

В.И. Фомин, Т.А. Буцынская С.Ю. Журавлев
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ УСТОЙЧИВОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ НА АЭС РОССИИ

Основными показателями неустойчивого функционирования автоматических установок пожарной сигнализации (АУПС) и пожаротушения (АУПТ) являются отказы и ложные срабатывания. Количественные значения, а также динамика их изменений позволяют делать важные практические выводы как об общем состоянии пожарной автоматики на АЭС, так и направлениях ее совершенствования [1]. Однако конкретные выводы о неудовлетворительном функционировании отдельных видов технических средств могут быть сделаны только на основе статистических оценок параметров отказов и ложных срабатываний с учетом общего объема эксплуатируемых изделий данного вида.

При статистическом анализе необходимо знать закон распределения случайного показателя. Если закон распределения не известен, то можно применить непараметрический метод расчета [2].

Расчет средней наработки на отказ и средней наработки на одно ложное срабатывание для устройств конкретного вида:

$$T_0 = s / m; \quad (1)$$

$$T_{\text{ЛС}} = s / n, \quad (2)$$

где T_0 - средняя наработка на отказ;

$T_{\text{ЛС}}$ - средняя наработка на одно ложное срабатывание;

s - суммарная наработка устройств за время анализа;

m - число отказов;

n - число ложных срабатываний.

Расчет средней интенсивности отказов и средней интенсивности ложных срабатываний:

$$\lambda_0 = 1 / T_0; \quad (3)$$

$$\lambda_{\text{ЛС}} = 1 / T_{\text{ЛС}}, \quad (4)$$

где λ_0 - средняя интенсивность отказов;

$\lambda_{\text{ЛС}}$ - средняя интенсивность ложных срабатываний.

Расчет вероятности безотказной работы и вероятности ложного срабатывания за наработку:

$$P_0 = e^{-\lambda_0 t}; \quad (5)$$

$$P_{\text{ЛС}} = e^{-\lambda_{\text{ЛС}} t}, \quad (6)$$

где P_0 - вероятность безотказной работы за наработку;

$P_{\text{ЛС}}$ - вероятность ложного срабатывания за наработку;

t - заданный интервал времени.

Количественные значения данных параметров могут быть получены путем анализа результатов исследования по оценке состояния систем пожарной автоматики на АЭС России, проведенного государственным кон-

цернам "Росэнергоатом" РФ при участии авторов [2]. Исследования проводились на десяти АЭС и охватывали период 1.01.2000 – 31.05.2006 гг. Всего за это время был зафиксирован в системах АУПТ и АУПС 331 отказ технических средств (в том числе отказы, приводящие к ложному срабатыванию) и 725 ложных срабатываний (в том числе 62 срабатывания АУПТ с пуском огнетушащего вещества).

В табл. 1. приведен перечень основных типов технических средств пожарной автоматики отечественного и зарубежного производства, используемых в исследуемый период на АЭС.

Таблица 1

Вид технического средства	Отечественного производства	Зарубежного производства
Приемно-контрольные приборы и приборы управления пожарные	ППС-1, ППС-3, Рубеж-10А, УСПП, Гранит-8, Топаз-1, Топаз-М, ППКУП С2000-АСПТ, Сигнал-20, ППК-2 (А, М), Комар-Сигнал-12, ТОЛ-10/100, АППТ, Топаз	ESMI (Финляндия), FS90, SSDH500, ESA, XLS1000, CS1140 ALGO1, CS1140 ALGO2, CS1140 ALGO3 (Siemens)
Пожарные извещатели	ДИП (ДИП- 2, ДИП- 3, ДИП- 3С, ДИП –3М, ДИП – 10), ДТЛ, ИДФ – 1М, ИПР, ПКЛ, ПКЛ-9, Т-419-2М, ПИО-017 с ДПС-038, ИДПЛ-1 (ИП 212-7), ИДПЛ-1М, ИП 103, ИП104, ИП 105-2/1, ИП109-1/ Б, ТРВ –1, ТРВ-2, РИД-6М, РИД-7М, ТСМ-0879, ДПИД-ВЗГ, ДИАБАЗ-БМ, ТР-ОМ5, МАК-1, ДТД-72, Пульсар 2-012, ИП-212-45, ИП-212-46, ИП329-2 "Аметист", ИП332-1/2 "Набат"	DO1131A, ORS-132, ESMI225IEM, 6424, 2251E, 2251HRE, 5551E, M500KAC, M500ME, M500CHE, 20//20U-C, SSDH5400KAC, F-910, R-716, DO1131A, DLO1191

В табл. 2 приведены рассчитанные по формулам (1) – (6) количественные значения отказов и ложных срабатываний, значения средней наработки на отказ и средней наработки на одно ложное срабатывание, средней интенсивности отказов и средней интенсивности ложных срабатываний для технических средств, имеющих за период исследования существенные проявления неустойчивой работы. По тем типам извещателей и приборов,

у которых наблюдались единичные отказы и (или) ложные срабатывания, расчеты не проводились.

