивление.

Вывод:

Техническое решение принятое в проекте соответствует техническим условиям обеспечения надежности.

ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ

Требования надежности

Целью испытаний является подтверждение показателей надежности смонтированной пожарной автоматики проектным значениям. В процессе испытаний выполняются все мероприятия и работы технического содержания предусмотренные настоящим проектом, нормативными положениями, документацией заводов-изготовителей.

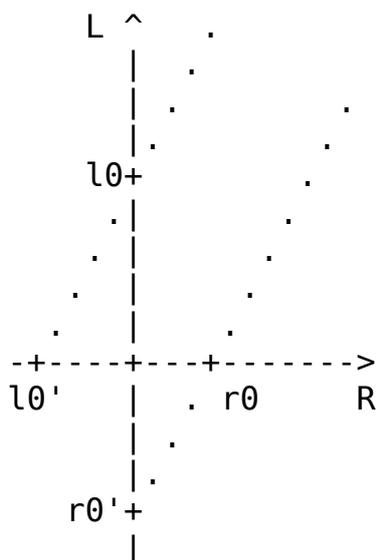
Испытания выполняются в момент ввода в эксплуатацию пожарной автоматики. Повторные испытания производятся при освидетельствовании на вопрос дальнейшей эксплуатации. Для испытаний создается комиссия в состав которой входит председательствующий представитель заказчика, представитель обслуживающей организации, представитель авторского надзора и иные лица, определенные заказчиком. Членам комиссии предоставляется акт ранее проводимых испытаний хранимый у заказчика. В случае, если по предыдущему испытанию был отрицательный результат, предоставляется документация с внесенными изменениями корректировок технического решения, условий эксплуатации, изменений системы технического обслуживания и т. п. По результатам испытаний составляется акт испытаний.

В ходе испытаний фиксируется: время обнаружения отказа; время (задержку) подачи заявки на ремонт в обслуживающую организацию; время начала и время завершения ремонтных работ после отказа, или длительность их проведения; количество и наименование изъятых и пополненных элементов ЗИП, время пополнения (поставки); причину отказа. При этом не учитывают отказы: зависящие, возникшие одновременно с независимыми; вызванные воздействием внешних факторов, не предусмотренные техническим заданием и проектом; вызванные нарушением обслуживающим персоналом инструкций по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту.

В ходе испытаний отказавший элемент ремонтируется или заменяется, событие фиксируется и испытания продолжаются. Отказом АУПС и СОУЭ считать один из случаев: восстановление осуществляется при выполнении непланового ремонта путем ремонта или замены отказавшего технического средства; причиной отказа является невыполнение техническим средством АУПС и СОУЭ своих функций.

Началом испытаний считать момент окончания работ первого технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта, при этом пожарная автоматика должна находиться в исправном, дежурном состоянии. Персонал должен пройти обучение и иметь навыки работы с пожарной автоматикой во всех режимах, одиночный комплект ЗИП должен быть укомплектован, на рабочем месте должен находиться весь комплект эксплуатационной документации. Ремонтный персонал обслуживающей организации должен изучить настоящий проект, документацию заводов-изготовителей и иметь необходимую квалификацию.

Для проверки средней наработки до отказа в дежурной режиме расчетного проектного значения 3458 ч. строится график последовательного контроля с параметрами:



l0 - линия браковки
r0 - линия приемки

R α /R β 1.5
 α 0.2
 β 0.2
a 1.23315 (angle tangent)
l0 3.41902 (l0'-2.77259)
r0 2.77259 (r0'-3.41902)
Rmin* 8.79862

*минимальная наработка для принятия решения, определяется как отношение к средней наработке до отказа.

По оси R откладывают отношение наработки к проектному показателю средней наработке до отказа, по оси L откладывают суммарное количество событий отказов. При выходе графика за линию браковки принимается решение о несоответствии средней наработки до отказа техническим условиям, проекту. При выходе графика за линию приемки принимается решение о соответствии средней наработки до отказа техническим условиям, проекту. Момент пересечения границы зоны приемки не позволяет сразу принять решение о результате испытаний, а требует продолжения наблюдений по крайней мере до следующего отказа.

В случае прохождения испытаний последовательного контроля заносятся следующие значения на основе статистических данных:

Параметр	Статистические данные	Требуемое значение
Период технического обслуживания		≤720 ч.
Среднее время прибытия ремонтной бригады (МТТА)		≤48 ч.
Среднее время восстановления (МТТР) (дежурный режим)		≤62.7 ч.

Среднее время обнаружения отказа*		≤0.3 ч.
Среднее время пополнения ЗИП		≤360 ч.

* с помощью средств централизованного мониторинга, принимается время задержки передачи сигнала об отказе и заявки в обслуживающую организацию.

Решение о соответствии или несоответствии надежности установленным требованиям принимают на основе решений, принятых по отдельным показателям надежности. Решение о соответствии принимают при положительных решениях по всем показателям надежности, решение о несоответствии - при наличии хотя бы одного отрицательного решения. При отрицательном результате комиссией принимается решение о возможности корректировки проектного решения с проведением повторной проверки, или о несоответствии надежности пожарной автоматики установленным требованиям.

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ПРОЕКТА АУПТ (СПРАВОЧНОЕ)

Техническое задание.

Надежность:

АУПТ в условиях и режимах эксплуатации должна характеризоваться следующими значениями показателей: коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги в течении 1 часа — не менее 0,9; средняя наработка до отказа в дежурном режиме - не менее 2160 ч; среднее время восстановления на объекте защиты силами и средствами обслуживающей организации включая прибытие ремонтной бригады - не более 120 ч; полный средний срок службы - не менее 10 лет; время прибытия ремонтной бригады с задержкой не более 4 ч.; пребывание дежурного персонала на объекте защиты с обнаружением отказа и передачи заявки в обслуживающую организацию не позднее 4 ч;

- АУПС и СОУЭ в условиях и режимах эксплуатации должна характеризоваться следующими значениями показателей: коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги в течении 1 часа — не менее 0,8; средняя наработка до отказа - не менее 2160 ч; среднее время восстановления на объекте защиты силами и средствами обслуживающей организации включая прибытие ремонтной бригады - не более 120 ч; полный средний срок службы - не менее 10 лет; время прибытия ремонтной бригады с задержкой не более 4 ч.; пребывание дежурного персонала на объекте защиты с обнаружением отказа и передачи заявки в обслуживающую организацию не позднее 4 ч;

Предельным состоянием АУПТ, АУПС, СОУЭ считать один из случаев: после превышения среднего срока службы средняя наработка до отказа, или коэффициент оперативной готовности не соответствует проектному;

Отказом АУПТ, АУПС, СОУЭ считать один из случаев: восстановление осуществляется при выполнении непланового ремонта путем ремонта или замены отказавшего технического средства; причиной отказа является невыполнение техническим средством АУПТ, АУПС, СОУЭ своих функций.

Соответствие АУПТ, АУПС, СОУЭ требованиям по надежности, установленным в пп, на этапе проектирования оценивают расчетным методом с

использованием данных о надежности комплектующих изделий и статистических данных по «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики» разработанной ООО «Архангельское ППА» г.Архангельск или иным документам; эксплуатации расчетно-экспериментальным методом по «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики» разработанной ООО «Архангельское ППА» г.Архангельск, или иным документам используя следующие исходные данные для планирования испытаний: Значение приемочного уровня R_a - расчетное значение наработки до отказа в дежурном режиме не ниже 2160 ч, коэффициент R_a/R_b - 1.5; риск поставщика a — 0.2; риск заказчика b - 0.2.

Требования надежности

Требуемые значения показателей надежности и условия их достижения.

В соответствии с техническим заданием надежность АУПТ в условиях и режимах эксплуатации должна характеризоваться следующими значениями показателей: коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги в течении 1 часа — не менее 0,9; средняя наработка до отказа в дежурном режиме - не менее 2160 ч; среднее время восстановления на объекте защиты силами и средствами обслуживающей организации включая прибытие ремонтной бригады - не более 120 ч; полный средний срок службы - не менее 10 лет; время прибытия ремонтной бригады с задержкой не более 4 ч.; пребывание дежурного персонала на объекте защиты с обнаружением отказа и передачи заявки в обслуживающую организацию не позднее 4 ч. Надежность АУПС и СОУЭ в условиях и режимах эксплуатации должна характеризоваться следующими значениями показателей: коэффициент оперативной готовности выполнения функций в режиме тревоги в течении 1 часа — не менее 0,8; средняя наработка до отказа - не менее 2160 ч; среднее время восстановления на объекте защиты силами и средствами обслуживающей организации включая прибытие ремонтной бригады - не более 120 ч; полный средний срок службы - не менее 10 лет; время прибытия ремонтной бригады с задержкой не более 4 ч.; пребывание дежурного персонала на объекте защиты с обнаружением отказа и передачи заявки в обслуживающую организацию не позднее 4 ч;

Метод оценки и контроля надежности.

Оценка показателей надежности выполняется аналитическим путем на основе математической модели, с помощью теории надежности и применением программного обеспечения Reliab разработанного ООО «Архангельское ППА» (далее - ПО). При расчете используются документы ГОСТы серии 27 «Надежность в технике», «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики» разработанной ООО «Архангельское ППА» (далее - Методика).

Контроль показателей надежности выполняется статистическим методом последовательного контроля Вальда, с применением ПО. При контроле используются документы ГОСТы серии 27 «Надежность в технике», Методика. Исходные данные для построение плана контроля исходя из технический условий: приемочный уровень R_a : 2160, коэффициент R_a/R_b : 1.5; риск поставщика a :0.2; риск заказчика b : 0.2. Приемочный уровень R_a принимается по расчетному проектному значению средней наработки до отказа в дежурной режиме.

Критерии отказа и режимы работ.

Отказом считать невыполнение своих функций техническим средством, восстановление которого осуществляется в рамках внепланового ремонта путем замены или ремонтом.

Восстановление технических средств осуществляется в рамках

системы технического обслуживания, за исключением невосстанавливаемых, а именно: С2000-АСПТ; С2000-ПТ; Сигнал 20; С2000-СП1; С2000-КПБ; РИП-12; кабельных линий; каналов связи и электроснабжения.

В модели оценки надежности рассматривается два режима работы: дежурный и тревожный режим. В дежурном режиме работают все элементы, за исключением: АГС-8/2; Маяк-24-ЗМ.

Длительность работы в дежурном режиме круглосуточно. В тревожном режиме на время, необходимое для тушения и полной эвакуации людей в безопасную зону, принимается 1 час.

Структурная схема оценки надежности.

Схема представлена в текстовом виде построенной в ПО. Показатели надежности технических средств определены исходя из документации заводов изготовителей, ГОСТ Р 53325-2012, Методики.

Model:

ID	PID	OID	Type	Count	SPTA	Prob.	Med.	Dev.	MID	MTTR	Label
0			or							10.1	::Система
1	0		or							10.1	:АУПТ
2	1		or	2							:С2000АСПТ
3	2	0,1 element				weibull	40000	1			С2000-АСПТ вер. 3.51
4	2		and								:Питание
5	4	0,1 element				weibull	2881	1	10.5		& 220 В
6	4	0,1 element		2		normal	26352	8784	10.1		& Акб 12 * 45 а*ч DTM 12045
7	1	0,1 element		2		weibull	40000	1			С2000-ПТ вер. 2.50
8	1	0,1 element		12	5	weibull	40000	1	10.1		С2000-КПБ вер. 3.02
9	1	0,1 element		103	12	weibull	40000	1	10.1		МПН
10	1	1 element		70	12	weibull	30000	1	10.1		АГС-8/2
11	1	0,1 element		18	6	weibull	30000	1	10.1		Молния-24 СН
12	1	1 element		9	3	weibull	30000	1	10.1		Маяк-24-ЗМ
13	1	0,1 element		6	3	weibull	40000	1	10.1		ЭДУ 513-ЗМ ДП
14	0		or							10.1	:АУПС
15	14	0 element		3	3	weibull	40000	1			Сигнал 20
16	14	0,1 element				weibull	40000	1			С2000-СП1 вер. 3.50
17	14	0,1 element				weibull	40000	1			С2000-КПБ вер. 3.02
18	14	0,1 element		296	30	weibull	60000	1	10.1		ИП 212-189
19	14	0,1 element		326	30	weibull	60000	1	10.1		ИП 101-ЗА-А3R
20	14		or							10.1	:БИРП 12 40а*ч
21	20	0,1 element				weibull	40000	1			РИП-12 исп.54
22	20		and								:Питание
23	22	0,1 element				weibull	2881	1	10.5		& 220 В
24	22	0,1 element		2		normal	26352	8784	10.1		& Акб 12 * 7 а*ч DTM 1240
25	14		or							10.1	:БИРП 12 20а*ч
26	25	0,1 element				weibull	40000	1			РИП-12 исп.54
27	25		and								:Питание
28	27	0,1 element				weibull	2881	1	10.5		& 220 В
29	27	0,1 element		2		normal	26352	8784	10.1		& Акб 12 * 26 а*ч DTM 1226

MTTR - one element.

Оценка надежности.

Принимается следующее обозначение схемы технического обслуживания, эксплуатации: ТО:ПЕР:ОБН:ПРИБ:ПОП; где: ПЕР: период технического обслуживания (ч); ОБН: время обнаружения, подачи заявки на устранение отказа (ч); ПРИБ: время прибытия ремонтной бригады (ч); ПОП: время пополнения ремонтного комплекта техническими средствами.

В дежурном режиме:

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8177	0.9997	0.8177	0.5349	0.7803	0.9540	0.9543	0.9555	2408	2512	10709	Система
1	0		720 0.9289	0.9999	0.9289	0.7855	0.9197	0.9900	0.9901	0.9911	3527	3550	18802	АУПТ
2	1		720 0.9631	0.9999	0.9631	0.8921					11228		53595	С2000АСПТ
3	2		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1050822	С2000-АСПТ вер. 3.51
4	2		720 0.9992	1.0000	0.9992	0.9969					21441		83326	Питание
5	4		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7762	0.9962	0.9965	0.9965	2882	2884	83326	220 В
6	4		720 0.9965	0.9973	0.9965	0.9941	0.9961	0.9969	0.9996	0.9996	21403	21403	70297	Акб 12 * 45 а*ч ДТМ 12045
7	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20001		539413	С2000-ПТ вер. 2.50
8	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	16667	16669	134615	С2000-КПБ вер. 3.02
9	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9881	0.9941	0.9941	0.9941	0.9950	4661	4676	22567	МПН
11	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9978	0.9988	0.9988	0.9988	0.9989	10001	10004	72593	Молния-24 СН
13	1		720 0.9998	1.0000	0.9998	0.9955	0.9994	0.9995	0.9995	0.9996	20001	20001	229764	ЭДУ 513-3М ДП
14	0		720 0.8802	0.9998	0.8802	0.6810	0.8574	0.9738	0.9740	0.9743	3350	3430	12555	АУПС
15	14		720 0.9474	0.9999	0.9474	0.8504					13334		365086	Сигнал 20
16	14		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1050822	С2000-СПИ вер. 3.50
17	14		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1050822	С2000-КПБ вер. 3.02
18	14		720 1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9926	0.9926	0.9926	0.9927	6082	6118	18498	ИП 212-189
19	14		720 1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9912	0.9912	0.9912	0.9914	5522	5562	16828	ИП 101-3А-А3R
20	14		720 0.9814	1.0000	0.9814	0.9445	0.9808	0.9994	0.9994	0.9994	16218	16220	77715	БИРП 12 40а*ч
21	20		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1050822	РИП-12 исп.54
22	20		720 0.9992	1.0000	0.9992	0.9969					21441		83326	Питание
23	22		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7762	0.9962	0.9966	0.9966	2882	2883	83326	220 В
24	22		720 0.9965	0.9973	0.9965	0.9941	0.9961	0.9969	0.9996	0.9996	21403	21403	70297	Акб 12 * 7 а*ч ДТМ 1240
25	14		720 0.9814	1.0000	0.9814	0.9445	0.9808	0.9994	0.9994	0.9994	16218	16220	77715	БИРП 12 20а*ч
26	25		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1050822	РИП-12 исп.54
27	25		720 0.9992	1.0000	0.9992	0.9969					21441		83326	Питание
28	27		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7762	0.9962	0.9966	0.9966	2882	2883	83326	220 В
29	27		720 0.9965	0.9973	0.9965	0.9941	0.9961	0.9969	0.9996	0.9996	21403	21403	70297	Акб 12 * 26 а*ч ДТМ 1226

Tm - Maintenance period.

