

НАДЕЖНОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

А. Ярыгин
директор ООО «Интегран ТР»,
Д. Каткин
технический директор MATAEL Ltd

С введением с 01.05.2009 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент на системы пожарной безопасности» (далее ФЗ-123) основным критерием выбора оборудования для системы пожарной сигнализации и управления автоматикой (далее ПСУА) является степень влияния технической надежности элементов системы пожарной сигнализации на расчетные величины пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.

Основываясь на ФЗ-123 и расчетах, проведенных по методикам, утвержденным МЧС России, нами сделаны следующие выводы:

1. Система пожарной сигнализации, собранная из извещателей и приборов приемно-контрольных, изготовленных согласно требованиям стандарта ГОСТ Р 53325-2009, при одиночной установке извещателей в помещении становится непригодной для выполнения функции опознавания пожара через год, а при установке двух извещателей в помещении – через 2,5 года. При этом если данные извещатели запрограммированы в приборе приемно-контрольном перекрестно (тревога только в случае срабатывания обоих извещателей), то время пригодности обоих извещателей снова падает до года.
2. Установка более одного пожарного извещателя, изготовленного в соответствии с ГОСТ Р 53325-2009 пп. 4.2.4.1, в охраняемом помещении не оправдана, так как решающими факторами являются качество извещателя, надежность опознавания пожара и его наработка на отказ. В большинстве случаев установка двух извещателей в ох-

раемом помещении повышает период надежного опознавания пожара системой пожарной сигнализации за время эксплуатации всего до 25%, а трех – до 40% из 100 возможных. Для расчета был взят период «жизни» системы пожарной сигнализации до полной замены в 10 лет. Такой же срок службы предусмотрен и для пожарных извещателей в упомянутом ГОСТ. Только извещатели и приборы приемно-контрольные с наработкой на отказ более 400000 часов могут выполнять свое предназначение все 10 лет без замены.

3. Вы достаточно богаты, чтобы покупать дешевое оборудование? В таком случае вы можете позволить себе установить систему пожарной сигнализации, которая будет стоить вам при покупке в 2-2,5 раза дешевле высоконадежной, но уже через год-два вы потратите такую же сумму на замену оборудования, а через 10 лет – до семикратной начальной стоимости. Если вы не будете заменять оборудование, то рискуете не только вашим имуществом, но и жизнью людей, даже если периодические проверки выполняются согласно правилам технического содержания РД-009-01-96 – раз в месяц.
4. Учитывая то, что в списке стандартов, соблюдение которых гарантирует исполнение ФЗ-123, не значатся стандарты для проверки и вычисления надежности извещателей и приборов приемно-контрольных, ни один ответственный производитель не может гарантировать надежную и безотказную работу производимых им извещателей и пожарных систем в целом. Данная гарантия может быть им дана только в случае, если его продукция прошла проверки и расчеты

по общепринятым мировым стандартам расчета надежности, в частности MIL-HDBK-217F, и только в лабораториях, выдающих соответствующий сертификат.

5. Мы понимаем, что производители дешевого малонадежного оборудования могут вписать в техническую документацию время наработки на отказ, несоответствующее действительному положению вещей. Поэтому необходимо, чтобы проверка и расчет наработки на отказ проводились. Следует учесть также, что модели извещателей, выпускаемые ныне с наработкой на отказ в 60000, указанной в прилагаемой к ним документации, не могут вдруг получить большую наработку на отказ без существенных изменений в конструкции и элементной базе. В прилагаемой документации необходимо указывать методику, утвержденную на государственном уровне, согласно которой производитель извещателя или прибора приемно-контрольного провел физическую проверку и расчет наработки на отказ.

Далее приводятся расчеты, доказывающие вышеуказанное:

Данный расчет сделан на двух примерах оборудования:

«ПС» – оборудование, соответствующее требованиям ФЗ-123 и ГОСТ Р в плане наработки на отказ (извещатели – 60000 часов, приборы приемно-контрольные – 30000-40000 часов). Для примера взят популярный недорогой адресно-аналоговый извещатель отечественного производства;

«ПС-ВК» – оборудование, соответствующее требованиям ФЗ-123 и с расчетной наработкой на отказ 438000 часов на все элементы системы согласно стандарту MIL-HDBK-217F. Для примера взят высококачественный адресно-аналоговый извещатель импортного производства (обязательная сертификация по MIL-HDBK-217F согласно UL и NFPA72).

Количество извещателей выбрано среднее для общественных и коммерческих зданий.

