

## **ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В МОДУЛЯРНОЙ АРИФМЕТИКЕ**

В.М. Илюшко, Мохамед Джасим Мохамед  
(Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»)

*Рассмотрены частные и комплексные показатели для оценки отказоустойчивости систем обработки информации реального времени, функционирующих в модулярной арифметике (в системе остаточных классов), обосновано их использование в рассматриваемых системах.*

*модулярная арифметика, системы обработки информации, отказоустойчивость, частные и комплексные показатели*

**Введение.** Для оценки отказоустойчивости систем обработки информации (СОИ) реального времени можно выделить частные и комплексные показатели отказоустойчивости, основанные на основных характеристиках адаптивных систем. В зависимости от назначения СОИ, т.е. от решаемого класса задач, для оценки отказоустойчивости системы обработки информации можно применять те или иные показатели.

**Цель данной статьи** – выбор и обоснование показателей для оценки отказоустойчивости СОИ реального времени и, в частности, для систем обработки информации в модулярной арифметике (в системе остаточных классов (СОК)).

**Анализ последних исследований.** В литературе рассмотрены и предложены частные и комплексные показатели для оценки надежности и отказоустойчивости СОИ различного назначения. Так, в [1] предьявляется к использованию три группы показателей для оценки отказоустойчивости и живучести средств вычислительной техники. Первая группа показателей – основные показатели, вторая группа – временные показатели отказоустойчивости и живучести, и, наконец, третья группа – дополнительные показатели. В [2, 3] проведены исследования эффективности использования показателей для оценки отказоустойчивости СОИ в следующих случаях:

- при проведении проектной оценки ожидаемого уровня отказоустойчивости;
- при проведении экспериментальной оценки.

В дальнейшем при приведении исследований нас будет интересовать только показатели для оценки отказоустойчивости при разработке СОИ реального времени, которые функционируют в СОК.

**I. Сначала рассмотрим *частные показатели отказоустойчивости*.**

1. *Глубина адаптации*, выражаемая количеством  $\Delta N$  подсистем СОИ, потеря которых не приводит к потере необходимого качества функционирования спецпроцессора. Для СОИ в СОК эта величина будет определяться количеством вычислительных трактов, отказ которых не приводит к отказу всей СОИ. Глубину адаптации удобно представить коэффициентом деградации

$$K_{\text{гСОК}}^{(e)} = \frac{N_1}{N_H}, \quad (1)$$

где  $N_H$  – количество подсистем каналов обработки информации (КОИ) для СОИ в СОК в начальной физической конфигурации ( $N_1 = N_H - \Delta N$ ).

Если рассматривать мультипроцессорную вычислительную систему, состоящую из  $m$  процессоров в СОК, то возможно использование  $m$  частных  $K_{\text{г}}^{(i)}$  и обобщенного  $K_{\text{г}0}$  коэффициентов деградации, выражаемых следующим образом:

$$K_{\text{г}}^{(i)} = \frac{N_1^{(i)}}{N_H^{(i)}}, \quad i = \overline{1, m}; \quad (2)$$

$$K_{\text{г}0} = \sum_{i=1}^m W_i K_{\text{г}}^{(i)}, \quad (3)$$

где  $W_i$  – весовые коэффициенты значимости отдельных СОИ в общей системе.

2. *Качество функционирования* СОИ в СОК может характеризоваться временем  $T_{\text{вл}}$  выявления необходимости реконфигурации (рис. 1). Время  $T_{\text{вл}}$  характеризует систему контроля СОИ.

3. *Среднее время выявления необходимости реконфигурации*

$$\overline{T}_{\text{вл}} = \sum_{j=1}^M T_{\text{вл}j} / M, \quad (4)$$

где  $M$  – количество вариантов функционирования СОИ, при которых необходимо осуществлять реконфигурацию.

4. *Оперативность реконфигурации*, выражаемая временем  $T_{\text{оп}} = t_2 - t_1$ , затрачиваемым на переход к функционированию в новой конфигурации после принятия решения на конфигурацию. Время  $T_{\text{оп}}$  характеризует структуру СОИ и принцип функционирования переключающих устройств.

5. Среднее время оперативности реконфигурации СОИ

$$\bar{T}_{\text{оп}} = \sum_{j=1}^M T_{\text{оп}j} / M. \quad (5)$$

6. *Время реакции*  $T_p = t_1 - t_0$ , где  $t_{\text{отк}}$  – момент времени отказа КОИ в СОК;  $t_0$  – момент времени регистрации отказа;  $t_1$  – начало действия по реконфигурации;  $t_2$  – момент времени начала функционирования СОИ в новой конфигурации (рис. 1).