Kiaf = Kaf. x P(Tm)

Kiaf(1) = Kaf. x P(1)

Kaf. = Kaf x Kaf(spta).

Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).

MTBF = MTTF+MTTR

Tlim - ω(t)=0

Maintenance model:

ID	PID	Name	Period	Detect	MTTA	Sypply	MTTR	Cspta	Kaf	SPTA	SPTA%	Limit	Element
0		TO:720:4	720	4	4		104.2		0.9987				Система
1		0TO:720:4	720	4	4		23.7		0.9990				АУПТ
5		4TO:720:4	720	4	4	360	2.0	0.02					220 В
6		4TO:720:4	720	4	4	360		0.05					Акб 12 * 45 а*ч ДТМ 12045
8		1TO:720:4	720	4	4	360	1.8	0.07	1.0000		5 41.7		3 С2000-КПБ вер. 3.02
9		1TO:720:4	720	4	4	360	15.4	3.80	0.9991		12 11.7		6 МПН
11		1TO:720:4	720	4	4	360	3.4	0.21	0.9999		6 33.3		3 Молния-24 СН
13		1TO:720:4	720	4	4	360	0.9	0.02	1.0000		3 50.0		2 ЭДУ 513-3М ДП
14		0TO:720:4	720	4	4		80.4		0.9997				АУПС
18		14TO:720:4	720	4	4	360	36.5	13.32	0.9999		30 10.1		15 ИП 212-189
19		14TO:720:4	720	4	4	360	39.8	16.13	0.9998		30 9.2		15 ИП 101-3А-А3R
20		14TO:720:4	720	4	4		2.0		1.0000				БИРП 12 40а*ч
23		22TO:720:4	720	4	4	360	1.9	0.01					220 В
24		22TO:720:4	720	4	4	360		0.02					Акб 12 * 7 а*ч ДТМ 1240
25		14TO:720:4	720	4	4		2.0		1.0000				БИРП 12 20а*ч
28		27TO:720:4	720	4	4	360	1.9	0.01					220 В
29		27TO:720:4	720	4	4	360		0.02					Акб 12 * 26 а*ч ДТМ 1226

Cspta - calculation count SPTA.

Kaf - availability factor SPTA.

Limit - replenishment threshold SPTA

MTTR = (MTTR(one) x Count + Detect + MTTA) x (1-P(Tm))

В тревожном режиме:

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8618	0.9998	0.8618	0.6078	0.8196	0.9508	0.9510	0.9529		2550	2668	9945 Система
1	0		720 0.9276	0.9999	0.9276	0.7590	0.9126	0.9838	0.9839	0.9856		3115	3153	14045 АУПТ
2	1		720 0.9631	0.9999	0.9631	0.8921						11228		53595 С2000АСПТ
3	2		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40001		1050822 С2000-АСПТ вер. 3.51
4	2		720 0.9992	1.0000	0.9992	0.9969						21441		83326 Питание
5	4		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7762	0.9962	0.9965	0.9965		2882	2884	83326 220 В
6	4		720 0.9965	0.9973	0.9965	0.9941	0.9961	0.9969	0.9996	0.9996		21403	21403	70297 Акб 12 * 45 а*ч ДТМ 12045
7	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976						20001		539413 С2000-ПТ вер. 2.50
8	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994		16667	16669	134615 С2000-КПБ вер. 3.02
9	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9881	0.9941	0.9941	0.9941	0.9950		4661	4676	22567 МПН
10	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9942	0.9955	0.9955	0.9955	0.9961		5143	5156	24876 АГС-8/2
11	1		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9978	0.9988	0.9988	0.9988	0.9989		10001	10004	72593 Молния-24 СН
12	1		720 0.9986	1.0000	0.9986	0.9719	0.9975	0.9989	0.9989	0.9990		10001	10002	117294 Маяк-24-3М
13	1		720 0.9998	1.0000	0.9998	0.9955	0.9994	0.9995	0.9995	0.9996		20001	20001	229764 ЭДУ 513-3М ДП
14	0		720 0.9291	0.9999	0.9291	0.8007	0.9086	0.9779	0.9780	0.9783		3979	4059	12716 АУПС
16	14		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40001		1050822 С2000-СП1 вер. 3.50
17	14		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40001		1050822 С2000-КПБ вер. 3.02
18	14		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9926	0.9926	0.9926	0.9927	0.9927		6082	6118	18498 ИП 212-189
19	14		720 1.0000	1.0000	1.0000	0.9912	0.9912	0.9912	0.9914	0.9914		5522	5562	16828 ИП 101-3А-А3R
20	14		720 0.9814	1.0000	0.9814	0.9445	0.9808	0.9994	0.9994	0.9994		16218	16220	77715 БИРП 12 40а*ч
21	20		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40001		1050822 РИП-12 исп.54
22	20		720 0.9992	1.0000	0.9992	0.9969						21441		83326 Питание
23	22		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7762	0.9962	0.9966	0.9966		2882	2883	83326 220 В
24	22		720 0.9965	0.9973	0.9965	0.9941	0.9961	0.9969	0.9996	0.9996		21403	21403	70297 Акб 12 * 7 а*ч ДТМ 1240
25	14		720 0.9814	1.0000	0.9814	0.9445	0.9808	0.9994	0.9994	0.9994		16218	16220	77715 БИРП 12 20а*ч
26	25		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40001		1050822 РИП-12 исп.54
27	25		720 0.9992	1.0000	0.9992	0.9969						21441		83326 Питание
28	27		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7762	0.9962	0.9966	0.9966		2882	2883	83326 220 В
29	27		720 0.9965	0.9973	0.9965	0.9941	0.9961	0.9969	0.9996	0.9996		21403	21403	70297 Акб 12 * 26 а*ч ДТМ 1226

Tm - Maintenance period.

Kiaf = Kaf. x P(Tm)

Kiaf(1) = Kaf. x P(1)

Kaf. = Kaf x Kaf(spta).

Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).

MTBF = MTTF+MTTR

Tlim - ω(t)=0

Расчет предельного состояния:

В расчете учитываются только невозстанавливаемые технические средства.

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8204	0.9997	0.8204	0.5521	0.8185	0.9974	0.9977	0.9977		3643	3644	113488 Система
1	0		720 0.9305	0.9999	0.9305	0.8057	0.9298	0.9991	0.9992	0.9992		10007	10007	301821 АУПТ
2	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976						20007		589309 С2000АСПТ
3	2		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40007		1150954 С2000-АСПТ вер. 3.51
7	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976						20007		589309 С2000-ПТ вер. 2.50
14	0		720 0.8816	0.9998	0.8816	0.6852	0.8803	0.9984	0.9986	0.9986		5721	5721	175723 АУПС
15	14		720 0.9474	0.9999	0.9474	0.8504						13340		398383 Сигнал 20
16	14		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40007		1150954 С2000-СП1 вер. 3.50
17	14		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40007		1150954 С2000-КПБ вер. 3.02
20	14		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474	0.9820	0.9998	0.9998	0.9998		40007	40007	1150954 БИРП 12 40а*ч
21	20		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40007		1150954 РИП-12 исп.54
25	14		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474	0.9820	0.9998	0.9998	0.9998		40007	40007	1150954 БИРП 12 20а*ч
26	25		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474						40007		1150954 РИП-12 исп.54

Результативные значения.

Надежности:

Параметр	Расчетное значение	Требуемое значение
АУПТ		
Коэффициент оперативной готовности в течении 720 ч (дежурный режим)	0.9197	-
Коэффициент оперативной готовности в течении 1 ч тревоги*	0.9838*0.9197=0.9048	≥0.9
АУПС и СОУЭ		
Коэффициент оперативной готовности в течении 720 ч (дежурный режим)	0.8574	-
Коэффициент оперативной	0.9779*0.8574=0.8384	≥0.8

готовности в течении 1 ч тревоги*		
Общее		
Средняя наработка до отказа (МТТФ) (дежурный режим)	2408 ч.	≥ 2160 ч.
Средняя наработка между отказами (МТБФ) (дежурный режим)	2512 ч.	-
Среднее время восстановления (МТТР) (дежурный режим)	104.2 ч.	≤ 120 ч.
Предельное состояние по наработке	113488 ч (13 л.)	≥ 87600 ч (10 л.)

* в расчет принят режим тревоги в момент с наибольшей вероятностью отказа, т.е. в конце интервала технического обслуживания.

Система технического обслуживания:

Параметр	Расчетное значение	Требуемое значение
Период технического обслуживания	720 ч.	-
Среднее время прибытия ремонтной бригады (МТТА)	4 ч.	≤ 4 ч.
Среднее время обнаружения отказа*	4 ч.	≥ 4 ч.
Общее среднее время восстановления (МТТР)	104.2 ч.	≤ 120 ч.

* задержка обнаружения отказа и подачи заявки в обслуживающую организацию дежурным персоналом объекта защиты.

Система ЗИП (SPTA):

Параметр	Значение	Требуемое значение
Вид	Одиночный комплект. Место хранения на объекте защиты и (или) обслуживающей организации*.	-
Стратегия пополнения	Непрерывное пополнение по уровню запаса.	-
Время пополнения (поставки)	≤ 360 ч.	-
Общий коэффициент готовности	0.9980	-

* при условии сохранения состава ЗИП, времени пополнения и среднего времени восстановления.

Состав ЗИП:

Наименование	Количество	От общего	Порог пополнения (Шт)
--------------	------------	-----------	-----------------------

элемента	(Шт)	количества %	
С2000-КПБ	5	41.7	3
МПН	12	11.7	6
АГС-8/2	12	17.1	6
Молния-24 СН	6	33.3	3
Маяк-24-3М	3	33.3	2
ЭДУ 513-3М ДП	3	50	2
ИП 212-189	30	10.1	15
ИП 101-3А-А3R	30	9.2	15

Условия эксплуатации:

Параметр	Значение	Требуемое значение
Средний срок службы*	113488 ч (13 л.), принимаем 10 лет	≥10 лет.
Период полной проверки всех элементов**	2408 ч., принимаем 1 раз в квартал.	
Период освидетельствования на возможность дальнейшей эксплуатации***	АУПТ: 18802 ч, АУПС: 12555 ч, принимаем 1 раз в 2 года.	
Замена аккумуляторных батарей****.	21403 ч, принимается 1 раз в 2.5 года, или в случае снижения емкости ниже 80%	4.5 а*ч/41.5 мОм 26 а*ч/10 мОм 40 а*ч/9,7 мОм
Контроль технического состояния	Круглосуточно дежурным персоналом на объекте защиты, с задержкой времени обнаружения отказа и подачи заявки не более 4 ч.	Круглосуточно дежурным персоналом на объекте защиты, с задержкой времени обнаружения отказа и подачи заявки не более 4 ч.

* см. предельное состояние по наработке невосстанавливаемых элементов.

** см. средняя наработка до отказа. Выполняется в рамках системы технического обслуживания.

*** см. предельное состояние в дежурном режиме. Выполняется коллегиально, с созданием комиссии в компетенцию которой входит принятие решения о завершении или продлении дальнейшей эксплуатации.

**** см. средняя наработка до отказа аккумулятора. В обязательном порядке при выполнении работ технического обслуживания измеряется емкость аккумулятора или его внутреннее сопротивление.

Вывод:

Техническое решение принятое в проекте соответствует техническим условиям обеспечения надежности.

ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ

Требования надежности

Целью испытаний является подтверждение показателей надежности смонтированной пожарной автоматики проектным значениям. В процессе испытаний выполняются все мероприятия и работы технического содержания предусмотренные настоящим проектом, нормативными положениями, документацией заводов-изготовителей.

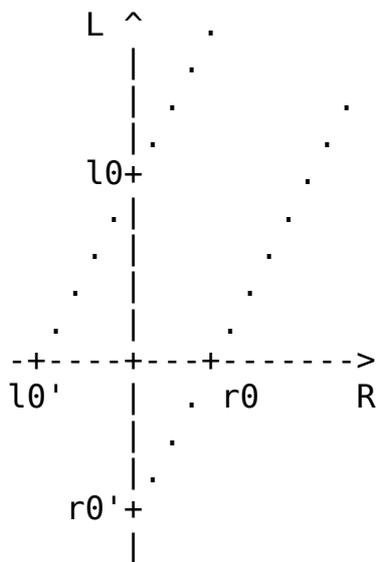
Испытания выполняют в момент ввода в эксплуатацию пожарной автоматики. Повторные испытания производят при освидетельствовании на вопрос дальнейшей эксплуатации. Для испытаний создается комиссия в состав которой входит председательствующий представитель заказчика, представитель обслуживающей организации, представитель авторского надзора и иные лица, определенные заказчиком. Членам комиссии предоставляются акт ранее проводимых испытаний хранимый у заказчика. В случае, если по предыдущему испытанию был отрицательный результат, предоставляется документация с внесенными изменениями корректировок технического решения, условий эксплуатации, изменений системы технического обслуживания и т. п. По результатам испытаний составляют акт испытаний.

В ходе испытаний фиксируется: время обнаружения отказа; время (задержку) подачи заявки на ремонт в обслуживающую организацию; время начала и время завершения ремонтных работ после отказа, или длительность их проведения; количество и наименование изъятых и пополненных элементов ЗИП, время пополнения (поставки); причину отказа. При этом не учитывают отказы: зависящие, возникшие одновременно с независимыми; вызванные воздействием внешних факторов, не предусмотренные техническим заданием и проектом; вызванные нарушением обслуживающим персоналом инструкций по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту.

В ходе испытаний отказавший элемент ремонтируется или заменяется, событие фиксируется и испытания продолжаются. Отказом АУПТ, АУПС, СОУЭ считать один из случаев: восстановление осуществляется при выполнении непланового ремонта путем ремонта или замены отказавшего технического средства; причиной отказа является невыполнение техническим средством АУПТ, АУПС, СОУЭ своих функций.

Началом испытаний считать момент окончания работ первого технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта, при этом пожарная автоматика должна находиться в исправном, дежурном состоянии. Персонал должен пройти обучение и иметь навыки работы с пожарной автоматикой во всех режимах, групповой и одиночный комплект ЗИП должен быть укомплектован, на рабочем месте должен находиться весь комплект эксплуатационной документации. Ремонтный персонал обслуживающей организации должен изучить настоящий проект, документацию заводов-изготовителей и иметь необходимую квалификацию.

Для проверки средней наработки до отказа в дежурной режиме расчетного проектного значения 2408 ч. строится график последовательного контроля с параметрами:



l0 - линия браковки
r0 - линия приемки

$R\alpha/R\beta$ 1.5
 α 0.2
 β 0.2
a 1.23315 (angle tangent)
l0 3.41902 (l0'-2.77259)
r0 2.77259 (r0'-3.41902)
Rmin* 8.79862

*минимальная наработка для принятия решения, определяется как отношение к средней наработке до отказа.

По оси R откладывают отношение наработки к проектному показателю средней наработке до отказа, по оси L откладывают суммарное количество событий отказов. При выходе графика за линию браковки принимается решение о несоответствии средней наработки до отказа техническим условиям, проекту. При выходе графика за линию приемки принимается решение о соответствии средней наработки до отказа техническим условиям, проекту. Момент пересечения границы зоны приемки не позволяет сразу принять решение о результате испытаний, а требует продолжения наблюдений по крайней мере до следующего отказа.