В соответствии с методикой, изложенной в приложении к Приказу МЧС России от 30.07.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_{\text{в}}$ в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{н}} (1 - R_{\text{ан}}) P_{\text{нр}} (1 - P_{\text{з}}) (1 - P_{\text{п.з}}); \quad (2)$$

где $Q_{\text{н}}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных;

$R_{\text{ан}}$ – вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (далее – АУПТ);

$P_{\text{нр}}$ – вероятность присутствия людей

в здании;

$P_{\text{з}}$ – вероятность эвакуации людей;

$P_{\text{п.з}}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

В свою очередь вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{\text{пз}}$, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей, рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{пз}} = 1 (1 R_{\text{обн}} R_{\text{соуз}}) (1 R_{\text{обн}} R_{\text{пдз}}); \quad (4)$$

где $R_{\text{обн}}$ – вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации (значение параметра $R_{\text{обн}}$, определяется технической надежностью элементов системы пожарной сигнализации, приводимых в технической документации, и у низконадежных приборов не может быть выше, чем у высоконадежных. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать $R_{\text{обн}} = 0,8$);

$R_{\text{соуз}}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{\text{пдз}}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы противоподымовой защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Так как речь идет о вероятности эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации, то будем рассматривать самую многочисленную составляющую системы – пожарные извещатели, установленные в определенном помещении (части помещения).

Для начала необходимо определить нормативный тип и нормативное количество пожарных извещателей в защищаемом помещении. В соответствии с п. 3.4 таблицы М1 Приложения М и п. 13.1 статьи 13 свода правил 5.13130.2009, основной тип пожарных извещателей – дымовой. В соответствии с п. 13.3.3 статьи 13 и с п. 14.2 статьи 14 свода правил 5.13130.2009, допускается установка одного пожарного извещателя в защищаемом помещении.

Исходные данные для проведения расчетов

Оборудование	ПС	ПС-ВК
Срок эксплуатации системы, лет	10	10
Наработка на отказ, час	60 000	438 000

Табл. 1. Надежность оборудования ПС

Срок эксплуатации, лет	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Срок эксплуатации, часов	8760	17520	26280	35040	43800	52560	61320	70080	78840	87600
Наработка на отказ, часов	60 000									
Интенсивность отказов, λ	1,66667E-05									
Вероятность отказа за период работы, Q	0,146	0,292	0,438	0,584	0,73	0,876	1,022	1,168	1,314	1,46
Вероятность безотказной работы, P	0,864157	0,746768	0,645325	0,557663	0,48190	0,416445	0,359874	0,310988	0,268742	0,23223627

Расчет:

Полной характеристикой надежности системы длительного использования, учитывающей состояние системы, ее безотказность и восстанавливаемость, является вероятность нормального функционирования (общая надежность).

Общая надежность определяется из формулы для полной вероятности сложного события:

$$P_{\text{п}}(t) = P_0 P(t) + (1 - P_0) V(t) P(t-t),$$

где $P_0 = K_2$ – значение вероятности исправного состояния системы в начальный момент времени, численно равной коэффициенту готовности K_2 ;

$P(t) = e^{-t/T_m}$ – вероятность безотказной работы к заданному времени;

$(1 - P_0)$ – вероятность неисправного состояния системы к начальному моменту времени ее применения;

$V(t)$ – вероятность восстановления (т.е. обнаружения, устранения отказа и проверки работоспособности системы за время $t < t$; $V(t) = 1 - e^{-t/T_b}$;

$P(t-t)$ – вероятность безотказной работы системы за оставшееся время $(t-t)$, которое считается достаточным для выполнения задачи;

T_m – время безотказной работы;

T_b – время восстановления системы.

На практике обычно $T_b < T_m$ и $P_0 \rightarrow 1$, поэтому вторым слагаемым обычно можно пренебречь. Для упрощения расчетов считаем, что рассматриваемые системы находятся в одинаковых эксплуатационных условиях и $K_2 = 1$.

1) Интенсивность отказов:

$$\lambda = 1 / T_0;$$

где λ – вероятность отказов, 1/ч;
 T_0 – наработка на отказ, часы.

2) Вероятность отказа за период времени работы:

$$Q = \lambda t;$$

где λ – вероятность отказов, 1/ч;
 t – длительность периода времени работы, ч.

3) Вероятность безотказной работы к заданному времени:

$$P = e^{-\lambda t};$$

Результаты расчетов сведены в таблицы 1 и 2.

Для наглядности результаты расчетов приведены на графике (рис. 1).

