

**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 ΔN 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 $K_g^{(i)}$ и обобщенного K_{g0} коэффициентов деградации, выражаемых следующим образом:

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

$$K_{g0} = \sum_{i=1}^m W_i K_g^{(i)}, \quad (3)$$

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).

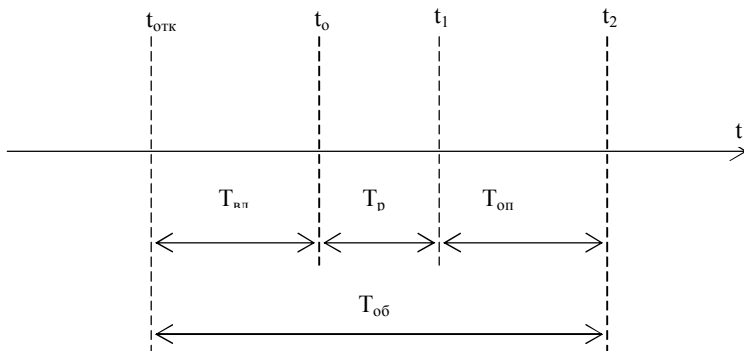


Рис. 1. Временные характеристики отказоустойчивости СОИ в СОК

7. *Аппаратурная избыточность* ΔA (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 ; Φ_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; Ω – 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. Глюшко, В.С. Кривцов, П.М. Куліков, М.В. Нечиторук, 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.