

## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВочНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНЫХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

В.С. Харченко<sup>1</sup>, З.Г. Мухаметов<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”,  
<sup>2</sup>Харьковский университет Воздушных Сил)

*В статье предлагается методика определения поправочных коэффициентов для интенсивностей отказов элементов систем на основе установления функциональных зависимостей между традиционными надежностными моделями и моделями, построенными с учётом параметров экстремальных воздействий импульсного типа.*

***поправочный коэффициент, интенсивность отказов, надёжностные модели, экстремальные воздействия импульсного типа***

**Постановка проблемы.** Современные сложные технические системы [1, 5, 6] имеют ряд особенностей проектирования и создания, обусловленных экстремальными условиями (экстремальными воздействиями (ЭВ)) эксплуатации. Эти ЭВ, при всем их многообразии, можно разделить на два основных класса: ЭВ импульсного (ИЭВ) и непрерывного (НЭВ) действия [7].

Следует отметить, что НЭВ достаточно полно учитываются традиционными моделями оценки надёжности [1]. Эти модели, основанные на коэффициентном методе [1], достаточно просты, а получаемые показатели вполне адекватны и точны. Необходимым условием является наличие поправочных коэффициентов соответствующих НЭВ. В рамках этих моделей также возможен учет и ИЭВ, если известен поправочный коэффициент  $k_{ИЭВ}$ .

С другой стороны, существует ряд аналитических (АМ) [2], марковских (ММ) [3] и имитационных (ИМ) [4] моделей, отличных от традиционных моделей. Они позволяют учитывать множество параметров (вероятность возникновения, кратность отказов, законы распределения временных параметров, интенсивность воздействий и т.д.) как ИЭВ, так и НЭВ. Основным недостатком этих моделей является то, что их разработка и экспериментальное подтверждение для сложных систем представляют значительные трудности.

**Анализ литературы.** Имеется достаточно обширный перечень литературы, посвященный методам расчета надежности и, в частности, коэффициентному методу. В [1] приводятся основополагающие положения теории надежности и традиционных моделей оценки надежности. В [2 – 4] описаны основные положения по разработке моделей (АМ, ММ, ИМ), позволяющие учитывать максимально возможный набор параметров ЭВ. Основные положения теории живучести, математические модели оценки живучести технических комплексов критического использования приведены в [5, 6]. Физические модели, теоретические методы оценки параметров различных экстремальных воздействий и основные методы защиты от них описаны в [7].

**Цель статьи.** Разработать методику определения поправочных коэффициентов в зависимости от параметров системы и ЭВ, используя различные модели надежности.

**Модель оценки.** На рис.1 представлены, в виде диаграммы, планируемые уровни показателя надежности системы и необходимый уровень надежности в случае ЭВ.

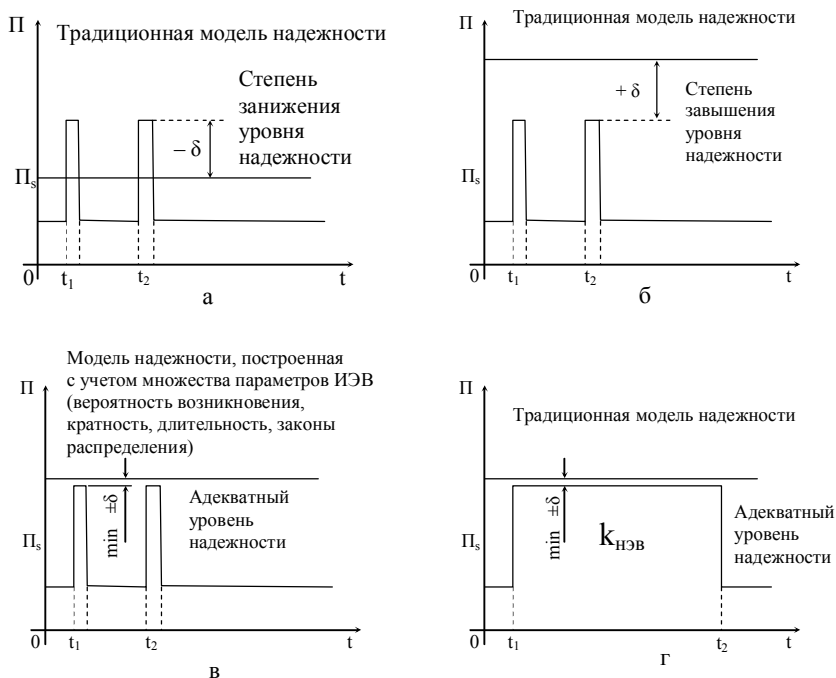


Рис. 1. Уровни показателей надежности системы и (а) – (в) ИЭВ, (г) NЭВ

Как видно из рис. 1, г, для НЭВ можно найти адекватный показатель на всем временном пространстве НЭВ –  $[t_1, t_2]$ . Для этого достаточно повысить общую надежность системы до соответствующего уровня согласно поправочного коэффициента  $k_{\text{НЭВ}}$ . Этот коэффициент определяется как произведение коэффициентов различных НЭВ  $k_{\text{НЭВ}} = k_{\text{НЭВ}1} \cdot k_{\text{НЭВ}2} \cdot k_{\text{НЭВ}3} \cdot \dots \cdot k_{\text{НЭВ}n}$ , если их несколько.