В случае прохождения испытаний последовательного контроля заносятся следующие значения на основе статистических данных:

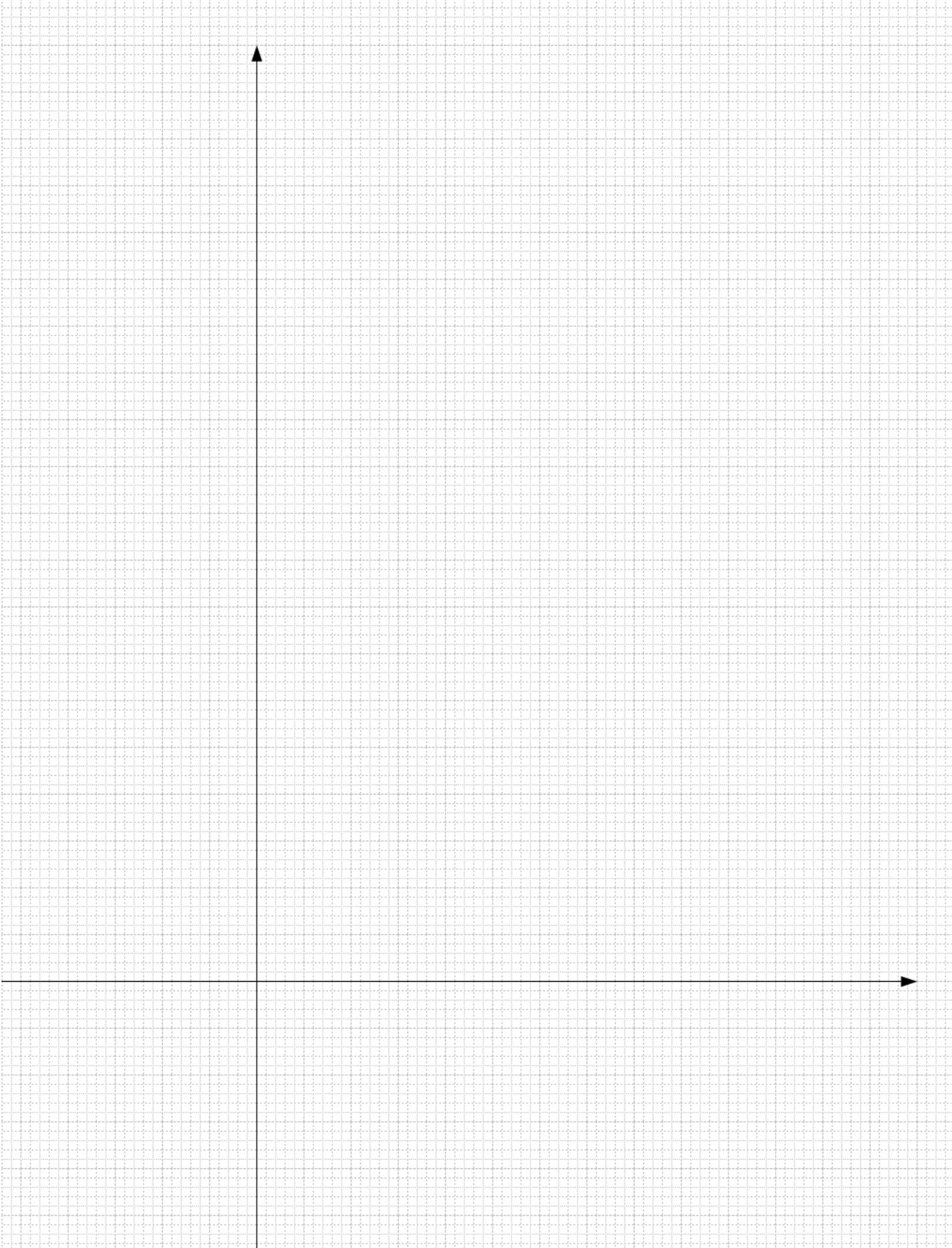
Параметр	Статистические данные	Требуемое значение
Период технического обслуживания		≤ 720 ч.
Среднее время прибытия ремонтной бригады (МТТА)		≤ 4 ч.
Общее среднее время восстановления (МТТР) (дежурный режим)		≤ 104.2 ч.

Среднее время обнаружения отказа*		≤4 ч.
Среднее время пополнения ЗИП		≤360 ч.

* задержка обнаружения отказа и подачи заявки в обслуживающую организацию дежурным персоналом объекта защиты.

Решение о соответствии или несоответствии надежности установленным требованиям принимают на основе решений, принятых по отдельным показателям надежности. Решение о соответствии принимают при положительных решениях по всем показателям надежности, решение о несоответствии - при наличии хотя бы одного отрицательного решения. При отрицательном результате комиссией принимается решение о возможности корректировки проектного решения с проведением повторной проверки, или о несоответствии надежности пожарной автоматики установленным требованиям.

График последовательного контроля:



Дополнительные параметры контроля надежности по статистическим данным (согласно программе испытаний):

№	Параметр	Стат-ое значение	Норм-ое значение

Выводы: _____

Рекомендации: _____

Акт составлен в _____-х экземплярах на 4 л.

Подписи:

Председатель _____

Члены
комиссии: _____

НАРАБОТКА ДО ОТКАЗА НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (СПРАВОЧНОЕ)

При оценке каналов связи следует учитывать приказ Министерства информационных технологий и связи РФ от 27 сентября 2007 г. N 113 "Об утверждении Требований к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования" с показателями несостоявшихся вызовов в сети, т.е. определяющий коэффициент готовности каналов связи. Так же стоит отметить, что в наблюдаемый период с 2008 г. по 2020 г. (105 120 ч.) не было зафиксировано случаев отказа сети связи общего назначения по причине применения Ст.64 №126-ФЗ.

Наименование	Ср. наработка до отказа ч. (1Шт, 1 м.)	Распределение
Извещатель пожарный (ГОСТ Р 53325-2012)	60000	эксп.
Приборы приемно-контрольные пожарные, прибору управления малой емкости (НПБ 75-98)	40000	эксп.
Приборы приемно-контрольные пожарные, прибору управления средней и большой емкости (НПБ 75-98)	30000	эксп.
Оповещатели (ГОСТ Р 54126-2010)	30000	эксп.
Бесперебойный источник резервного питания (документация производителей)	40000	
Генераторы огнетушащего аэрозоля (документация производителей)	30 000	эксп.
Электропиротехнический привод пуска газового пожаротушения (документация производителей)	1 000 000	эксп.
Электромагнитный привод пуска газового пожаротушения (документация производителей)	10 000	эксп.
Насос(документация производителей)	1000	эксп.
Манометр(документация производителей)	100000	эксп.

Манометр электроконтактный(документация производителей)	66000	эксп.
Бак мембранный(документация производителей)	26352	эксп.
Клапан обратный(документация производителей)	8640	эксп.
Кран(документация производителей)	17280	эксп.
Фильтр косой(документация производителей)	25920	эксп.
Основное электроснабжение (по статистике объектов защиты г. Архангельск)	2881	эксп.
Аккумулятор кислотный герметичный (по статистике, данные производителя)	мед. 35136 среднекв. откл. 17568	норм.
Канал связи СПИ с применением сети связи общего пользования ГТС (по статистике объектов защиты г. Архангельск)	4103	эксп.
Канал связи СПИ с применением сети связи общего пользования GSM CSD (по статистике объектов защиты г. Архангельск)	4870	эксп.
Канал связи СПИ с применением сети связи общего пользования GSM GPRS (по статистике объектов защиты г. Архангельск)	4249	эксп.
Канал связи СПИ с применением беспроводной сети связи специального назначения (по статистике объектов защиты г. Архангельск)	3711	эксп.
Резисторы постоянные непроволочные	2000000	эксп.
Резисторы постоянные проволочные	3125000	эксп.
Конденсаторы керамические до 1600 В	5263157	эксп.
Конденсаторы бумажные и металлобумажные	5000000	эксп.
Конденсаторы оксидно- электролитические алюминиевые	526315	эксп.

Трансформатор	1250000	эксп.
Диод выпрямительный	1000000	эксп.
Диод импульсный	2941176	эксп.
Транзистор кремневый	1666666	эксп.
Тиристор	526315	эксп.
Кабель на 1 м. (РНД 73-16-90)	2127659	эксп.
Провод ТРП нар. прокл. (Справочник. Надежность электрорадиоизделий 2014)	116250000000	эксп.
Провод ТРП вн. прокл.(Справочник. Надежность электрорадиоизделий 2014)	5400000000	эксп.
Соединение клеммное (РНД 73-16-90)	510204	эксп.

Reliab

консольное приложение
расчета показателей надежности
пожарной автоматики.

г. Архангельск
2020 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ.

СИНТАКСИС XML ФАЙЛА МОДЕЛИ.

РАСЧЕТ МОДЕЛИ.

ОПЦИИ ЗАПУСКА ПРИЛОЖЕНИЯ.

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ И РАСЧЕТА МОДЕЛИ.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Консольное приложение разрабатывалось для расчета и контроля надежности технических средств систем пожарной автоматики. Математический аппарат базируется на теории надежности, контроль на методе последовательного контроля Вальда. Результаты расчетов позволяют: оценить надежность; построить систему технического обслуживания и контроля технического состояния; определить предельные состояния по наработке; определить состав ЗИПа.

При разработке использовались следующие материалы:

Надежность технических систем. Под редакцией профессора И. А. Ушакова. Справочник. Радио и связь 1985 г.
ГОСТы серии 27 (надежность в технике).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

Вероятностные распределения используемые в расчете надежности.

Распределение	$f(t)$	$P(t)$
Экспоненциальное $\text{Exp}(\lambda)$	$\lambda e^{-\lambda t}$	$e^{-\lambda t}$
Равномерное $U(a,b), a \geq 0$	$\begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a \leq t \leq b; \\ 0, & t < a, t > b \end{cases}$	$\begin{cases} 1, & t < a; \\ \frac{b-t}{b-a}, & a \leq t \leq b; \\ 0, & t > b \end{cases}$
Гамма $\Gamma(\alpha, \beta)$	$\frac{t^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-\frac{t}{\beta}}$	$1 - I\left(\alpha, \frac{t}{\beta}\right)$
Усеченное нормальное $TN(m_0, \sigma_0)$ $m \geq 1,33\sigma$	$\frac{C}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m_0)^2}{2\sigma_0^2}}$ $C = \frac{1}{0,5 + \Phi_0\left(\frac{m_0}{\sigma_0}\right)}$	$C \left(0,5 - \Phi_0\left(\frac{t-m_0}{\sigma_0}\right)\right)$
Рэлея $R(\lambda)$	$2\lambda t e^{-\lambda^2 t^2}$	$e^{-\lambda^2 t^2}$
Вейбулла $W(\alpha, \beta)$	$\frac{\alpha t^{\alpha-1}}{\beta^\alpha} e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha}$	$e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha}$
Нормальное $N(m, \sigma), m > 3\sigma$	$\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}$	$0,5 - \Phi_0\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)$

Функциональная связь между показателями надежности.

Известный показатель	Формулы для определения остальных показателей			
	$P(t)$	$Q(t)$	$f(t)$	$\lambda(t)$
$P(t)$	—	$1 - P(t)$	$\frac{dP(t)}{dt}$	$-\frac{1}{P(t)} \frac{dP(t)}{dt}$
$Q(t)$	$1 - Q(t)$	—	$\frac{dQ}{dt}$	$\frac{1}{1 - Q(t)} \frac{dQ(t)}{dt}$
$f(t)$	$\int_t^\infty f(x) dx$	$\int_0^t f(x) dx$	—	$\frac{f(t)}{\int_t^\infty f(x) dx}$
$\lambda(t)$	$\exp\left(-\int_0^t \lambda(x) dx\right)$	$1 - \exp\left(-\int_0^t \lambda(x) dx\right)$	$\lambda(t) \exp\left(-\int_0^t \lambda(x) dx\right)$	

Стационарный коэффициент оперативной готовности.

$$K_{ог} = K_{г} \times K_{гзип} \times P(t);$$

$$K_{г} = T_{о}/(T_{о}+T_{р});$$

где:

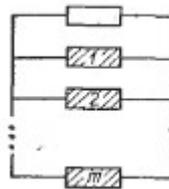
- $K_{г}$ — стационарный коэффициент готовности;
- $T_{о}$ — среднее время на отказ (MTBF в зарубежной литературе);
- $T_{р}$ — среднее время восстановления (MTTR в зарубежной литературе);
- $K_{гзип}$ — коэффициент готовности ЗИПа;
- $P(t)$ - вероятность безотказной работы на заданной наработке.

Последовательное включение.



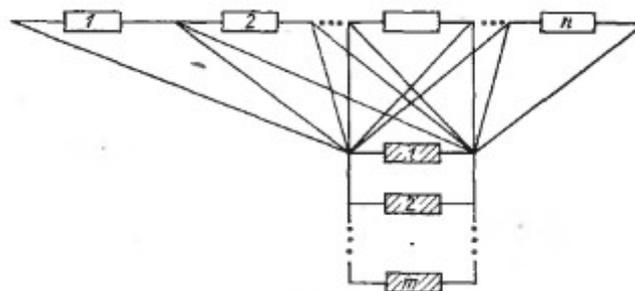
$$P(t_0) = \prod_{i=1}^m P_i(t_0).$$

Параллельное включение.



$$P(t_0) = 1 - \prod_{1 \leq i \leq m+1} q_i(t_0),$$

Ненагруженное скользящее резервирование.



В случае экспоненциального распределения:

$$P(t_0) = e^{-n\lambda t_0} \sum_{0 \leq k \leq m+1} \frac{(n\lambda t_0)^k}{k!}$$

Показатель достаточности комплекта ЗИП.

$$K^* = \prod_{i=1}^N (1 - P_{ii});$$

где:

$$P_i = a^{k+2} / [a^{k+2} + (n-k)(1+a)^{k+1}]$$

$$a = m\lambda T_d; \quad 0 \leq k \leq \frac{n}{2} - 1$$

где T_d — время доставки, k - минимальный запас.

Последовательный контроль показателей надежности.

Последовательный контроль показателей наработки до отказа в случае экспоненциального распределения. Численные значения констант a , r_0 и t_0/T_0 определяются как функции заданных значений α , β и отношения T_0/T_1 . Константы вычисляются по формулам:

$$a = \frac{T_0/T_1 - 1}{\ln(T_0/T_1)}; \quad r_0 = \frac{\ln[(1-\beta)/\alpha]}{\ln(T_0/T_1)};$$

$$\frac{t_0}{T_0} = -\frac{\ln[\beta/(1-\alpha)]}{T_0/T_1 - 1}.$$

Нижняя оценка средней продолжительности контроля \bar{t}/T_0 для восстанавливаемого образца изделия при $T = T_0$ вычисляется по формуле

$$\frac{\bar{t}}{T_0} = \frac{(1-\alpha) \ln[(1-\alpha)/\beta] - \alpha \ln[(1-\beta)/\alpha]}{T_0/T_1 - 1 - \ln(T_0/T_1)}$$

Среднее время затраченное на восстановление.

Среднее время затраченное на восстановление (MTTR) складывается из времени восстановления одного элемента, их общего количества, времени обнаружения неисправности и времени прибытия ремонтной бригады (МТТА в зарубежной литературе), а так же вероятностью отказа элемента: $MTTR = (MTTR(\text{one}) \times \text{Count} + \text{Detect} + \text{МТТА}) \times (1 - P(T_m))$;

где:

MTTR(one) — среднее время восстановления одного однотипного элемента;

Count - общее количество однотипных элементов;

Detect - время обнаружения неисправности;

МТТА - время прибытия ремонтной бригады;

$1 - P(T_m)$ - вероятность отказа однотипного элемента.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ.

Оцениваемая модель строится по логико-вероятностному методу в виде древовидной структуры. Модель включают в себя базовые элементы генерирующие потоки отказов (далее — Элемент), и объединяющий их фиктивный элемент (далее — Узел). Определяющим параметром типа Элемента в XML файле является атрибут **type** с значениями: «*or*», «*and*»; «*element*».

Модель всегда начинается с корневого Узла, который может содержать в себе другие Узлы и Элементы. При необходимости детализации Элемента его можно преобразовать в Узел, и внести в него необходимые Элементы и Узлы. В XML файле древовидная структура строится вложением узлов друг в друга.

Свойствами Узла определяется способ подключения входящих в него Элементов и Узлов — последовательное или параллельное включение (далее — Способ включения). Определяющим параметром Способа включения в XML файле является атрибут **type** с значениями: «*or*»; «*and*».

Количество однотипных Узлов и Элементов можно определить не только структурной схемой модели, но и задать количество и Способ включения в их свойствах. Определяющим в XML файле является атрибут количества Узлов и Элементов: **count_or**; **count_and**. По умолчанию количество равно единице.

Элемент характеризуется распределением вероятности и свойством потока отказов, перечнем режимов в которых он нагружен, характеристик ЗИПа и эксплуатации (технического обслуживания и контроля). В XML файле описание вероятностных характеристик определяется в элементе **fail** с атрибутами: **distr**; **med**; **dev**. Атрибут **distr** определяет распределение, **med** определяет основной параметр, а **dev** дополнительный параметр распределения. Перечень режимов работы Элемента определяется элементом **operation**, свойства эксплуатации, технического обслуживания и время восстановления определяется элементом **maint**. Количество Элементов в ЗИПе и их пороговое количество для пополнения определяется атрибутами **exp_or_spta** и **min_spta** соответственно. Наличие элемента **maint** (системы ТО) позиционирует Элемент как восстанавливаемый. Восстанавливаемые элементы не участвуют в расчете предельного состояния модели по наработке.