Диаграммы значений вероятности безотказной работы и вероятности отсутствия ложного срабатывания для перечисленных технических средств за один год (8760 часов) наработки приведены соответственно на рис.1, 2.

Таблица 2.

Тип технического средства	Общее количество используемых технических средств	Количество отказов, ед	Количество ложных срабатываний, ед	Наработка на отказ, T_0 , ч	Интенсивность отказов, $\lambda_{от}$, 1/ч	Наработка на ложное срабатывание, $T_{лс}$, ч	Интенсивность ложных срабатываний, $\lambda_{лс}$, 1/ч
ППС - 1	292	24	29	$5,9 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$4,9 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
ТОЛ -10/100	21	8	9	$1,25 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^5$	$9,1 \cdot 10^{-6}$
ППК - 2(2М)	95	16	16	$2,9 \cdot 10^5$	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^5$	$3,4 \cdot 10^{-6}$
ИП105 - 2/1	6204	31	33	$9,5 \cdot 10^6$	$1,05 \cdot 10^{-7}$	$9,1 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
ДИП - 1	14800	58	116	$1,2 \cdot 10^7$	$8,2 \cdot 10^{-8}$	$5,9 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^{-7}$
ДИП - 3	16321	21	72	$3,65 \cdot 10^7$	$2,7 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^6$	$9,2 \cdot 10^{-7}$
ИП212 - 5	3029	16	16	$9,1 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$9,1 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
ИП212 - 45	330	8	38	$2 \cdot 10^6$	$5,1 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^{-7}$
ИП212 - 46	107	8	8	$6,25 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$6,25 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^{-6}$
ИДФ - 1М	629	133	237	$2,25 \cdot 10^5$	$4,45 \cdot 10^{-6}$	$1,25 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^{-6}$
ИДПЛ - 1	33	1	8	$1,6 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^{-7}$	$1,96 \cdot 10^5$	$5,1 \cdot 10^{-6}$

В табл. 3 приведены результаты обобщенного анализа причин неустойчивой работы перечисленных в табл. 2 технических средств. На устойчивость функционирования пожарной сигнализации в целом основное влияние оказывало старение и отказы элементов, а также аномальное воздействие внешних факторов. Основной причиной ложных срабатываний являлись отказы.

Выявленные характерные конкретные причины отказов для некоторых технических средств: ИП105-2/1 - неисправность геркона в термочувствительном элементе; ИДФ-1М – выход из строя лампы СМ-28-0,05.

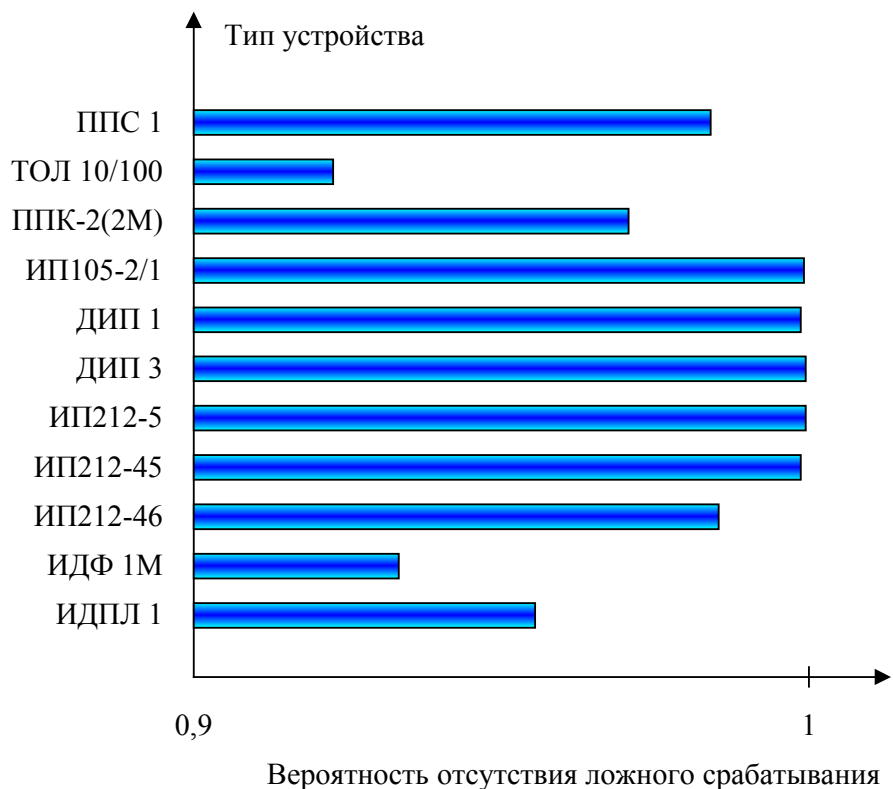


Рис. 1. Диаграмма значений вероятности безотказной работы для технических средств ПС за один год наработки