В случае с ИЭВ, используя традиционные модели оценки надежности и метод поправочных коэффициентов, очень сложно найти адекватный показатель. Он получается либо заниженным, либо завышенным (рис. 1, а, б). Поэтому, чтобы получить показатель, адекватно оценивающий надежность системы в условиях ИЭВ (рис. 1, в), приходится строить модели [2 – 4], учитывающие максимум возможных параметров ИЭВ.

Интуитивно ясно, что для традиционных моделей оценки надежности существует поправочный коэффициент  $k_{\text{ИЭВ}}$ , который учитывает ИЭВ. Введением такого коэффициента можно свести к минимуму (рис. 1, в, г) степень занижения (рис. 1, а) или завышения (рис. 1, б) оценки надежности системы.

Таким образом, поправочный коэффициент ЭВ  $k_{\text{ЭВ}}$ , с учетом отмеченных особенностей, можно выразить следующим соотношением:  $k_{\text{ЭВ}} = k_{\text{ИЭВ}} \cdot k_{\text{НЭВ}}$ .

Представим традиционные модели надежности функционалом  $f_{\text{T}}(k_{\text{ЭВ}}, \lambda_{\text{н}}, t)$ , а модели, построенные с учетом параметров ИЭВ, –  $f_{\text{ЭВ}}(P_{\text{ЭВ}}, r, l, \lambda_{\text{ЭВ}}, \lambda_{\text{н}}, t, \dots, x_{\text{н}})$ . Тогда, если обеспечить идентичность входных данных, как по параметрам системы, так и по параметрам ЭВ, то можно получить уравнение:  $f_{\text{T}} = f_{\text{ЭВ}}$ .

Решением этого уравнения будет искомым коэффициент  $k_{\text{ЭВ}}$ . Он представляет собой функцию от всех известных параметров как  $f_{\text{T}}$  так и  $f_{\text{ЭВ}}$ :  $k_{\text{ЭВ}} = \varphi(\lambda_{\text{н}}, P_{\text{ЭВ}}, r, l, \lambda_{\text{ЭВ}}, \lambda_{\text{н}}, t, \dots, x_{\text{н}})$ . Получение решения в виде функции  $\varphi$ , наталкивается на ряд трудностей. Задачу предлагается решать, используя численный метод с последовательным подбором значения переменной, которую необходимо определить.

**Методика решения.** Допустим, нам известны все параметры как системы, так и ЭВ. Воспользуемся методом полуинтервалов (либо любым другим методом, например, методом среднеквадратичных отклонений).

Алгоритм определения  $k_{\text{ЭВ}}$  выглядит следующим образом:

1) выбрать тип номограммы  $k_{\text{ИЭВ}}(x_{\text{н}})$ , где  $x_{\text{н}}$  – один из параметров  $f_{\text{ЭВ}}$ ; при этом будем считать, что НЭВ отсутствуют, т.е.  $k_{\text{ЭВ}} = k_{\text{ИЭВ}}$ ; выбрать интервал  $[x_1, x_2]$ , на котором строится номограмма; задать  $\Delta$  – дискретность интервала и  $\sigma$  – степень приближения  $k_{\text{ЭВ}}$  своему истинному значению; задать  $x_{\text{н}} = x_1$ ; задать интервал  $k'_{\text{ЭВ}} \in ]0; 1[$ ;

- 2) найти правую часть уравнения  $f_T(k_{ЭВ}, \lambda_H, t) = f_{ЭВ}(P_{ЭВ}, r, l, \lambda_{ЭВ}, \lambda_H, t, \dots, x_H)$ , т.е. получить уравнение вида  $f_T(k_{ЭВ}, \lambda_H, t) = A$ , где  $A - \text{const}$ ;
- 3) взять среднее значение интервала  $k'_{ЭВ}$ , т.е.  $k_{ЭВ} = k'_{ЭВ}/2$ ;
- 4) найти значение  $f_T(k_{ЭВ}, \lambda_H, t) = A'$ ;
- 5) если  $A' > A$ , то в качестве интервала  $k'_{ЭВ}$  берем его левый полуинтервал, а правый отбрасываем, если  $A' < A$  – наоборот;
- 6) п.п. 3 – 5 повторить, пока не будет получено удовлетворительное значение  $\sigma$ ;
- 7) зафиксировать значение  $k_{ЭВ}$ , для выбранного  $x_H$ ;
- 8) если  $x_H \neq x_2$ , то взять  $x_H = x_H + \Delta$  и перейти к п. 2;
- 9) соединить найденные точки, аппроксимировать, провести кривую и получить очередную номограмму;
- 10) сменить параметры системы или ИЭВ и найти следующую кривую номограммы (п.п. 2 – 9).