Описание систем технического обслуживания и контроля включает в себя период выполнения работ, время обнаружения отказа, время прибытия ремонтной бригады и необходимое время для пополнения ЗИПа. В XML файле определяется элементом **maint**, в котором элемент **item** описывает один из видов технического обслуживания.

Перечень режимов работ модели определяет выбор Элементов участвующих в расчете, т. е. нагруженных Элементов в данном режиме. Если в расчете режим работы не указан, то расчет выполняется по всем Элементом модели, независимо от режимов их работы. В XML файле элементом **operation** определяется перечень режимов, в котором элемент **item** описывает один из режимов.

СИНТАКСИС XML ФАЙЛА МОДЕЛИ.

Файл должен начинаться с пролога: `<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>`

XML элементы:

Наименование	Родитель	Атрибуты	Описание
Техническое обслуживание			
maint			Содержит перечень видов технического обслуживания
item	maint		Вид технического обслуживания
		id	Идентификатор вида технического обслуживания (целое число)
		label	Название вида технического обслуживания (строка)
		interval	Период выполнения ТО час (целое число)
		detect	Время обнаружения неисправности час (веществ. число)
		coming	Время прибытия ремонтной бригады (целое число)
		supply	Время пополнения ЗИПа (целое число)
<pre> <maint> <item id="0" label="ТО 0" interval="10" detect="0.1" coming="4" supply="360" /> <item id="1" label="ТО 1" interval="720" detect="8" coming="4" supply="360" /> <item id="2" label="ТО 2" interval="2160" detect="8" coming="4" supply="360" /> <item id="3" label="ТО 3" interval="4320" detect="4320" coming="4" supply="360" /> </maint> </pre>			
Отчет			
print			Отображение дополнительных параметров в отчете
item	print		Параметр в отчете
		pt	Вероятность безотказной работы на наработку час (целое число). В противовес kogt
		kogt	Коэффициент оперативной готовности на наработку час (целое число). В противовес pt.
<pre> <print> <item pt="720" label="P(720)" /> <item pt="2160" label="P(2160)" /> <item kogt="1" label="Koaf(1)" /> <item kogt="3" label="Koaf(3)" /> </print> </pre>			
Режимы работ модели			
operation			Режимы работ модели

item	operati on		Режим работы
		index	Индекс режима (целое число)
		label	Наименование режима
<pre><operation> <item index="0" label="Дежурный" /> <item index="1" label="Тревога" /> </operation></pre>			
Элемент модели			
elemen t			Элемент модели
elemen t	element		
		type	Тип модели. Одно из значений (строка): or — последовательное включение дочерних элементов and — параллельное включение дочерних элементов element — конечный элемент с потоком отказов
		label	Наименование элемента (строка)
		count _or	Количество идентичных элементов включенные последовательно (целое число). В противовес count_and.
		count _and	Количество идентичных элементов включенные параллельно (целое число). В противовес count_or.
		exp_o r_spta	Количество резервных элементов в ЗИПе (целое число). Корректно в случае эксп. распределения потока отказов элемента при их последовательном включении (холодный резерв замещением).
		min_s pta	Минимальное количество элементов в ЗИПе (целое число).
fail	element		Распределение отказов. В случае type=«element»
		distr	Распределение. Одно из значений (строка): exp weibull normal gamma rayleigh
		med	Основной параметр распределения (веществ. число)
		dev	Дополнительный параметр распределения(веществ. число)
maint	element		Вид технического обслуживания элемента

		id	ID вида технического обслуживания (целое число)
		repair_time	Время восстановления час. (веществ. число)
operation	element		Режимы работ элемента
item	operation		Режим работы
		index	Индекс режима работы (целое число)
		label	Наименование режима (строка)
<pre> <element type="or" label="СОУЭ" count_or="1"> <maint id="1" repair_time="0.1" /> <element type="element" label="Тромбон-УМ4-480" count_or="1"> <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" /> </element> <element type="element" label="Тромбон-УМ4-480" count_or="1"> <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" /> </element> <element type="element" label="Тромбон-ВС-16" count_or="1"> <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" /> <operation> <item index="1" label="Тревога" /> </operation> </element> <element type="element" exp_or_spta="15" min_spta="6" label="Глагол-Н2-3" count_or="158"> <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" /> <maint id="1" repair_time="0.5" /> <operation> <item index="1" label="Тревога" /> </operation> </element> <element type="element" exp_or_spta="3" min_spta="0" label="Трамбон-ВП" count_or="13"> <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" /> <maint id="1" repair_time="0.1" /> <operation> <item index="1" label="Тревога" /> </operation> </element> <element type="element" exp_or_spta="3" min_spta="0" label="Табло-РР-ППО" count_or="19"> <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" /> <maint id="1" repair_time="0.1" /> </element> <element type="element" exp_or_spta="7" min_spta="2" label="Табло-ППО" count_or="67"> <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" /> <maint id="1" repair_time="0.1" /> </element> </element> </pre>			

РАСЧЕТ МОДЕЛИ.

Определение показателей надежности $P_{(t)}$, $f_{(t)}$, $\lambda_{(t)}$ выполняется исходя из их функциональной связи. Исходными данными являются свойства Элементов (распределение и интенсивность отказов), по которым определяются с заданной наработкой вероятность безотказной работы Узлов и Элементов. Модель рассчитывается по режиму её работы и наработке.

Наработка определяется её началом, окончанием и величиной приращения времени. Имеется возможность автоматического определения характеристик наработки - окончание определяется по критерию $\Delta P(t)=0$ корневого Узла, а время приращения определяет установленная точность расчета(увеличение точности на единицу уменьшает время приращения на порядок). Приемлемую точность расчета можно определить сравнив исходное и рассчитанное значению средней наработке до отказа Элемента. Например:

Расчет модели с точностью:1

Sim. auto (prec.:**1**)
Start 0
End 24413.2
Delta **24.4132**
Operat.0 (Дежурный режим) or null

Дает результат:

ID 2
PID 1 (АУПС or)
Type element
Label C2000M

Prob. weibull(**40000**,1)
P(1) 0.999975
MTTF **40012.2**

Увеличим точность на +2:

Sim. auto (prec.:**3**)
Start 0
End 24413.2
Delta **0.244132**
Operat.0 (Дежурный режим) or null

Дает результат:

ID 2
PID 1 (АУПС or)
Type element
Label C2000M

Prob. weibull(**40000**,1)
P(1) 0.999975
MTTF **40000.1**

Заданный режим работы определяет какие Элементы учитывать, т. е. Элементы которые в данном режиме находятся в нагруженном состоянии.

Результаты расчетов оформляется в текстовые файлы, в месте нахождения файла модели. Файл отчета по всей модели сохраняется под именем файла модели с добавлением расширения «.txt»(model.xml → model.xml.txt). Файл отчета по Элементам модели сохраняется в файле с

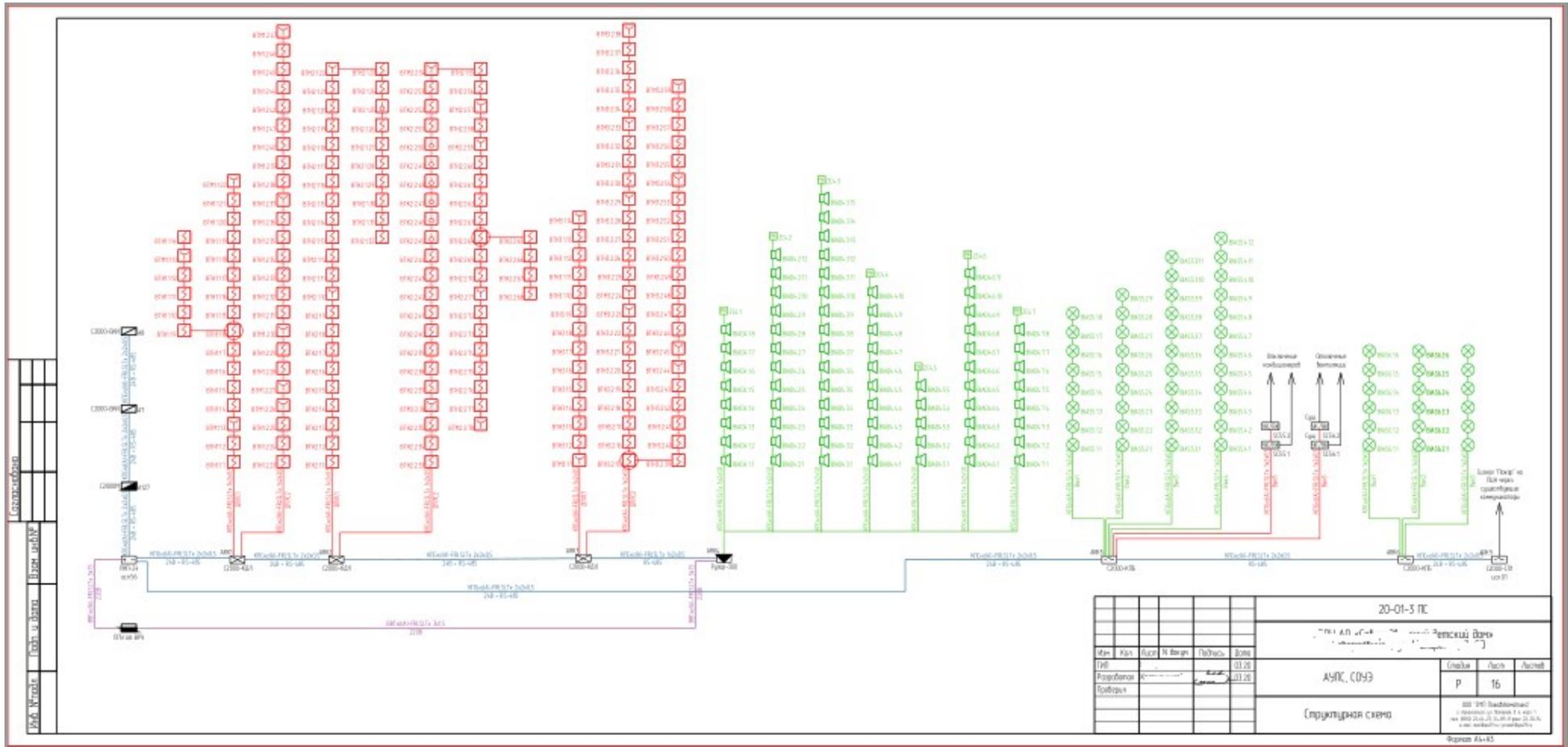
добавлением номера Элемента и расширения «.txt»(model.xml → model.xml.0.txt). По умолчанию разделителем полей в отчете является табуляция. В отчет модели входит: наработка и режим работы; системы технического обслуживания и эксплуатации; перечень дополнительных параметров отчетов (используются в отчете Элементов); режимы работ; схема модели в текстовом виде; расчет модели; расчет свойств ЗИПа модели; параметры построения графика последовательного контроля. В разделы отчета Элементов входит: свойства Элемента; дополнительные параметры отчета; табличное представление параметров надежности во времени.

ОПЦИИ ЗАПУСКА ПРИЛОЖЕНИЯ.

Общие параметры		
--model	-m	xml файл модели. Файлы отчета формируются в той-же директории, что и файл модели с именами: xml_файл_модели.txt — Отчет по всей модели. xml_файл_модели.#.txt - отчет по элементу с номером - #. Например: reliab --model="model.xml" --auto=0
--write	-w	активировать сохранение параметров в файле модели при расчете минимального количества элементов в ЗИПе исходя из периода ТО, количества элементов в модели и средней наработки до отказа. В случае изменения файла возврат кода 1 (вместо 0).
Опции наработки модели		
--st	-s	стартовое время
--et	-e	конечное время
--dt	-d	приращение времени наработки следующего шага Например: reliab --model="model.xml" --st=0.000000 --et=10000.000000 --dt=1.000000 --operation=0
--auto	-a	точность расчета (0...7) для автоматического расчета шага и конечного значения наработки при расчете модели, начинать рекомендуется с 0. В противовес --st, --et, --dt. Например: reliab --model="model.xml" --auto=0
Режим работы модели		
--operation	-o	ID режима работы модели (атрибут <i>index</i> элемента <i>item</i>). В расчет принимаются Элементы работающие в данном режиме. Например рассчитаем в дежурном режиме: reliab --model="model.xml" --auto=0 --operation=0. При этом в файле модели: <pre><operation> <item index="0" label="Дежурный режим" /> <item index="1" label="Тревога" /> </operation> ... <element type="element" exp_or_spta="2" min_spta="1" label="C2000-ИП-03" count_or="8"> <fail distr="weibull" med="60000" dev="1" /> <maint id="3" repair_time="0.1" /> <operation> <item index="0" label="Дежурный режим" /> </operation> </element> ...</pre>
График последовательного контроля		
--inspectk	-i	Отношение $R\alpha/R\beta$.
--inspectl	-l	Риск поставщика (α).
--	-b	Риск заказчика (β).

inspectb		Например: reliab --model="model.xml" --auto=0 --inspectk=1.500000 --inspectl=0.200000 --inspectb=0.200000
Отчет		
--report=s X	-r sX	X — разделитель полей, если t — разделителем является табуляция(по умолчанию). Например —report=s; - разделителем является ; (точка с запятой). Например: reliab --model="model.xml" --auto=0 --report="s;"
Режим расчета		
--calc	-c	Может включать следующие флаги: nr — не учитывать восстанавливаемые Элементы; nm — не учитывать систему технического обслуживания; ns — не учитывать ЗИП; nc — не учитывать количество Элементов заданное в его свойствах. Например: reliab --model="model.xml" --auto=2 --calc="nr"

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ И РАСЧЕТА МОДЕЛИ.



Структурная схема АУПС и СОУЭ.

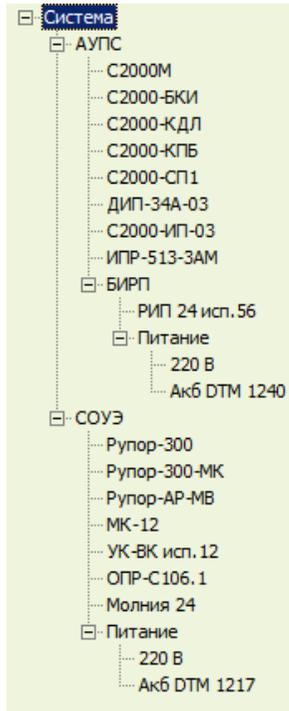
Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество	Масса единицы, кг	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Пульт контроля и управления охранно-пожарный	С2000М	АЦДР 4.264.69.027	НВП "Болид"	шт.	1		
2	Блок контроля и индикации	С2000-БКИ	АЦДР 4.264.69.030	НВП "Болид"	шт.	2		
3	Контроллер двухпроводной линии связи	С2000-КДЛ	АЦДР 4.264.69.012	НВП "Болид"	шт.	3		
4	Блок контрольно-пусковой	С2000-КПБ	АЦДР 4.254.12.003	НВП "Болид"	шт.	2		
5	Блок сигнально-пусковой	С2000-СП1	АЦДР 4.254.12.001	НВП "Болид"	шт.	1		
6	Модуль речевого оповещения	Рупор-300	АЦДР 4.2554.1005	НВП "Болид"	шт.	1		
7	Модуль контроля линий адресный	Рупор-300-МК	АЦДР 4.25689.001	НВП "Болид"	шт.	8		
8	Модуль расширения аналоговых линий	Рупор-АР-МВ	АЦДР 4.24.245.003	НВП "Болид"	шт.	1		
9	Микрофон для системы речевого оповещения	МК-12		Электротехника и Автоматика	шт.	1		
10	Устройство коммутационное	УК-ВК исп.12	АЦДР 4.264.12.002	НВП "Болид"	шт.	2		
11	Расцепитель независимый	РН47		IEK	шт.	2		
12	Выключатели автоматические	ВА47-29 1Р 25А, хар-ка С		IEK	шт.	2		
13	Резервированный источник питания	РИП-24 исп.56	АЦДР 4.36534.006-06	НВП "Болид"	шт.	1		
14	Аккумулятор свинцово-кислотный, герметизированный, необслуживаемый, напряжением 12 В, емкостью 40 А·ч	Delta DTM 1240		DELTA BATTERY	шт.	2		
15	Аккумулятор свинцово-кислотный, герметизированный, необслуживаемый, напряжением 12 В, емкостью 17 А·ч	Delta DT 1217		DELTA BATTERY	шт.	2		
16	Извещатель пожарный дымовой адресно-аналоговый	ДИП-34 А-03	АЦДР 4.25232.002-03	НВП "Болид"	шт.	160		
17	Извещатель пожарный дымовой адресно-аналоговый	С2000-ИП-03		НВП "Болид"	шт.	8		
18	Извещатель пожарный ручной адресный	ИПР-513-3АМ	АЦДР 4.25211.004	НВП "Болид"	шт.	32		
19	Оповещатель пожарный речевой настенный	ОПР-С106.1		НВП "Болид"	шт.	75		
20	Оповещатель пожарный световой "Выход"	Молния-24		ООО «Элтех-сервис»	шт.	57		
21	Кабель сигнальный огнестойкий	КПСчз(А)-FRLSLTx 2x2x0,5	112-010	ПожТехКабель	м	200		ОКЛ РТК-Лне
22	Кабель сигнальный огнестойкий	КПСчз(А)-FRLSLTx 1x2x0,5	112-004	ПожТехКабель	м	1200		ОКЛ РТК-Лне
23	Кабель сигнальный огнестойкий	КПСчз(А)-FRLSLTx 1x2x1,0	112-005	ПожТехКабель	м	600		ОКЛ РТК-Лне

Имя, Фамилия, Инициалы	Дата	Имя	Кол.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АУПС, СОУЗ	Спецификация оборудования, изделий и материалов	Специя	Лист	Лист
		ГМП					03.20			Р	1	2
		Разработал					03.20					
		Проверил										

Формат А3

Спецификация оборудования.