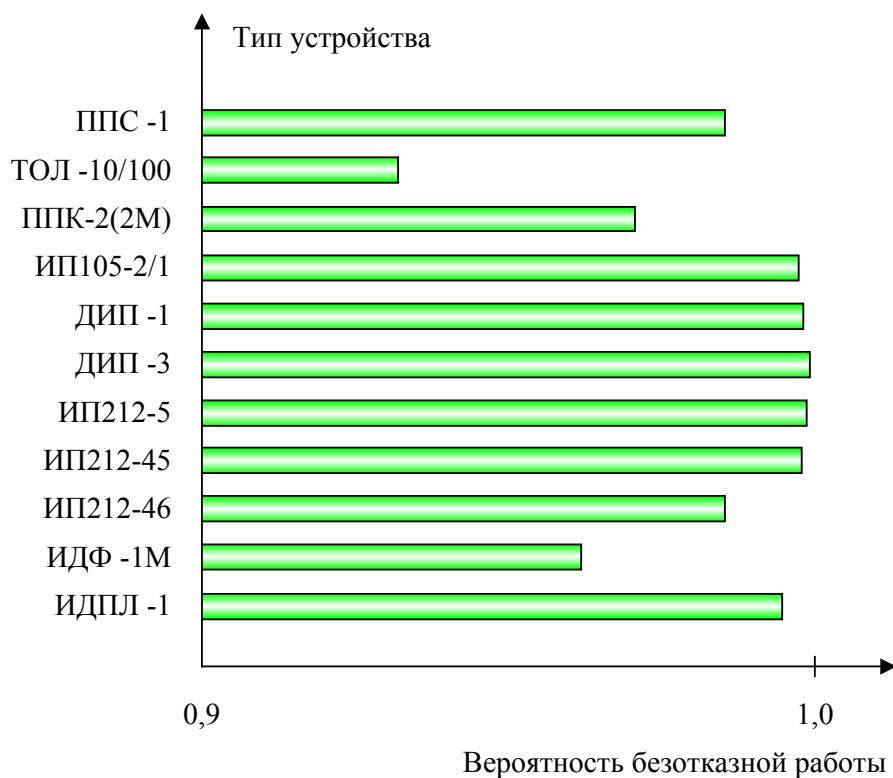


Рис.2. Диаграмма значений вероятности отсутствия ложного срабатывания для технических средств ПС за один год наработки

Таблица 3

Тип технического средства	Причины неустойчивой работы		
	Старение и отказы элементов	Аномальное воздействие внешних факторов	Другие
ППС-1	+	-	-
ТОЛ-10/100	+	-	-
ППК-2(2М)	+	-	-
ИП105-2/1	+	-	-
ДИП-1	+	+	+
ДИП-3	+	+	+
ИП212-5	+	-	-
ИП212-45	+	+	
ИП212-46	+	-	-
ИП212-46	+	-	-
ИП212-46	+	-	-
ИДФ- 1М	+	+	-
ИДПЛ-1	-	+	-

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Результаты расчетов средней наработки на отказ и средней наработки на одно ложное срабатывание показывают, что они являются удовлетворительными для большинства технических средств пожарной сигнализации. Для сравнения: установленная средняя наработка на отказ пожарных извещателей в системах охраны и безопасности объектов вневедомственной охраны составляет $2 \cdot 10^4$ ч, для приемно-контрольных приборов – $(1 - 2) \cdot 10^4$ ч [3].

Таким образом, для приборов и извещателей, длительность работы которых не превышает установленный в технической документации средний срок службы, эксплуатация может быть продолжена.

2. Для приборов и извещателей, морально устаревших и имеющих значительный срок эксплуатации, должна быть осуществлена их планомерная замена на современные типы. Учитывая значительное количество некоторых типов технических средств, эксплуатируемых на АЭС и их удовлетворительные эксплуатационные характеристики (например, ППС-1, ДИП-1, ДИП-3), возможно продление их срока службы (для планомерной замены) после проведения проверки их работоспособности по специально разработанным методикам.

3. При проведении модернизации систем пожарной автоматики должны быть учтены статистические данные об устойчивости функционирования технических средств, а также обнаруженное в результате исследований влияние внешних мешающих факторов.

Литература

1. Фомин В.И, Буцынская Т.А., Журавлев С.Ю. Исследование причин неустойчивой работы систем пожарной автоматики на АЭС России // Вестник Академии Государственной противопожарной службы, № 7. - М.: Академии ГПС МЧС России, 2007.

2. Методические рекомендации по оценке технического состояния и определения остаточного ресурса пожарных извещателей и приёмно-контрольных приборов. Утв. Концерн "РОСЭНЕРГОАТОМ", 2004.

3. Антоненко А.А. Техническая эксплуатация средств охраны и безопасности объектов. – М.: "Макцентр. Издательство", 2002. - 48 с.