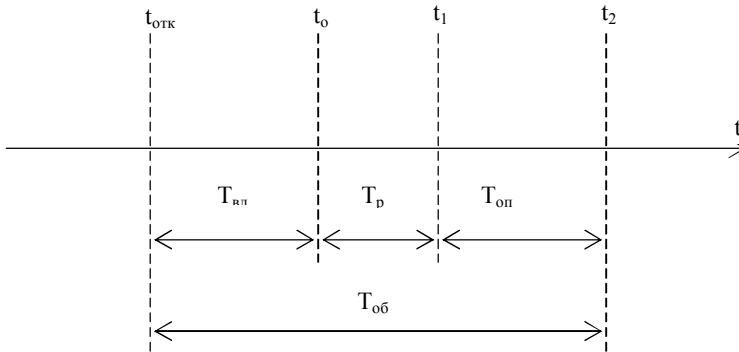


Рис. 1. Временные характеристики отказоустойчивости СОИ в СОК

7. *Аппаратурная избыточность*  $\Delta A$  (выраженная, например, в количестве вентилялей), равная

$$\Delta A = A - A_T,$$

где  $A$  – действительный аппаратный состав СОИ;  $A_T$  – требуемый аппаратный состав СОИ для решения задач без учета возможности адаптации.

Данная характеристика особенно важна для бортовых вычислителей баллистических ракет и космических аппаратов.

8. *Временную и программную избыточность* целесообразно выражать через превышение действительной производительности над требуемой:

$$\Delta \Pi = \Pi - \Pi_T.$$

9). *Надежность* (в частном случае вероятность безотказной работы) для  $i$ -й реконфигурации СОИ

$$H_{\text{сои}}(t) = H_{\text{сои}}^{(i)}(t) \left( P_{\text{сои}}(t) = P_{\text{сои}}^{(i)}(t) \right).$$

10. К вероятностным характеристикам СОИ в СОК можно отнести:

$P_{\text{в}i}$  – вероятность выявления необходимости проведения  $i$ -й реконфигурации;  $P_{\text{о}i}$  – вероятность осуществления  $i$ -й реконфигурации;  $P_{\text{з}i}$  – вероятность выполнения задачи с заданным качеством при  $i$ -й реконфигурации.

**II. К комплексным показателям отказоустойчивости** можно отнести нижеперечисленные показатели:

1) *обобщенная временная характеристика*  $T_{об}$ , отвечающая возможному перерыву в функционировании СОИ:

$$T_{об} = T_{вл} + T_p + T_{оп} = t_2 - t_{отк}; \quad T_{об_i} = T_{вл_i} + T_{p_i} + T_{оп_i}; \quad \bar{T}_{об} = \bar{T}_{вл} + \bar{T}_p + \bar{T}_{оп};$$

2) *комплексный показатель надежности*, производительности и т.п. можно характеризовать по типу обобщенного показателя отказоустойчивости СОИ в СОК. В качестве обобщенного показателя целесообразно взять коэффициент эффективности адаптации

$$K_{эф}(t) = \Phi(t) / \Phi_n, \quad (6)$$

где  $\Phi(t)$  – эффективность функционирования СОИ в текущий момент времени  $t$ ;  $\Phi_n$  – эффективность функционирования СОИ в начальной (полной) конфигурации.

Эффективность функционирования СОИ, имеющей  $i$ -ю конфигурацию, может определяться следующим выражением:

$$\Phi^{(i)}(C, G, T_p, t) = \sum_{i \in \Omega} P_i(t) P^{(i)}(C, G, T_p, t),$$

где  $C$  – совокупность параметров, определяемых ее конфигурацией;  $G$  – совокупность параметров решаемых задач, определяемая некоторым графом  $G$ ;  $t$  – текущее время функционирования СОИ;  $\Omega$  – множество работоспособных состояний СОИ;  $P_i(t)$  – вероятность того, что к моменту решения задачи СОИ имеет  $i$ -ю конфигурацию;  $P^{(i)}(C, G, T_p, t)$  – вероятность безотказного функционирования СОИ в интервале времени  $T_p$  при  $i$ -й конфигурации.

**Выводы.** Отметим, что при оценке отказоустойчивости СОИ реального времени в СОК используются как частные (или их комбинации и сочетания), так и комплексные показатели. Использование показателей зависит как от систем управления, в которых функционирует СОИ, так и от многих других факторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2506-94.
2. Харченко В.С., Тимонькін Г.М., Сичов В.О., Лисенко І.В. *Теорія надійності та живучості елементів і систем ЛК*. – К.: МО України, 1998. – 403 с.
3. *Основи цифрових систем: Підручник / І.П. Барбаши, М.П. Благодарний, В.Я. Жихарев, В.М. Ілюшко, В.С. Кривцов, П.М. Куліков, М.В. Нечипорук, Г.М. Тимонькін, В.С. Харченко*. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2002. – 672 с.

Поступила 1.04.2005

**Рецензент:** доктор технических наук профессор В.А. Краснобаев,  
Харьковский университет Воздушных Сил.