График наглядно показывает, что надежность оборудования ПС-ВК не опускается ниже уровня 0,8, установленного методикой, за все время эксплуатации (10 лет). А надежность оборудования ПС опускается ниже уровня 0,8 после первого года эксплуатации, и к концу шесто-

Надежность систем пожарной сигнализации с нормативной наработкой на отказ 60000 (ПС) и 438000 часов (ПС_ВК).

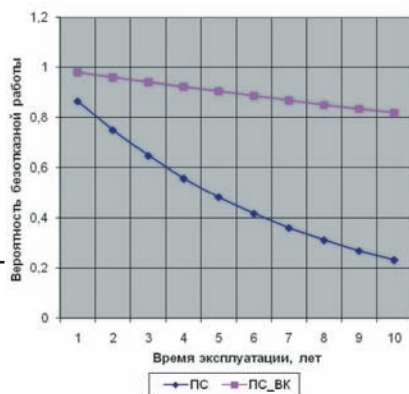


Рис. 1

го года эксплуатации значение вероятности отказа становится выше единицы, т.е. такая система требует замены части оборудования, начиная с первого года эксплуатации, а полная замена должна произвестись на шестом году (с заменой

Надежность системы пожарной сигнализации с нормативной наработкой на отказ 60 000 часов (ПС) для 1-го, 2-х и 3-х извещателей

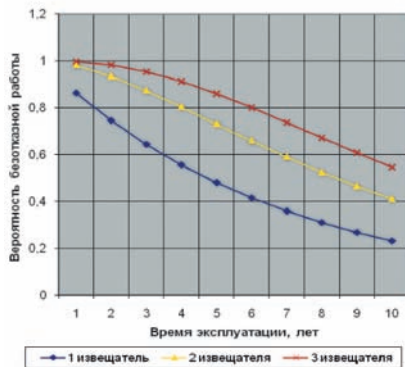


Рис. 2

приборов приемно-контрольных). Сопутствующее заключение:

Вывод: выбор оборудования для ПСУА при установке в защищаемом помещении первого пожарного извещателя за оборудованием ПС-ВК, так как оно обес-

Оценка стоимости затрат на ремонт/замену извещателей в зависимости от количества извещателей и вероятности отказа

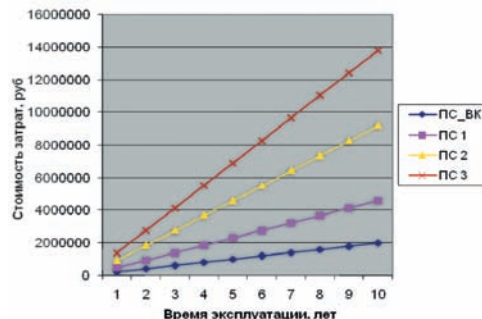


Рис. 3

печивает необходимый уровень надежности за все время эксплуатации.

Рассмотрим возможности увеличения надежности оборудования ПС. Единственный путь – это увеличение количества пожарных извещателей в защищаемом помещении по п. 14.3. статьи 1 свода правил 5.13130.2009. В этом случае применяем формулу:

$P_N = 1 - (1 - P_1)^N$ (для нескольких приборов, параллельное включение).

Результаты расчетов для двух и трех извещателей сведены в таблицу 3.

Для наглядности результаты расчетов приведены на графике (рис. 2).

Анализ полученных данных не в пользу оборудования ПС, так как при 2-кратном увеличении извещателей надежность оборудования снижается ниже уровня 0,8 после 3 лет эксплуатации, а при 3-кратном увеличении извещателей надежность оборудования снижается ниже уровня 0,8 после 5 лет эксплуатации.

При этом необходимо учитывать и экономические составляющие обоснования выбора – затраты на создание системы, затраты на техническое обслуживание системы и затраты на ремонт системы.

Совершенно очевидно, что более надежное (т.е. технически совершеннее) оборудование имеет более высокие стоимостные показатели, и система на низконадежном оборудовании будет в 2...2,5 раза дешевле в момент покупки оборудования. Однако при 2-кратном увеличении извещателей в низконадежной системе стоимость систем сравняется, а при 3-кратном увеличении низконадежная система станет дороже примерно на 40...45%, так и не достигнув требуемого показателя надежности, т.е. затраты на ее создание неэффективны.