XML файл модели и её графическое представление:



```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<maint>
  <item id="0" label="TO:720:0.3:4:360"
  interval="720" detect="0.333" coming="4"
  supply="360" />
  <item id="1" label="TO:720:8:4:360" interval="720"
  detect="8" coming="4" supply="360" />
  <item id="2" label="TO:720:720:4:360"
  interval="720" detect="720" coming="4" supply="360" />
  <item id="3" label="TO:720:0.3:8:360"
  interval="720" detect="0.333" coming="8"
  supply="360" />
  <item id="4" label="TO:720:8:8:360" interval="720"
  detect="8" coming="8" supply="360" />
  <item id="5" label="TO:720:720:8:360"
  interval="720" detect="720" coming="8" supply="360" />
  <item id="6" label="TO:720:0.3:48:360"
  interval="720" detect="0.333" coming="48" supply="360" />
  <item id="7" label="TO:720:8:48:360" interval="720"
  detect="8" coming="48" supply="360" />
  <item id="8" label="TO:720:720:48:360"
  interval="720" detect="720" coming="48"
  supply="360" />
  <item id="9" label="TO:720:0.3:120:360"
  interval="720" detect="0.333" coming="120"
  supply="360" />
  <item id="10" label="TO:720:8:120:360"
  interval="720" detect="8" coming="120" supply="360" />
  <item id="11" label="TO:720:720:120:360" interval="720"
  detect="720" coming="120" supply="360" />
  <item id="12" label="TO:2160:0.3:4:360" interval="2160"
  detect="0.333" coming="4" supply="360" />
  <item id="13" label="TO:2160:8:4:360" interval="2160"
  detect="8" coming="4" supply="360" />
  <item id="14" label="TO:2160:2160:4:360" interval="2160"
  detect="2160" coming="4" supply="360" />
  <item id="15" label="TO:2160:0.3:8:360" interval="2160"
  detect="0.333" coming="8" supply="360" />
  <item id="16" label="TO:2160:8:8:360" interval="2160"
  detect="8" coming="8" supply="360" />
  <item id="17" label="TO:2160:2160:8:360" interval="2160"
  detect="2160" coming="8" supply="360" />
  <item id="18" label="TO:2160:0.3:48:360" interval="2160"
  detect="0.333" coming="48" supply="360" />
  <item id="19" label="TO:2160:8:48:360" interval="2160"
  detect="8" coming="48" supply="360" />
  <item id="20" label="TO:2160:2160:48:360" interval="2160"
  detect="2160" coming="48" supply="360" />
  <item id="21" label="TO:2160:0.3:120:360" interval="2160"
  detect="0.333" coming="120" supply="360" />
  <item id="22" label="TO:2160:8:120:360" interval="2160"
  detect="8" coming="120" supply="360" />
  <item id="23" label="TO:2160:2160:120:360" interval="2160"
  detect="2160" coming="120" supply="360" />
</maint>
<print>
  <item pt="1" label="P(1)" />
  <item pt="3" label="P(3)" />
  <item pt="720" label="P(720)" />
  <item pt="2160" label="P(2160)" />
  <item kogt="1" label="Koaf(1)" />
  <item kogt="3" label="Koaf(3)" />
</print>
<operation>
  <item index="0" label="Дежурный режим" />
  <item index="1" label="Тревога" />
</operation>
<element type="or" label="Система" count_or="1">
  <maint id="3" repair_time="1" />
  <element type="or" label="АУПС" count_or="1">
    <maint id="3" repair_time="1" />
    <element type="element" label="C2000М" count_or="1">
      <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" />
      <operation>
        <item index="0" label="Дежурный режим" />
        <item index="1" label="Тревога" />
      </operation>
    </element>
    <element type="element" label="C2000-БКИ" count_or="2">
      <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" />
      <operation>
        <item index="0" label="Дежурный режим" />
        <item index="1" label="Тревога" />
      </operation>
    </element>
    <element type="element" exp_or_spta="2" min_spta="1"
    label="C2000-КДЛ" count_or="3">
      <fail distr="weibull" med="40000" dev="1" />
      <maint id="3" repair_time="0.1" />
      <operation>
        <item index="0" label="Дежурный режим" />
        <item index="1" label="Тревога" />
      </operation>
    </element>
  </element>
</element>

```


Рассчитаем модель в дежурном режиме с точность 2: reliab
 --model="model.xml" --auto=2 --operation=0

Sim. auto (prec.:2)
 Start 0
 End 24413.2
 Delta 2.44132
 Operat. 0 (Дежурный режим) or null

Maintenance system:

MID	Interv.	Detect MTTA	Sypply	Label
0	720	0.333	4	360 TO:720:0.3:4:360
1	720	8	4	360 TO:720:8:4:360
2	720	720	4	360 TO:720:720:4:360
3	720	0.333	8	360 TO:720:0.3:8:360
4	720	8	8	360 TO:720:8:8:360
5	720	720	8	360 TO:720:720:8:360
6	720	0.333	48	360 TO:720:0.3:48:360
7	720	8	48	360 TO:720:8:48:360
8	720	720	48	360 TO:720:720:48:360
9	720	0.333	120	360 TO:720:0.3:120:360
10	720	8	120	360 TO:720:8:120:360
11	720	720	120	360 TO:720:720:120:360
12	2160	0.333	4	360 TO:2160:0.3:4:360
13	2160	8	4	360 TO:2160:8:4:360
14	2160	2160	4	360 TO:2160:2160:4:360
15	2160	0.333	8	360 TO:2160:0.3:8:360
16	2160	8	8	360 TO:2160:8:8:360
17	2160	2160	8	360 TO:2160:2160:8:360
18	2160	0.333	48	360 TO:2160:0.3:48:360
19	2160	8	48	360 TO:2160:8:48:360
20	2160	2160	48	360 TO:2160:2160:48:360
21	2160	0.333	120	360 TO:2160:0.3:120:360
22	2160	8	120	360 TO:2160:8:120:360
23	2160	2160	120	360 TO:2160:2160:120:360

Extra options for reports:

Type	t	Label
pt	1	P(1)
pt	3	P(3)
pt	720	P(720)
pt	2160	P(2160)
kogt	1	Koaf(1)
kogt	3	Koaf(3)

$$\text{Kogt}(t) = \text{Kaf} \times \text{Kaf}(\text{spta}) \times \text{P}(t)$$

Operations:

OID	Label
0	Дежурный режим
1	Тревога

Model:

ID	PID	OID Type	Count	SPTA	Prob.	Med.	Dev.	MID	MTTR	Label
0		or							3 1.0	::Система
1	0	or							3 1.0	:АУПС
2	1	0,1 element			weibull	40000		1		С2000М
3	1	0,1 element		2	weibull	40000		1		С2000-БК
4	1	0,1 element		3	2 weibull	40000		1	3 0.1	С2000-КД
5	1	0,1 element		2	weibull	40000		1		С2000-КП
6	1	0,1 element			weibull	40000		1		С2000-СП
7	1	0 element	160		20 weibull	60000		1	3 0.1	ДИП-34А-
8	1	0 element	8		2 weibull	60000		1	3 0.1	С2000-ИП
9	1	0 element	32		8 weibull	60000		1	3 0.1	ИПР-513-Э
10	1	or							3 0.5	:БИРП
11	10	0,1 element			weibull	40000		1		РИП 24 и
12	10	and							3 0.1	:Питание
13	12	0,1 element			weibull	2881		1	3 0.5	& 220 В
14	12	0,1 element		2	normal	35136	17568		3 0.2	& Акб ДТМ
15	0	or							3 1.0	:СОУЭ
16	15	0,1 element			weibull	40000		1		Рупор-30С
17	15	0,1 element		8	2 weibull	40000		1	3 0.1	Рупор-30С
18	15	0,1 element			weibull	80000		1		Рупор-АР-
19	15	0,1 element			weibull	80000		1		МК-12
23	15	and							3 0.1	:Питание
24	23	0,1 element			weibull	2881		1	3 0.5	& 220 В
25	23	0,1 element		2	normal	35136	17568		3 0.2	& Акб ДТМ

MTTR - one element.

Calculation model:

ID	PID	Tm P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0		720 0.8194	0.9997	0.8194	0.5119	0.8059	0.9833	0.9836	0.9841	2704	2739	21374	Система
1	0	720 0.8670	0.9998	0.8670	0.6333	0.8576	0.9890	0.9892	0.9894	3541	3571	23041	АУПС
2	1	720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1081573	С2000М
3	1	720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20001		554826	С2000-БК
4	1	720 0.9986	1.0000	0.9986	0.9882	0.9982	0.9997	0.9997	0.9997	26668	26668	421277	С2000-КДЛ
5	1	720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20001		554826	С2000-КПБ
6	1	720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1081573	С2000-СП
7	1	720 1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9961	0.9961	0.9961	0.9961	7501	7522	27860	ДИП-34А-03
8	1	720 0.9957	1.0000	0.9957	0.9657	0.9950	0.9993	0.9993	0.9994	15001	15002	241500	С2000-ИП-03
9	1	720 1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	15001	15005	91547	ИПР-513-3А1
10	1	720 0.9714	1.0000	0.9714	0.9176	0.9708	0.9993	0.9994	0.9994	17766	17769	118013	БИРП
11	10	720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1081573	РИП 24 исп.
12	10	720 0.9891	1.0000	0.9891	0.9686	0.9886	0.9996	0.9996	0.9996	25721	25723	123123	Питание
13	12	720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7761	0.9961	0.9964	0.9964	2882	2884	85554	220 В
14	12	720 0.9505	0.9550	0.9505	0.9404	0.9502	0.9547	0.9997	0.9997	25522	25522	123123	Акб ДТМ 12
15	0	720 0.9451	0.9999	0.9451	0.8083	0.9429	0.9976	0.9977	0.9980	6577	6582	84472	СОУЭ
16	15	720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001		1081573	Рупор-300
17	15	720 0.9906	1.0000	0.9906	0.9297	0.9893	0.9987	0.9987	0.9990	10001	10002	163134	Рупор-300-М
18	15	720 0.9910	1.0000	0.9910	0.9734					80001		2107325	Рупор-АР-М
19	15	720 0.9910	1.0000	0.9910	0.9734					80001		2107325	МК-12
23	15	720 0.9891	1.0000	0.9891	0.9686	0.9886	0.9996	0.9996	0.9996	25721	25723	123123	Питание
24	23	720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7761	0.9961	0.9964	0.9964	2882	2884	85554	220 В
25	23	720 0.9505	0.9550	0.9505	0.9404	0.9502	0.9547	0.9997	0.9997	25522	25522	123123	Акб ДТМ 12

Tm - Maintenance period.

Kiaf = Kaf. x P(Tm)

Kiaf(1) = Kaf. x P(1)

Kaf. = Kaf x Kaf(spta).

Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).

MTBF = MTTF+MTTR

Tlim - ω(t)=0

Maintenance model:

ID	PID	Name	Period	Detect	MTTA	Syppy	MTTR	Cspta	Kaf	SPTA	SPTA%	Limit	Element
0		TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	35.4		0.9995				Система
1	0	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	29.7		0.9998				АУПС
4	1	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 0.5	0.01	1.0000		2 66.7		1 С2000-КДЛ
7	1	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 20.8	4.78	1.0000		20 12.5		10 ДИП-34А-03
8	1	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 0.8	0.03	0.9999		2 25.0		1 С2000-ИП-03
9	1	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 3.7	0.29	1.0000		8 25.0		4 ИПР-513-3А1
10	1	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	3.0		1.0000				БИРП
12	10	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	2.5		1.0000				Питание
13	12	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 2.0	0.01					220 В
14	12	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 0.4	0.01					Акб ДТМ 12
15	0	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	4.7		0.9997				СОУЭ
17	15	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 1.2	0.04	0.9997		2 25.0		1 Рупор-300-М
23	15	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	2.5		1.0000				Питание
24	23	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 2.0	0.01					220 В
25	23	TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 0.4	0.01					Акб ДТМ 12

Cspta - calculation count SPTA.

Kaf - availability factor SPTA.

Limit - replenishment threshold SPTA

MTTR = (MTTR(one) x Count + Detect + MTTA) x (1-P(Tm))

Рассчитаем модель в тревожном режиме с точность 2: reliab

--model="model.xml" --auto=2 --operation=1

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.7911	0.9997	0.7911	0.3005	0.7656	0.9674	0.9677	0.9750	1644	1677		12079 Система
1	0		720 0.8707	0.9998	0.8707	0.6559	0.8684	0.9971	0.9973	0.9974	4821	4825		81931 АУПС
2	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001			1058581 С2000М
3	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20001			543263 С2000-БКИ
4	1		720 0.9986	1.0000	0.9986	0.9882	0.9982	0.9997	0.9997	0.9997	26667	26668		413321 С2000-КДЛ
5	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20001			543263 С2000-КПБ
6	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001			1058581 С2000-СП1
10	1		720 0.9714	1.0000	0.9714	0.9176	0.9708	0.9993	0.9994	0.9994	17765	17768		116970 БИРП
11	10		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001			1058581 РИП 24 исп.
12	10		720 0.9891	1.0000	0.9891	0.9686	0.9886	0.9996	0.9996	0.9996	25720	25723		122135 Питание
13	12		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7761	0.9961	0.9964	0.9964	2882	2884		83876 220 В
14	12		720 0.9505	0.9550	0.9505	0.9404	0.9502	0.9547	0.9997	0.9997	25522	25522		122135 Акб ДТМ 12.
15	0		720 0.9086	0.9999	0.9086	0.4582	0.8861	0.9751	0.9752	0.9826	2069	2097		12757 СОУЭ
16	15		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40001			1058581 Рупор-300
17	15		720 0.9906	1.0000	0.9906	0.9297	0.9893	0.9987	0.9987	0.9990	10001	10002		160080 Рупор-300-М
18	15		720 0.9910	1.0000	0.9910	0.9734					80001			2061854 Рупор-АР-М1
19	15		720 0.9910	1.0000	0.9910	0.9734					80001			2061854 МК-12
20	15		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20001			543263 УК-ВК исп.1
21	15		720 0.9994	1.0000	0.9994	0.8217	0.9894	0.9900	0.9900	0.9933	3201	3214		19985 ОПР-С106.1
22	15		720 0.9971	1.0000	0.9971	0.7687	0.9875	0.9903	0.9903	0.9941	3159	3169		23734 Молния 24
23	15		720 0.9891	1.0000	0.9891	0.9686	0.9886	0.9996	0.9996	0.9996	25720	25723		122135 Питание
24	23		720 0.7789	0.9997	0.7789	0.4725	0.7761	0.9961	0.9964	0.9964	2882	2884		83876 220 В
25	23		720 0.9505	0.9550	0.9505	0.9404	0.9502	0.9547	0.9997	0.9997	25522	25522		122135 Акб ДТМ 12

Tm - Maintenance period.