**Результаты исследования.** Численное решение задачи получения  $k_{ЭВ}$  позволяет построить номограммы различного типа. На рис. 2 приведены номограммы, построенные для  $k_{ЭВ}(P_{ЭВ})$  и  $k_{ЭВ}(r)$ .

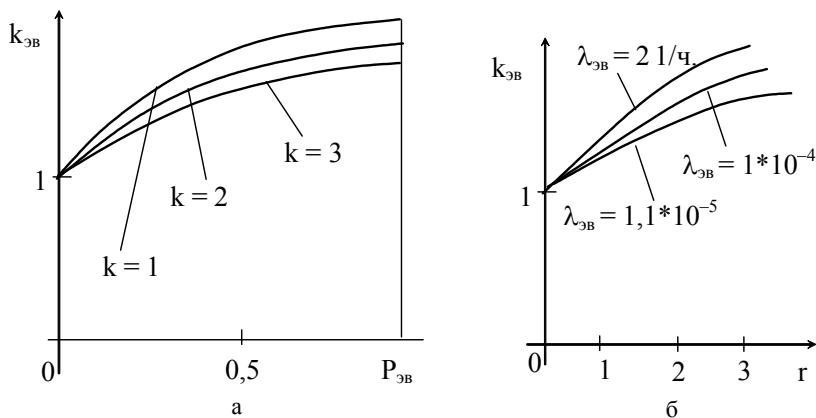


Рис. 2. Номограммы зависимости (а) –  $k_{ЭВ}(P_{ЭВ})$  и (б) –  $k_{ЭВ}(r)$

В качестве исходных данных взяты следующие значения параметров системы и ЭВ:

– системы: адаптивное мажоритарное резервирование; число каналов 3; число ярусов  $k = 1 \div 3$ ; интенсивность отказов элементов  $\lambda_3 = 3 \cdot 10^{-7}$  1/ч;

– ЭВ: кратность  $r$  от 1 до 3; вероятность возникновения ЭВ  $P_{ЭВ} = 0,2 \div 0,8$ ;  $\lambda_{ЭВ} = 2; 1,1 \cdot 10^{-4}; 1,1 \cdot 10^{-5}$  1/ч.

**Выводы.** Предложенная методика получения  $k_{эв}$  и построения номограмм, позволяет воспользоваться преимуществами как традиционных моделей оценки надежности, так и моделей (АМ, ММ, ИМ), которые учитывают максимально возможный набор параметров ЭВ и системы.

Следует отметить, что использование разработанной методики может существенно сократить сроки и материальные затраты проектирования и внедрения новых технических систем критического использования, которые планируется эксплуатировать в условия экстремальных воздействий импульсного характера.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Теорія надійності та живучості елементів і систем літальних комплексів. МОУ / В.С. Харченко та інші. – 1997. – 403 с.*
2. *Мухаметов З.Г. Комбинаторно-вероятностные модели оценки живучести мажоритарных систем с МСД // Обработка информации и обеспечение надежности СУ. – Х.: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – 1997. – С. 86 – 89.*
3. *Гиневский М.И., Мухаметов З.Г., Василенко И.С. Марковская модель надежности и живучести резервированных систем с многоступенчатой деградацией // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вып. 3. – С. 92 – 97.*
4. *Харченко В.С., Мухаметов З.Г., Токарев В.И. Имитационная модель для исследования живучести и выбора параметров многоярусных резервированных структур // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вып. 5. – С. 160 – 165.*
5. *Введение в теорию живучести вычислительных систем / А.Г. Додонов, М.Г. Кузнецов, Е.С. Горбачик. – К.: Наук. думка, 1990. – 184 с.*
6. *Харченко В.С., Лысенко И.В., Мельников А.В. Оценка и обеспечение живучести информационно-вычислительных и управляющих систем технических комплексов критического использования // Зарубежная радиоэлектроника. – 1996. – № 1. – С. 55 – 62.*
7. *Мырова Л.О., Чепиженко А.З. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радио и связь, 1988. – 295 с.*

Поступила 23.03.2005

**Рецензент:** доктор технических наук профессор В.М. Илюшко,  
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».