

УДК 681.518

А.Е. Зенович, И.Н. Ключников, О.А. Подгорбунский

## МЕТОДИКА ВЫБОРА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

*Рассматривается решение задачи выбора программных средств контроля цифровых систем (ЦС), для достижения требуемой готовности авиационной техники.*

### Постановка задачи

Эффективность функционирования авиационной техники существенным образом зависит от готовности цифровых систем управления. Своевременное выявление нарушения функционирования цифровых систем является неотъемлемой частью комплекса мероприятий, направленных на обеспечение требуемой готовности систем авиационной техники в целом, что позволяет своевременно и с требуемой эффективностью решать поставленные задачи.

### Анализ состояния рассматриваемой задачи

В [1 – 7] описываются различные подходы к решению задачи обнаружения нарушения функционирования цифровых систем. Одним из самых распространенных решений для контроля работоспособности систем является применение структурной аппаратной избыточности, которая обладает высокой оперативностью обнаружения нарушения функционирования, но имеет ряд недостатков, обусловленных необходимостью применения дополнительных средств, необходимых для поиска причины и места возникновения неисправности (отказа), а также высокую стоимость реализации. Применение для этих целей программных средств (ПС) лишено данных недостатков.

В большинстве случаев для решения задачи оценки технического состояния предлагается разработка новых методов и средств. Такие подходы в большинстве своем являются экстенсивными. В настоящее время существует множество ПС контроля и диагностирования, которые долгое время успешно применяются для оценки технического состояния цифровых систем. Поэтому в качестве альтернативного подхода можно рассматривать выбор необходимого ПС из множества существующих вместо разработки нового.

Анализ изменения вероятности проявления дефектов ПС в процессе жизненного цикла показывает, что с увеличением времени использования ПС ее значение уменьшается. Это обусловлено тем, что

выявленные дефекты проектирования устраняются не только на этапах отладки и тестирования, но и в течение использования ПС [8]. Значение вероятности проявления дефектов ПС оказывает большое влияние на точность оценки технического состояния ЦС. Следовательно, применение ПС, используемых длительное время, может быть эффективнее и целесообразнее, чем применение новых.

**Цель статьи** – разработка методики выбора программных средств оценки технического состояния (ТС) цифровых систем, применение которого позволит обеспечить требуемую готовность при их функционировании.

### Методика выбора программных средств контроля и диагностирования

Для обеспечения требуемой готовности ЦС программное средство контроля и диагностирования (КД) должно иметь соответствующие значения показателей КД. Для обеспечения этого можно использовать два пути. Первый заключается в создании ПСКД, которое удовлетворяет требованиям. Второй заключается в выборе наиболее подходящего ПС из множества уже созданных. Проведем оценку эффективности функционирования системы КД (СКД), которая включает в себя ЦС и ПС при использовании этих подходов.

Эффективность системы есть функция, которая учитывает три составляющих:

$$W = f(R, C, t), \quad (1)$$

где  $R$  – результат функционирования системы;

$C$  – стоимость жизненного цикла системы;

$t$  – время, которое затрачивает система на достижение результата.

Результатом функционирования СКД будем считать выполнение системой возложенных на нее функций, которое возможно только в случае пребывания системы в работоспособном состоянии. При рассмотрении стоимости жизненного цикла системы КД будем рассматривать только одну ее составляющую – стоимость средств КД, которыми в данном

случае являются ПС. При оценке стоимости ПС, учитывая вышесказанное, интерес составляет стоимость этапа создания программных средств  $C_{ПС}^{созд}$ . Для ПСКД она состоит из стоимости подэтапов задания требований, проектирования, программирования и тестирования:

$$C_{ПС}^{созд} = C_{ПС}^{треб} + C_{ПС}^{проект} + C_{ПС}^{прогр} + C_{ПС}^{тест}. \quad (2)$$

Также необходимо учитывать то, что в случае создания нового ПС увеличиваются и общие затраты времени на обеспечение всех составных комплекса поддержания системы управления в работоспособном состоянии. Т.е. на достижение результата расходуется больше времени, чем в случае применения существующих ПСКД.