Kiaf = Kaf. x P(Tm)

Kiaf(1) = Kaf. x P(1)

Kaf. = Kaf x Kaf(spta).

Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).

MTBF = MTTF+MITTR

Tlim - ω(t)=0

Maintenance model:

ID	PID	Name	Period	Detect	MTTA	Syppy	MITTR	Cspta	Kaf	SPTA	SPTA%	Limit	Element
0		TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	33.8		0.9925				Система
1		0 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	4.4		1.0000				АУПС
4		1 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 0.5	0.01	1.0000		2 66.7		1 С2000-КДЛ
10		1 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	3.0		1.0000				БИРП
12		10 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	2.5		1.0000				Питание
13		12 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 2.0	0.01					220 В
14		12 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 0.4	0.01					Акб ДТМ 12.
15		0 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	28.4		0.9925				СОУЭ
17		15 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 1.2	0.04	0.9997		2 25.0		1 Рупор-300-М
21		15 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 13.2	3.12	0.9966		8 10.7		5 ОПР-С106.1
22		15 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 10.5	2.00	0.9962		6 10.5		4 Молния 24
23		15 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	2.5		1.0000				Питание
24		23 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 2.0	0.01					220 В
25		23 TO:720:0.3:8:360		720 0.333		8	360 0.4	0.01					Акб ДТМ 12

Cspta - calculation count SPTA.

Kaf - availability factor SPTA.

Limit - replenishment threshold SPTA

MITTR = (MITTR(one) x Count + Detect + MTTA) x (1-P(Tm))

Рассчитаем предельное состояние по наработке, в данном случае будут

учитываться только невозстанавливаемые Элементы: reliab

--model="model.xml" --auto=2 --calc="nr" --operation=0

Model:

ID	PID	OID	Type	Count	SPTA	Prob.	Med.	Dev.	MID	MITTR	Label
0			or							31.0	::Система
1	0		or							31.0	:АУПС
2	1		0,1 element			weibull	40000	1			С2000М
3	1		0,1 element	2		weibull	40000	1			С2000-БКИ
5	1		0,1 element	2		weibull	40000	1			С2000-КПБ
6	1		0,1 element			weibull	40000	1			С2000-СП1
10	1		or						30.5		:БИРП
11	10		0,1 element			weibull	40000	1			РИП 24 исп.56
15	0		or						31.0		:СОУЭ
16	15		0,1 element			weibull	40000	1			Рупор-300
18	15		0,1 element			weibull	80000	1			Рупор-АР-МБ
19	15		0,1 element			weibull	80000	1			МК-12
20	15		1 element	2		weibull	40000	1			УК-ВК исп.12

MITTR - one element.

Calculation model:

ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0			720 0.8204	0.9997	0.8204	0.5521	0.8177	0.9965	0.9968	0.9968	3643	3647		113488 Система
1	0		720 0.8816	0.9998	0.8816	0.6852	0.8801	0.9981	0.9983	0.9983	5721	5723		175723 АУПС
2	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 С2000М
3	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20007			589309 С2000-БКИ
5	1		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20007			589309 С2000-КПБ
6	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 С2000-СП1
10	1		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474	0.9819	0.9998	0.9998	0.9998	40007	40007		1150954 БИРП
11	10		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 РИП 24 исп.
15	0		720 0.9305	0.9999	0.9305	0.8057	0.9297	0.9990	0.9991	0.9991	10007	10008		301821 СОУЭ
16	15		720 0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007			1150954 Рупор-300
18	15		720 0.9910	1.0000	0.9910	0.9734					80007			2245633 Рупор-АР-М
19	15		720 0.9910	1.0000	0.9910	0.9734					80007			2245633 МК-12
20	15		720 0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20007			589309 УК-ВК исп.1

Tm - Maintenance period.

Kiaf = Kaf. x P(Tm)

Kiaf(1) = Kaf. x P(1)

Kaf. = Kaf x Kaf(spta).

Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).

MTBF = MTTF+MITTR

Tlim - ω(t)=0

ReliabGUI

графическое приложение
построения и расчета модели
надежности
пожарной автоматики.

г. Архангельск
2020 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.

ОБЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ.

РАСЧЕТ МОДЕЛИ.

ОТЧЕТ.

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.

РЕЖИМЫ РАБОТ МОДЕЛИ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОТЧЕТОВ.

ШАБЛОНЫ.

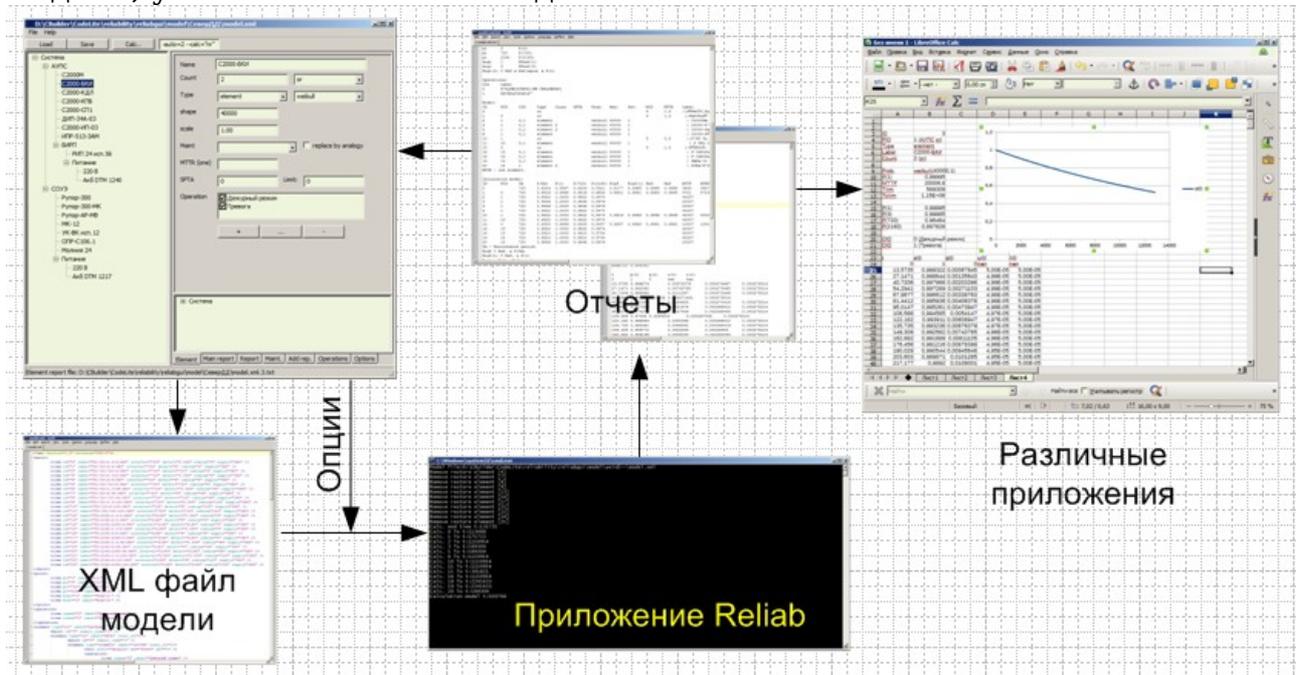
ПРЕДИСЛОВИЕ

Графическое приложение разрабатывалось с использованием кроссплатформенной библиотеки wxWidgets с целью упрощения применения консольного приложения reliab при построении и расчете модели надежности систем пожарной автоматики.

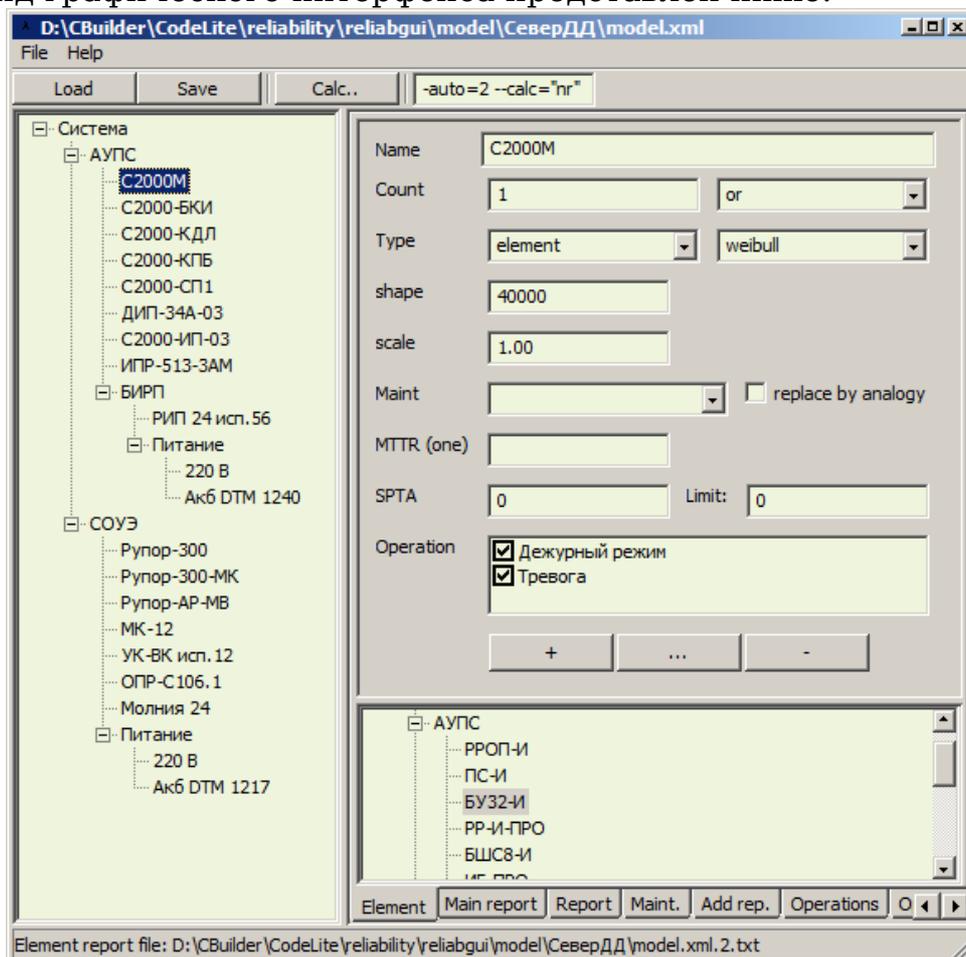
Базовые положения рассмотрены в описании консольного приложения reliab, более полное описание в «Методика оценки показателей надежности пожарной автоматики».

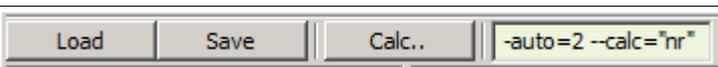
ОБЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ.

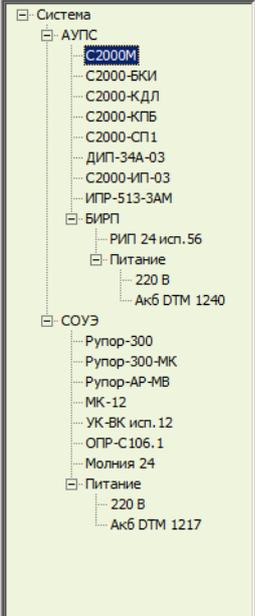
С помощью приложения reliabgui формируется XML файл модели, запускается консольное приложение reliab и отображаются отчеты по модели, узлам и элементам модели.

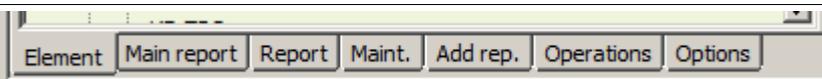


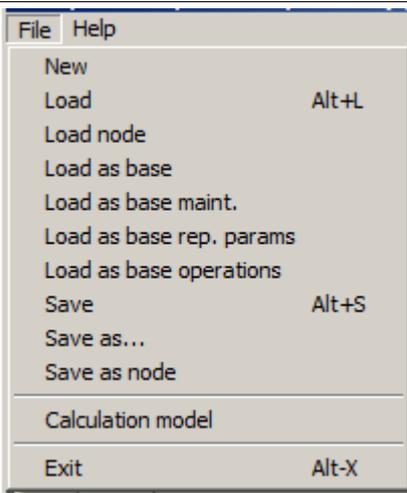
Общий вид графического интерфейса представлен ниже.




Load - загрузить модель из файла; **Save** - сохранить изменения модели в файл; **Calc...** - запуск консольного приложения reliab с установленными опциями; Результирующая строка команды запуска - отображается в информационных целях и не влияет на расчет. Кнопка Calc будет активна только в случае наличия файла модели и сохранения в нем внесенных изменений.


 Отображение структуры модели.


Element - редактирование свойств Узлов и Элементов; **Main report** - отчет расчета всей модели; **Report** - отчет расчета выбранного Узла или Элемента; **Maint.** - перечень видов технического обслуживания; **Add rep.** - перечень дополнительных параметров отчетов; **Operations** - перечень режимов работ; **Options** - опции расчета модели.


New - создать новую модель;
Load - загрузить модель из файла;
Load node - загрузить модель из файла как Узел в текущей модели;
Load as base - загрузить модель из файла в виде шаблонных элементов;
Load as base maint. - загрузить модель из файла в виде шаблонных видов технического обслуживания;
Load as base rep. params - загрузить модель из файла в виде шаблонных дополнительных параметров отчетов;
Load as base operation - загрузить модель из файла в виде шаблонных режимов работ;
Save - сохранить изменения модели в файл;
Save as - сохранить модель в другой файл;
Save as node - сохранить модель в файл как Узел;
Calculation model - выполнить расчет модели вызвав консольное

приложение reliab;
Exit - выйти из программы.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ.

Оцениваемая модель строится по логико-вероятностному методу в виде древовидной структуры. Модель включают в себя базовые элементы генерирующие потоки отказов (далее — Элемент), и объединяющий их фиктивный элемент (далее — Узел).

Модель всегда начинается с корневого Узла, который может содержать в себе другие Узлы и Элементы. При необходимости детализации Элемента его можно преобразовать в Узел, и внести в него необходимые Элементы и Узлы.

Свойствами Узла определяется способ подключения входящих в него Элементов и Узлов — последовательное или параллельное включение (далее — Способ включения).

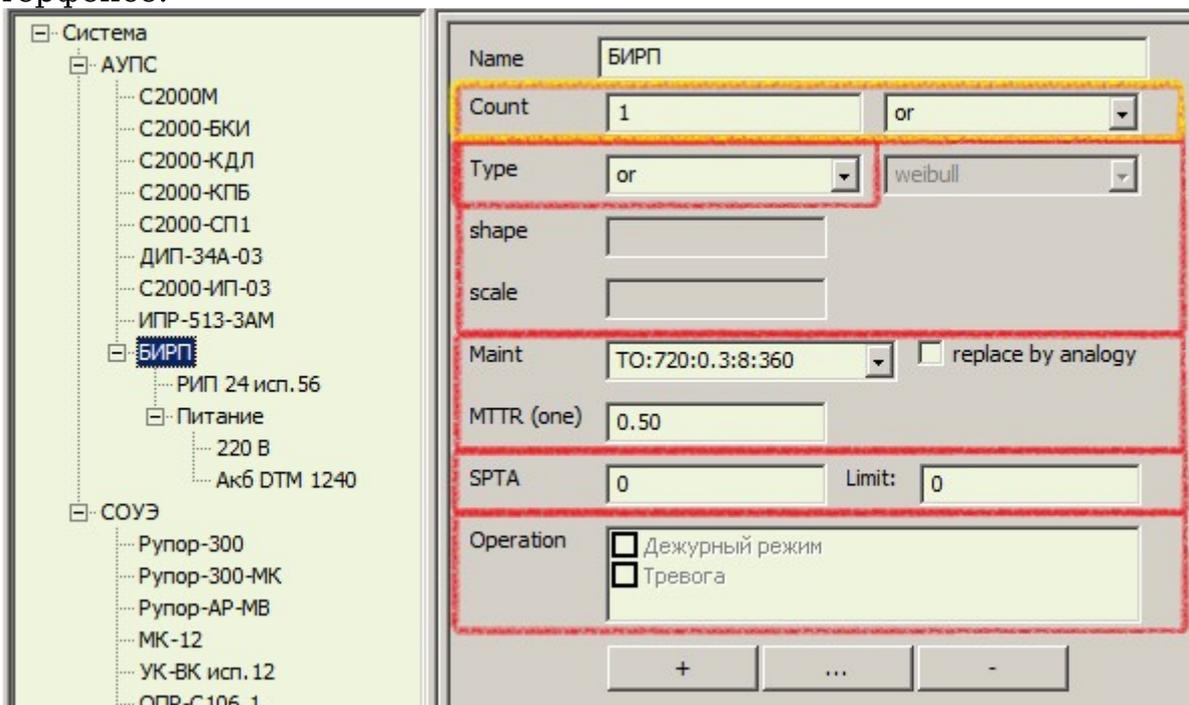
Количество однотипных Узлов и Элементов можно определить не только структурной схемой модели, но и задать количество и Способ включения в их свойствах.