Стоимость затрат на техническое обслуживание систем с одинаковым количеством извещателей и прочего оборудования для низконадежной системы в 1,5-2 раза выше высоконадежной системы, так как придется часто менять оборудование

Табл. 2. Надежность оборудования ПС-ВК

Срок эксплуатации, лет	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Срок эксплуатации, часов	8760	17520	26280	35040	43800	52560	61320	70080	78840	87600
Наработка на отказ, часов	438 000									
Интенсивность отказов, λ	2,28311E-06									
Вероятность отказа за период работы, Q	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
Вероятность безотказной работы, P	0,980198	0,960789	0,941764	0,923116	0,904837	0,886920	0,869358	0,852143	0,835270	0,81873075

Табл. 3. Надежность оборудования ПС при 2- и 3-кратном увеличении количества

Срок эксплуатации, лет	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Срок эксплуатации, часов	8760	17520	26280	35040	43800	52560	61320	70080	78840	87600
Наработка на отказ, часов	60000									
Интенсивность отказов, λ	1,66667E-05									
Вероятность отказа за период работы, Q	0,146	0,292	0,438	0,584	0,73	0,876	1,022	1,168	1,314	1,46
Вероятность безотказной работы, P для 1-го извещателя	0,864157	0,746768	0,645325	0,557663	0,481909	0,416445	0,359874	0,310988	0,268742	0,232236
Вероятность безотказной работы, P для 2-х извещателей	0,981546	0,935873	0,874206	0,804338	0,731581	0,659464	0,590239	0,525262	0,465263	0,410538
Вероятность безотказной работы, P для 3-х извещателей	0,997493	0,983761	0,955384	0,913451	0,860934	0,801278	0,737701	0,672900	0,608969	0,547433

Табл. 4. Оценка стоимости затрат на ремонт/замену извещателей (нарастающим итогом)

Срок эксплуатации, лет	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общее количество извещателей системы, N	3400									
Стоимость отечественного извещателя, руб.	925,5									
Стоимость импортного извещателя, руб.	2912,92									
Стоимость для ПС-ВК, руб.	198079	396157	594236	792314	990393	1188471	1386550	1584628	1782707	1980786
Стоимость для ПС, руб.	459418	918836	1378255	1837673	2297091	2756509	3215927	3675346	4134764	4594182
Стоимость для ПС, руб. при 2-кратном увеличении количества извещателей	918836	1837673	2756509	3675346	4594182	5513018	6431855	7350691	8269528	9188364
Стоимость для ПС, руб. при 3-кратном увеличении количества извещателей	1378255	2756509	4134764	5513018	6891273	8269528	9647782	11026037	12404291	13782546

на новое. Но с ростом количества извещателей в 2 или 3 раза для низконадежной системы пропорционально вырастут затраты на обслуживание.

Для затрат на ремонт/замену (для пожарных извещателей) можно сделать стоимостную оценку.

$$Zp = N * Q * C, \text{ где}$$

N – общее количество извещателей системы;

Q – вероятность отказа за период работы;

C – стоимость извещателя.

Результаты расчетов сведены в *таблицу 4*.

Для наглядности результаты расчетов приведены на графике (*рис. 3*).

Из анализа расчетов следует, что высоконадежное оборудование позволяет снизить эксплуатационные расходы в 2...7 раз.

При анализе систем необходимо обратить внимание на структурные особенности рассматриваемых систем. Так в системе ПС, скорее всего, будут использоваться приборы приемно-контрольные, также изготовленные согласно принятым в России стандартам, т.е. с наработкой на отказ в 40000 часов для систем малой емкости и в 30000 часов для систем большой емкости. У ПС-ВК все оборудование имеет наработку на отказ не менее 438 000 часов. Следовательно, при установке системы ПС, изготовленной согласно стандартам, принятым в России, будьте готовы менять приборы приемно-контрольные каждые 3,5-4,5 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам изучения новых законов, регламентов и методик мы считаем, что только использование высоконадежного оборудования может обеспечить необходимый уровень пожарных рисков и действительно спасти от пожара, обеспечив при этом экономию ваших средств. Мы также считаем, что стандарты на системы безопасности должны требовать создания и использования высоконадежного оборудования, как это принято в технически высокоразвитых странах.

Использованная документация:

- Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент на системы пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г.
- ГОСТ Р 53325-2009 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики.
- Приказ МЧС России от 30.07.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
- Свод правил 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
- MIL-HDBK-217F-Notice2 Методика проверки и расчета надежности электронных приборов. Министерство обороны США.

СВЕТЛОЕ БУДУЩЕЕ ТЕЛЕВИДЕНИЯ™



MAGMA

- Живое видео, IP и передача данных в одном волокне
- Совершенная топология сети
- Многомодовое и одномодовое оборудование



**МАГИСТРАЛЬ
СКН**
ГРУППА КОМПАНИЙ

197022, Санкт-Петербург,
Аптекарский пр., б. к. А7, оф. 401
Тел. +7 (812) 234 9831,
Факс +7 (812) 234 6109
www.magistral-skn.ru