Таким образом, при оценках стоимости создания нового ПСКД для обеспечения эффективности, которая была бы сравнима с эффективностью СКД в случае применения существующих программных средств КД, необходимо, чтобы значения выражения (2) было меньше стоимости стандартных ПС, которые выбираются для решения задачи оценки ТС ЦС. Для этого необходимо выполнение неравенства

$$C_{ПС}^{созд} = C_{ПС}^{треб} + C_{ПС}^{проект} + C_{ПС}^{прогр} + C_{ПС}^{тест} < \sum C_{ПС}^{станд}.$$

В действительности стоимость этапа создания ПС иногда достигает 30...50 % от стоимости всей разработки, которая достигает десятков (сотен) тысяч гривен. Стоимость стандартных программных контрольно-диагностических комплексов составляет тысячи гривен. Т.е., применение для решения задачи оценки ТС подхода с использованием стандартных контрольно-диагностических программ имеет большую эффективность, чем при разработке новых.

Для обеспечения требуемой готовности ЦС ПСКД должно иметь соответствующие значения показателей КД. При выборе программных средств контроля и диагностирования целесообразно применение комплексного аддитивного показателя, позволяющего оценивать ПСКД по значениям их показателей:

$$\bar{K} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \rho_i, \quad (3)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент веса показателя КД;

$\rho_i$  – значения показателя КД.

Применение указанного показателя дает возможность оценить каждое ПСКД из множества, которые рассматриваются, и выбрать из них то ПС, которое обеспечивает минимум значения выражения (3).

Существует два способа применения этого подхода. В первом к рассмотрению принимаются только те ПС, значения показателей КД которых меньше некоторых максимально допустимых значений и которые обеспечивают достижение требуемой готовности, оцениваемой по значению коэффициента работоспособности  $K_p$  [9], т.е. соответствуют требованиям (3)

$$\left. \begin{aligned} K_p = f(\rho_i) &\geq K_p^{TP}, \\ \rho_i &\leq \rho_{i_{max}}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Методика обоснования ограничений на значения показателей КД детально рассмотрена в [10].

Второй способ учитывает ситуации, в которых требуемое значение готовности ЦС может быть обеспечено при значениях некоторых показателей, превышающих максимально допустимые, но при этом выполняется условие (5):

$$\left. \begin{aligned} K_p = f(\rho_i, \rho_j) &\geq K_p^{TP}; \\ \rho_i &\leq \rho_{i_{max}}; \\ \rho_j &\geq \rho_{j_{max}}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $\rho_i$  – показатели, значения которых отвечают ограничениям;

$\rho_j$  – показатели, значения которых больше максимально допустимых.

Это может произойти вследствие того, что большие значения одних показателей компенсируются меньшими значениями других. В этом случае возникает необходимость проведения дополнительных расчетов для проверки выполнения неравенства

$$\sum_i \Delta K_p(\Delta \rho_i) \geq \sum_j \Delta K_p(\Delta \rho_j), \quad (6)$$

где  $\Delta K_p$  – прирост (уменьшение) значения коэффициента работоспособности от уменьшения (прироста) значения показателя КД;

$\Delta \rho_i(j)$  – соответственно уменьшение (прирост) значения показателя КД от предельного значения.

Следует также рассмотреть ситуацию, в которой ни одно из ПСКД самостоятельно не способно обеспечить требуемую готовность ЦС. Решение этой задачи возможно при комплексном применении нескольких средств КД, которые взаимно дополняют друг друга. Этот подход целесообразно применить в случае, когда стоимость всех средств КД, которые комплексуются, меньше или равна стоимости разработки нового (доработки имеющегося) средства КД.

## Пример использования метода выбора ПС

Исходные данные:

1. Значение коэффициента работоспособности, которое необходимо обеспечить:

$$K_p \geq 0,975.$$

2. Значения показателей диагностирования программных средств КД ( $\alpha_{\text{п}}$  – вероятность ошибки первого рода;  $\beta_{\text{п}}$  – вероятность ошибки второго рода;  $\omega_{\text{всо}}$  – интенсивность восстановления скрытого отказа;  $\tau_{\text{к}}$  – время проведения операций контроля):

1. ПСКД –  $\alpha_{\text{п}} \approx 0,025$ ;  $\beta_{\text{п}} \approx 0,45$ ;  $\omega_{\text{всо}} \approx 0,7 \text{ ч}^{-1}$ ;  $\tau_{\text{к}} \approx 1,2 \text{ ч}$ .