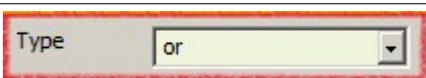
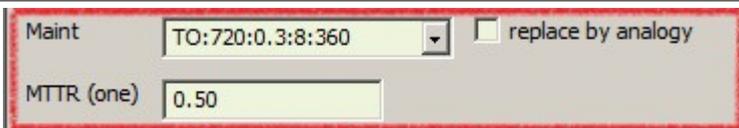
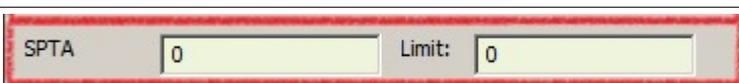
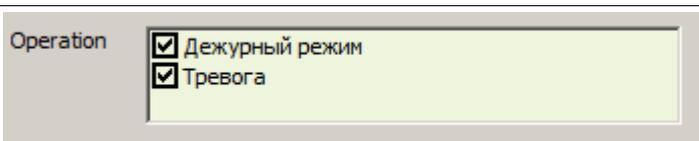
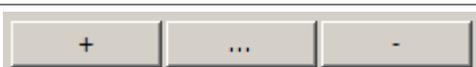
Элемент характеризуется распределением вероятности и свойством потока отказов, перечнем режимов в которых он нагружен, характеристик ЗИПа и эксплуатации (технического обслуживания и контроля). Наличие системы ТО и времени восстановления позиционирует Элемент как восстанавливаемый. Восстанавливаемые элементы не участвуют в расчете предельного состояния модели по наработке.

Описание систем технического обслуживания и контроля включает в себя период выполнения работ, время обнаружения отказа, время прибытия ремонтной бригады и необходимое время для пополнения ЗИПа.

Перечень режимов работ модели определяет выбор Элементов участвующих в расчете, т. е. нагруженных Элементов в данном режиме. Если в расчете режим работы не указан, то расчет выполняется по всем Элементом модели, независимо от режимов их работы.

Свойства Узла или Элемента отображается в нижепредставленном интерфейсе.



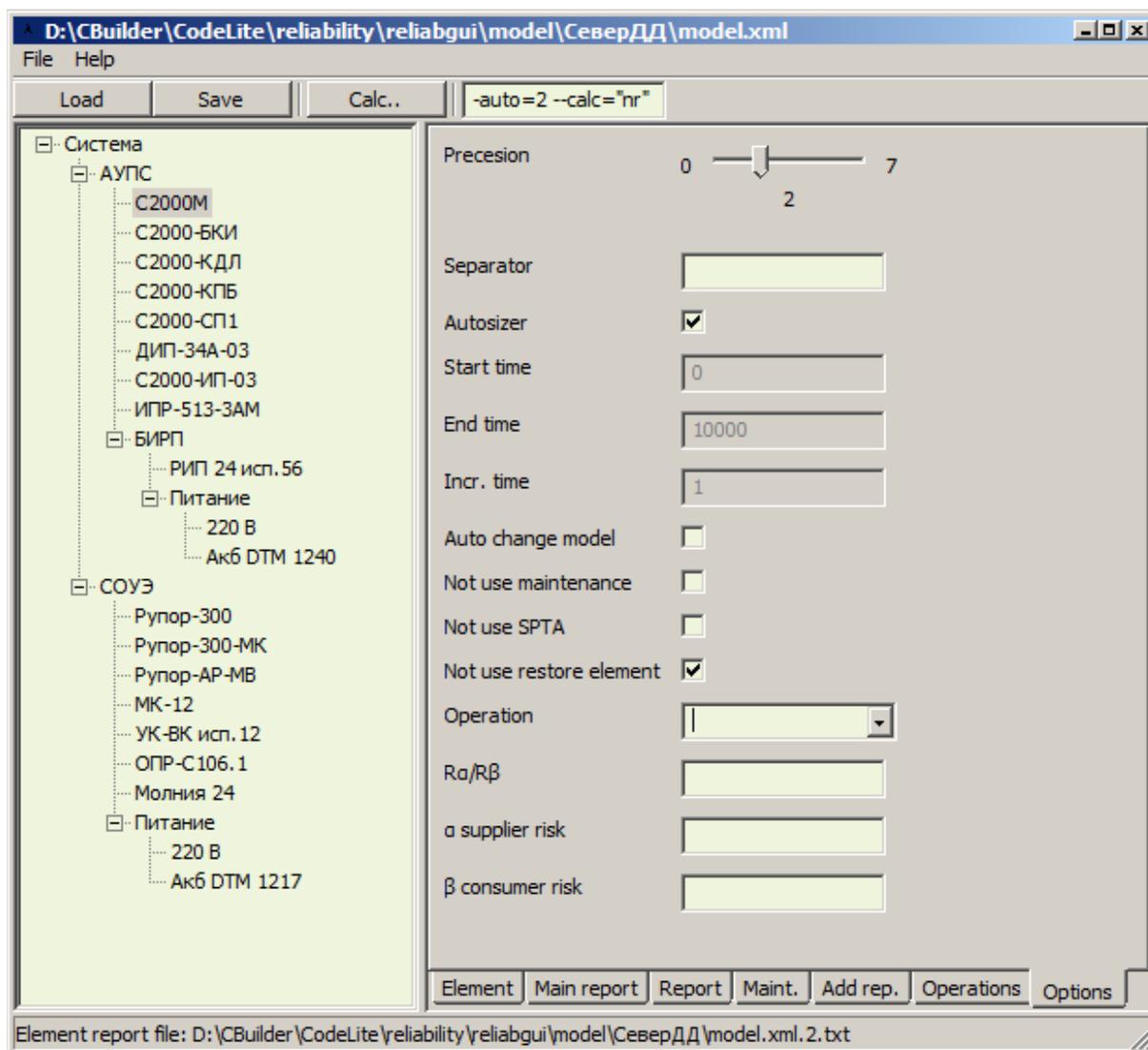
	<p>Количество однотипных Узлов и Элементов и способ их включения: or – последовательное включение; and – параллельное включение.</p>
	<p>Тип: or – фиктивный элемент в котором все дочерние Узлы и Элементы включены последовательно; and – фиктивный элемент в котором все дочерние Узлы и Элементы включены параллельно; element – Элемент генерирующий поток отказов.</p>
	<p>Характеристики функции распределения не фиктивного элемента.</p>
	<p>Вид технического обслуживания и среднее время устранения неисправности одного Узла и Элемента. Флаг replace by analogy позволяет (в случае изменения вида обслуживания) везде заменить текущий вид технического обслуживания на выбранный. Данный параметр определяет, является ли Элемент восстанавливаемым. В случае выбора вида технического обслуживания и не установки среднего времени восстановления изменения не вступят в силу.</p>
	<p>При техническом обслуживании можно использовать ЗИП, где: SPTA – количество Элементов в ЗИПе; Limit – пороговое значение необходимости пополнения. Пороговое значение не должно равняться количеству элементов в ЗИПе, оно(как правило) составляет 50% от общего количества в ЗИПе.</p>
	<p>Выбор режима работы Элемента. По данному параметру определяется будет ли Элемент учитываться в расчете модели при том, или ином режиме работы.</p>
	<p>: «+» - добавить дочерний Узел, или Элемент в выбранный Узел модели; «...» - внести изменения в модель; «-» - удалить Узел или Элемент из модели (Узел самого верхнего уровня нельзя удалить). Изменения модели не вносят изменений в XML файл, для этого необходимо сохранить модель в файле.</p>

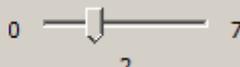
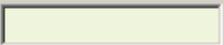
РАСЧЕТ МОДЕЛИ.

Определение показателей надежности $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ выполняется исходя из их функциональной связи. Исходными данными являются свойства Элементов (распределение и интенсивность отказов), по которым определяются с заданной наработкой вероятность безотказной работы Узлов и Элементов. Модель рассчитывается по режиму её работы и наработке.

Наработка определяется её началом, окончанием и величиной приращения времени. Имеется возможность автоматического определения характеристик наработки - окончание определяется по критерию $\Delta P(t)=0$ корневого Узла, а время приращения определяет установленная точность расчета (увеличение точности на единицу уменьшает время приращения на порядок). Приемлемую точность расчета можно определить сравнив исходное и рассчитанное значению средней наработке до отказа Элемента.

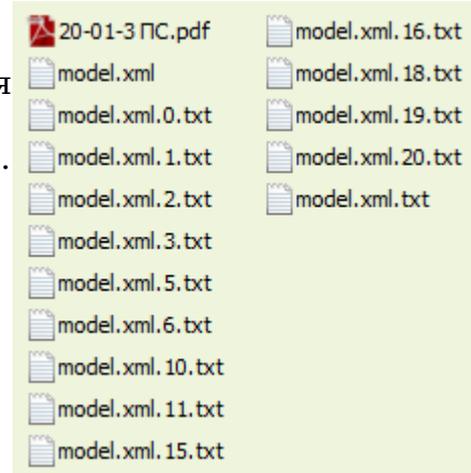
Установкой режима работы определяются учитываемые Элементы в расчете, т. е. Элементы которые в данном режиме находятся в нагруженном состоянии.



Precesion 	Точность расчета при автоматическом определении наработки при установленном флаге Autosizer .
Separator 	Разделитель полей в файлах отчетов, по умолчанию табуляция.
Autosizer <input checked="" type="checkbox"/> Start time <input type="text" value="0"/> End time <input type="text" value="10000"/> Incr. time <input type="text" value="1"/>	Нарботка расчета. Флаг Autosizer определяет автоматический расчет наработки с заданной точностью.
Auto change model <input type="checkbox"/> Not use maintenance <input type="checkbox"/> Not use SPTA <input type="checkbox"/> Not use restore element <input checked="" type="checkbox"/>	Флаги: Auto change model дает возможность вносить изменения в файл модели при автоматическом расчете Элементов в ЗИПе; Not use maintenance позволяет не использовать систему технического обслуживания в расчете; Not use SPTA позволяет не учитывать ЗИП в расчете; Not use restore element позволяет не учитывать восстанавливаемые Элементы при определении предельного состояния модели по наработке
Operation 	Выбор режима работы модели в расчете. Исключает Элементы работающие в иных режимах.
Ra/Rβ <input type="text"/> α supplier risk <input type="text"/> β consumer risk <input type="text"/>	Расчет параметров графика последовательного контроля. Результат отображается в отчете всей модели
Calc.. <input type="text" value="-auto=2 --calc='nr'"/>	Запуск консольного приложения reliab с установленными опциями. Результирующая строка команды запуска отображается в информационных целях и не влияет на расчет. Кнопка Calc будет активна только в случае наличия файла модели и сохранении в нем внесенных изменений.

ОТЧЕТ.

Результаты расчетов формируются в текстовых файлах, в месте нахождения файла модели. Файл отчета по всей модели сохраняется под именем файла модели с добавлением расширения «.txt»(model.xml → model.xml.txt). Файл отчета по Элементам модели сохраняется в файле с добавлением номера Элемента и расширения «.txt»(model.xml → model.xml.0.txt). По умолчанию разделителем полей в отчете является табуляция. В отчет модели входит: наработка и режим работы; системы технического обслуживания и эксплуатации; перечень дополнительных параметров отчетов (используются в отчете Элементов); режимы работ; схема модели в текстовом виде; расчет модели; расчет свойств ЗИПа модели; параметры построения графика последовательного контроля. В разделы отчета Элементов входит: свойства Элемента; дополнительные параметры отчета; табличное представление параметров надежности во времени.



ID	PID	Tm	P(Tm)	P(1)	P(720)	P(2160)	Kiaf	Kiaf(1)	Kaf.	Kaf	MTTF	MTBF	Tlim	Label
0		720	0.8204	0.9997	0.8204	0.5521	0.8177	0.9965	0.9968	0.9968	3643	3647	113488	Система
1	0	720	0.8816	0.9998	0.8816	0.6852	0.8801	0.9981	0.9983	0.9983	5721	5723	175723	АУПС
2	1	720	0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007		1150954	С2000М
3	1	720	0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20007		589309	С2000-БКИ
5	1	720	0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20007		589309	С2000-КПБ
6	1	720	0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007		1150954	С2000-СП1
10	1	720	0.9822	1.0000	0.9822	0.9474	0.9819	0.9998	0.9998	0.9998	40007	40007	1150954	БИРП
11	10	720	0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007		1150954	РИП 24 исп.56
15	0	720	0.9305	0.9999	0.9305	0.8057	0.9297	0.9990	0.9991	0.9991	10007	10008	301821	СОУЭ
16	15	720	0.9822	1.0000	0.9822	0.9474					40007		1150954	Рупор-300
18	15	720	0.9910	1.0000	0.9910	0.9734					80007		2245633	Рупор-АР-МВ
19	15	720	0.9910	1.0000	0.9910	0.9734					80007		2245633	МК-12
20	15	720	0.9646	1.0000	0.9646	0.8976					20007		589309	УК-ВК исп.12

Тm - Maintenance period.
Kiaf = Kaf. x P(Tm)
Kiaf(1) = Kaf. x P(1)
Kaf. = Kaf x Kaf(spta).
Kaf - availability factor (MTTF/MTBF).
MTBF = MTTF+MTTR
Tlim - ω(t)=0

Отчет по модели.

D:\CBuilder\CodeLite\reliability\reliabgui\model\СеверДД\model.xml

File Help

Load Save Calc. -auto=2 --calc="nr"

- [-] Система
 - [-] АУПС
 - C2000M
 - C2000-БК
 - C2000-КД
 - C2000-КЛ
 - C2000-СТ
 - ДИП-34А
 - C2000-ИП
 - ИПР-513-
 - [-] БИРП
 - РИП 2
 - [-] Питание
 - 22
 - А
 - [-] СОУЭ
 - Рупор-30I
 - Рупор-30I
 - Рупор-АР
 - МК-12
 - УК-ВК иск
 - ОПР-С10I
 - Молния 2
 - [-] Питание
 - 220 В
 - Акб D

```

ID      2
PID     1 (АУПС or)
Type    element
Label   C2000M

Prob.   weibull(40000,1)
P(1)    0.999975
MTTF    40006.8
Tlim    1.15095e+006
Tolim   1.15095e+006

P(1)    0.999975
P(3)    0.999925
P(720)  0.982161
P(2160) 0.947432

OID     0 (Дежурный режим)
OID     1 (Тревога)

t       p(t)   q(t)   a(t)   λ(t)
0       1       0       nan    nan
13.5735 0.999661 0.000339281 2.49958e-005 2.50042e-005
27.1471 0.999322 0.000678446 2.49873e-005 2.50042e-005
40.7206 0.998983 0.0010175 2.49788e-005 2.50042e-005
54.2941 0.998644 0.00135643 2.49703e-005 2.50042e-005
67.8677 0.998305 0.00169525 2.49619e-005 2.50042e-005
81.4412 0.997966 0.00203396 2.49534e-005 2.50042e-005
95.0147 0.997627 0.00237255 2.49449e-005 2.50042e-005
108.588 0.997289 0.00271103 2.49365e-005 2.50042e-005

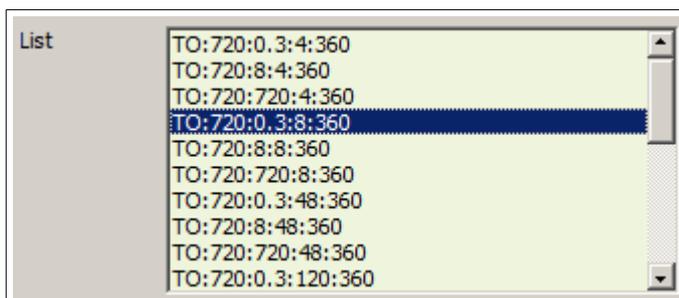
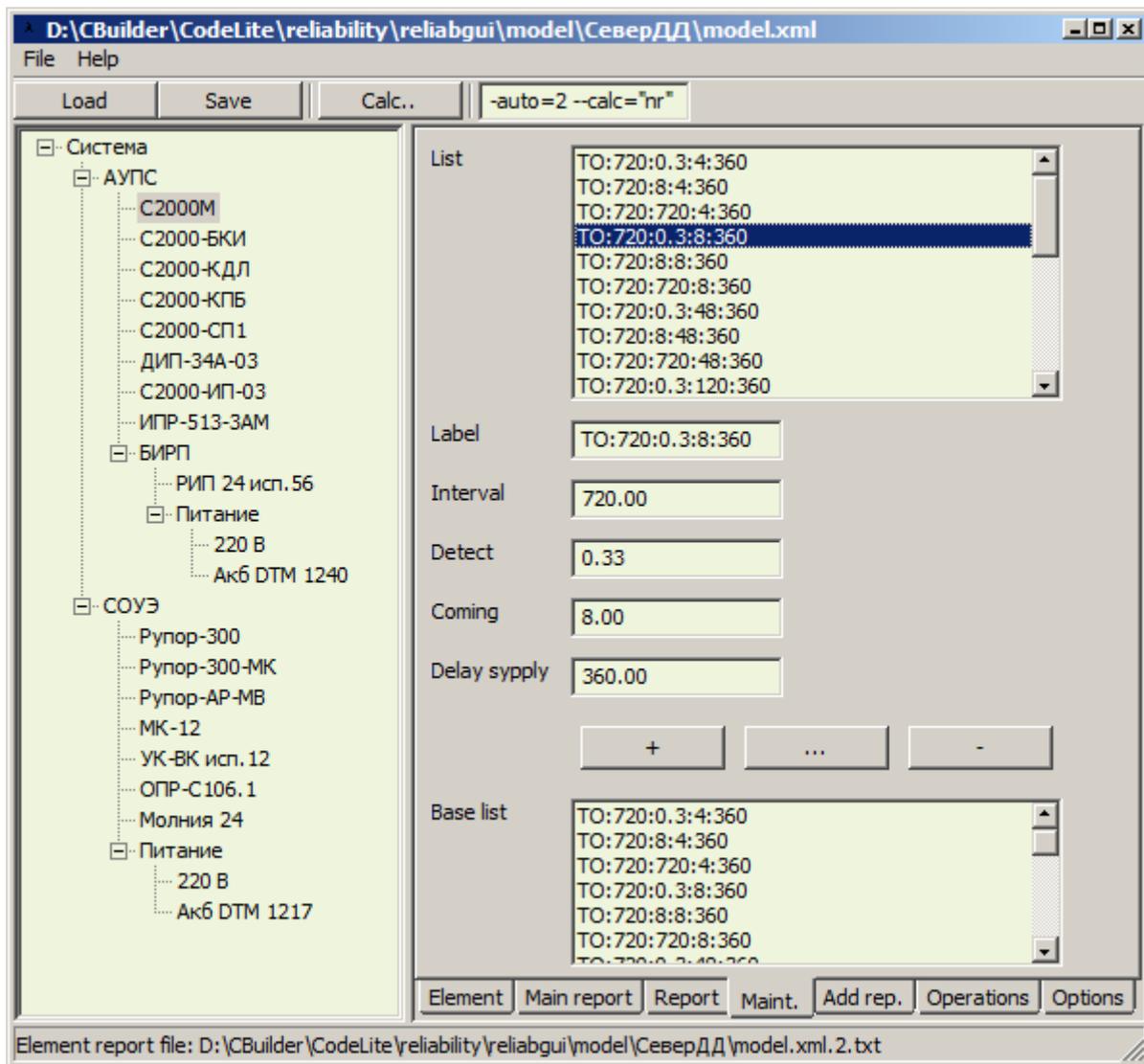
```

Element Main report Report Maint. Add rep. Operations Options

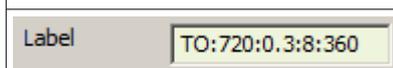
Element report file: D:\CBuilder\CodeLite\reliability\reliabgui\model\СеверДД\model.xml.2.txt

Отчет по выбранному Элементу.

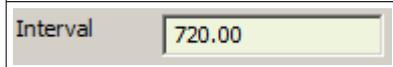
СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.



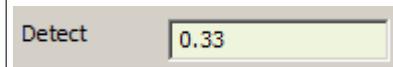
Перечень вариантов, отображается наименование.



Наименование вида технического обслуживания.



Период выполнения работ технического обслуживания.



Время обнаружения неисправности, т. е. задержка поступления заявки в обслуживающую организацию после обнаружение отказа при выполнении контроля технического состояния. Контроль технического состояния может быть организован с применением средств централизованного мониторинга (с

минимальной задержкой), дежурным персоналом на объекте защиты или отсутствовать вовсе, в этом случае задержка будет соответствовать периоду технического обслуживания.

Coming

8.00

Время прибытия ремонтной бригады на объект защиты для устранения отказа (МТГА).

Delay supply

360.00

Задержка пополнения одиночного комплекта ЗИП.

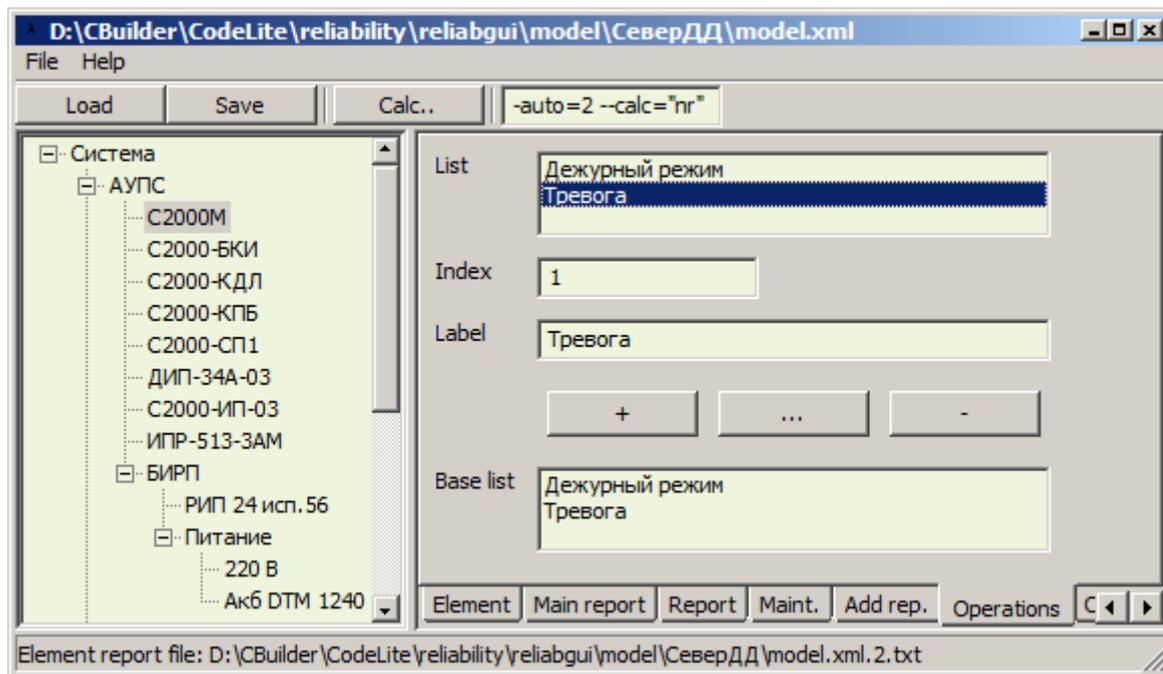
+

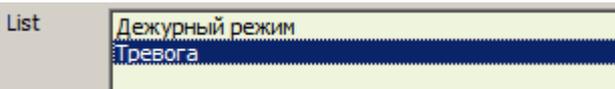
...

-

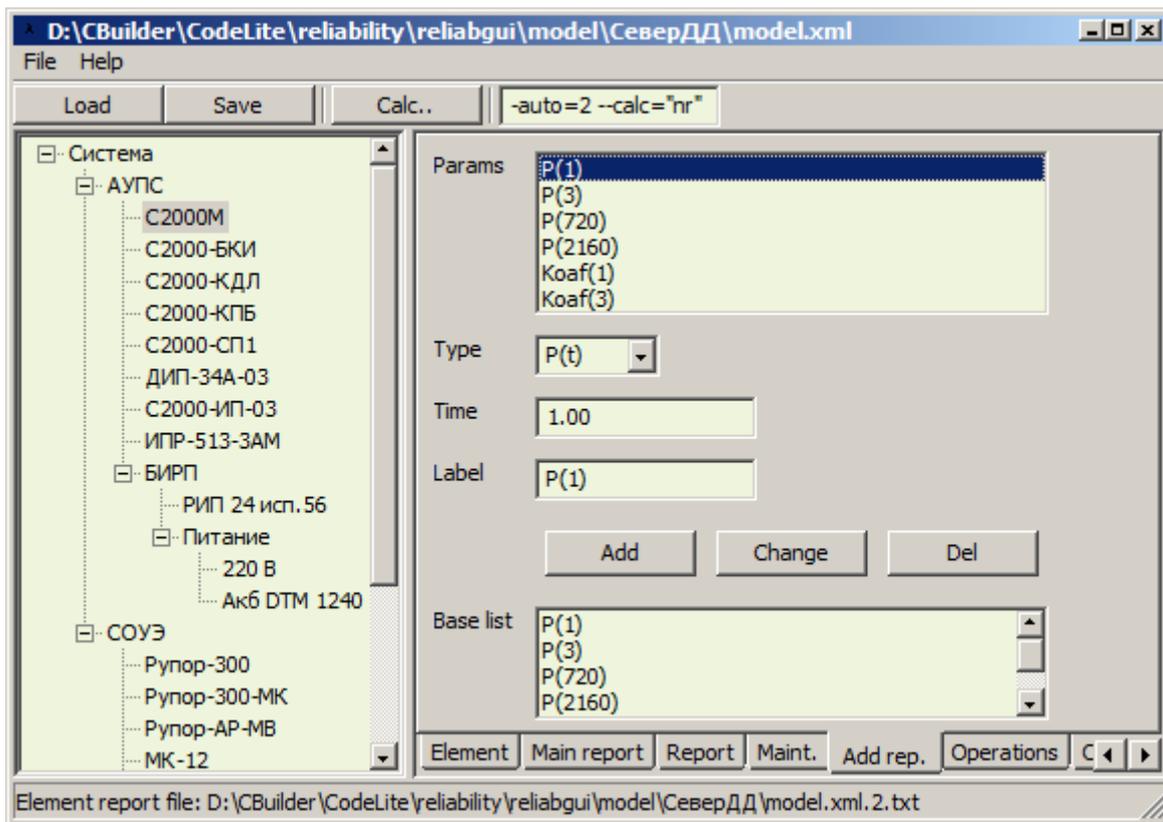
: «+» - добавить в список вид технического обслуживания; «...» - изменить параметры технического обслуживания в списке; «-» - удалить вид технического обслуживания из списка. Вид технического обслуживания имеет идентификатор на который и ссылается Элемент модели, т. е. при удалении вида технического обслуживания ссылка на него становится недействительной. До момента записи в файл изменения модели не повлекут изменения в файле.

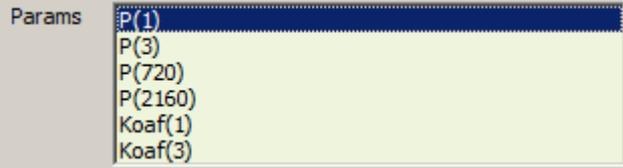
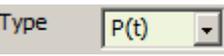
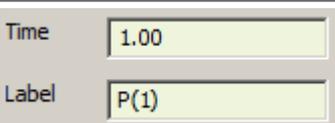
РЕЖИМЫ РАБОТ МОДЕЛИ.



	Список режимов работ модели.
	Идентификатор режима работ и его наименование.
	: «+» - добавить в список режим работы; «...» - изменить параметры режима работы в списке; «-» - удалить режим работы из списка. До момента записи в файл изменения модели не повлекут изменения в файле.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОТЧЕТОВ.



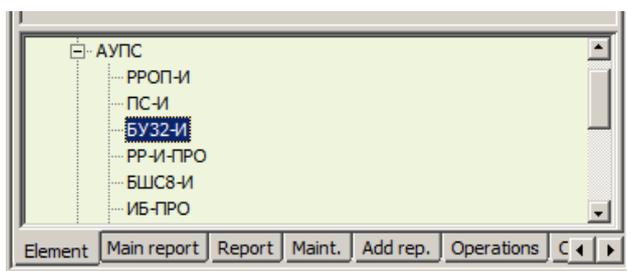
	Список параметров.
	Тип параметра определяет расчет по заданной наработке: $P(t)$ - вероятность безотказной работы; $Koaf(t)$ - коэффициент оперативной готовности.
	Наработка и наименование расчетного значения.
	: «+» - добавить параметр в список; «...» - изменить параметр в списке; «-» - удалить параметр из списка.

ШАБЛОНЫ.

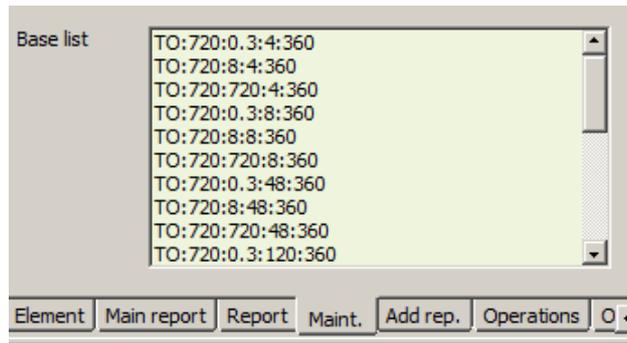
Файл шаблонов представляет из себя XML файл модели с предустановленными: элементами; видами технического обслуживания; режимами работ; дополнительными параметрами отчетов. Файлы шаблонов должны находится в директории исполняемого файла reliabgui, или выше на одну директорию.

Путь к файлу		Описание
Win	Linux	
default.xml ..\default.xml	./default.xml ../default.xml	Шаблон модели загружаемой при старте приложения.
default_base.xml ..\default_base.xml	./default_base.xml ../default_base.xml	Перечень шаблонных элементов.
default_maint.xml ..\default_maint.xml	./default_maint.xml ../default_maint.xml	Перечень шаблонных видов технического обслуживания.
default_operation.xml ..\default_operation.xml	./default_operation.xml ../default_operation.xml	Перечень шаблонных режимов работ.
default_report.xml ..\default_report.xml	./default_report.xml ../default_report.xml	Перечень шаблонных дополнительных параметров отчетов.

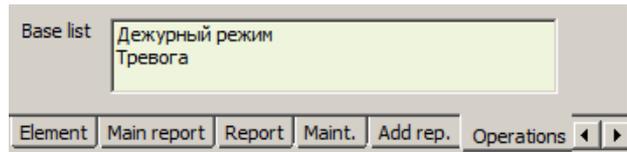
Перечень шаблонных элементов отображается в нижней части вкладки параметров элемента, перечня видов технического обслуживания, перечня режимов работ, перечня дополнительных параметров отчетов. Вставка шаблонных элементов в модель сводится к их выбору (которое влечет за собой заполнение соответствующих полей) и добавлению нажатием кнопки «+».



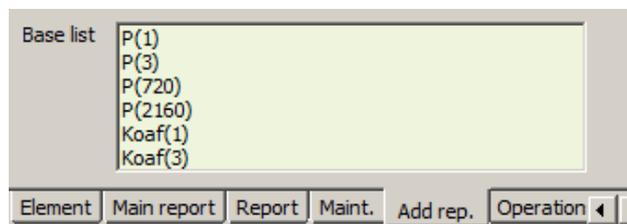
Перечень шаблонных Элементов.



Перечень шаблонных видов технического обслуживания.



Перечень шаблонных режимов работ.



Перечень шаблонных дополнительных параметров отчетов.