2. ПСКД –  $\alpha_{\text{п}} \approx 0,035$ ;  $\beta_{\text{п}} \approx 0,2$ ;  $\omega_{\text{всо}} \approx 0,4 \text{ ч}^{-1}$ ;  $\tau_{\text{к}} \approx 1 \text{ ч}$ .

3. ПСКД –  $\alpha_{\text{п}} \approx 0,02$ ;  $\beta_{\text{п}} \approx 0,4$ ;  $\omega_{\text{всо}} \approx 0,9 \text{ ч}^{-1}$ ;  $\tau_{\text{к}} \approx 1,5 \text{ ч}$ .

Этапы выбора:

1. Ограничения на значения показателей КД:  $\alpha_{\text{п}} \leq 0,0181$ ;  $\beta_{\text{п}} \leq 0,3118$ ;  $\omega_{\text{всо}} \geq 0,6666 \text{ год}^{-1}$ ;  $\tau_{\text{к}} \leq 1,5 \text{ год}$ .

2. По результатам проверки выполнения условий (4) ни одно из ПС не удовлетворяет требованиям.

3. Проведенные расчеты и проверка выполнения условий (5), (6) указывают на возможность обеспечения требуемой готовности только при условии комплексирования первого и второго ПС или второго с третьим.

4. Минимальное значение выражения (1) обеспечивает применение второго и третьего –  $\bar{K} = 0,5$  (для первого и второго –  $0,61$ ).

## Вывод

Применение предложенного метода выбора программных средств контроля и диагностирования позволяет решить задачу обеспечения требуемой готовности систем и комплексов авиационной техники, увеличивая при этом эффективность функционирования системы контроля и диагностирования за счет сокращения стоимости и времени ее разработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гремальский А.А., Рошка А.А., Бежан В. Формирователь псевдослучайных тест-программ для функционального тестирования микропроцессоров // Управляющие системы и машины. – 1992. – № 9/10. – С. 19 – 26.

2. Жирабок А.Н. Функциональное диагностирование на основе соотношений паритета // Автоматика и телемеханика. – 1998. – № 2. – С. 133 – 142.

3. Коваленко К.А., Лясковский В.Л. К вопросу повышения надежности функционирования многомашинных ВК с использованием аппаратных средств и программно-логических методов // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 3. – С. 226 – 233.

4. M. Hillert. Executable Assertions for Detecting Data Errors in Embedded Control System // Proc. Int'l Conf. Dependable System and Network (DSN 2000). – 2000, June. – P. 24 – 33.

5. Ferrandi, F. Fummi, D. Sciuto. Test generation and testability alternative-exploration of critical algorithms for embedded applications // IEEE Transaction on Computer. – 2002, February. – Vol. 51. – P. 200 – 215.

6. N. Oh, S. Mitra, E.J. McCluskey. ED<sup>4</sup>I: error detecting by diverse data and duplicated instructions // IEEE Transaction on Computer. – 2002, February. – Vol. 51. – P. 180 – 199.

7. N. Oh, P.P. Shirvani, E.J. McCluskey. Error detecting by duplicated instructions in super-scalar processors // IEEE Transaction on Reliability. – 2002, March. – Vol. 51. – P. 63 – 75.

8. Харченко В.С., Скляр В.В., Тарасюк О.М. Методы моделирования и оценки качества и надежности ПО: Уч. пособ. – Х.: НАУ «ХАИ», 2004. – 159 с.

9. Ключников И.Н. Выбор методов контроля и диагностирования для повышения эффективности функционирования информационно-управляющих систем // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 6(22) – С. 127 – 133.

10. Артеменко Є.А., Ключников І.М. Гайворонський І.Я. Обґрунтування програмних процедур контролю і діагностування для забезпечення необхідної ефективності функціонування цифрових систем // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2003. – Вип. 1(23). – С. 69 – 75.

Поступила 14.12.2005

Рецензент: д-р техн. наук профессор Е.А. Артеменко, Украинская Государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков