

УДК 681.231

**О.С. ТИМОФЕЕВ**

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Украина*

## **ОЦЕНКА КРИТИЧНОСТИ И КОРРЕЛЯЦИИ ФУНКЦИЙ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПРИ АНАЛИЗЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЖИВУЧЕСТИ**

Исследуются бортовые информационно-управляющие системы летательных аппаратов (БИУС ЛА), допускающие многоступенчатость процессов деградации и частичное восстановление. Описывается методика решения задачи оценки критичности и корреляции функций БИУС ЛА при анализе потенциальной живучести. При решении задачи используется матричный подход к исследованию. Данная методика исследований необходима на одном из этапов решения задачи обеспечения требуемой живучести БИУС ЛА при модернизации ЛА. Она использовалась для анализа критичности функций БИУС современного маневренного летательного аппарата.

**сложные технические системы, бортовые информационно-управляющие системы летательных аппаратов, надежность, деградация, потенциальная живучесть**

### **Введение**

Для сложных технических систем, к числу которых относятся бортовые информационно-управляющие системы летательных аппаратов (БИУС ЛА) различного назначения, характерны исключительно высокие требования к надежности и живучести. В связи с этим возникает необходимость анализа проблемы обеспечения живучести БИУС ЛА.

Методы оценки и обеспечения надежности и живучести необслуживаемых мажоритарно-резервированных (невосстанавливаемых) систем с многоступенчатой деградацией, исследованы в [1].

Методики оценки и выбора параметров обслуживаемых систем с многоступенчатой деградацией и восстановлением рассмотрены в [2].

**Актуальными** в теоретическом и прикладном отношении являются вопросы исследования БИУС ЛА, допускающих многоступенчатость процессов деградации и частичное восстановление.

Требуемый уровень живучести можно достичь за счёт использования различных видов естественной избыточности, внесенной в БИУС при проектировании. Под естественной избыточностью понимается наличие ресурсов, повышающих качество функционирования системы (например,

производительность, точность), отказ которых несущественно влияет на достижение цели функционирования системы и не приводит к переходу системы в (частично или полностью) неработоспособное состояние.

Следует подчеркнуть, что в этом случае речь идет не о специально введенных (резервных) компонентах системы для повышения её надёжности [3]. При этом на стадиях проектирования и производства необходимо реализовать механизм управления деградационными процессами, т.е. управления перераспределением ресурсов при отказах, минимизирующий потери качества.

В таком случае, систему можно считать потенциально живучей, так как в ней имеется естественная избыточность и допускается в приемлемых пределах коррекция цели функционирования.

Рамки, в которых такая коррекция возможна, зависят от того, насколько коррелированы функции и средства, которые используются для их реализации [4].

**Цель данной статьи** состоит в разработке методики решения задачи оценки критичности и корреляции функций БИУС ЛА при анализе потенциальной живучести.

### Описание предлагаемой методики

Оценка потенциальной живучести предполагает проведение анализа критичности функций системы, их взаимосвязи с её компонентами. Для оценки критичности и корреляции функций БИУС S рассматривается множество выполняемых ею функций

$$MF = \{F_j\}_{j=1}^m$$

и множество подсистем

$$MPC = \{PC_i\}_{i=1}^n.$$

Методика анализа включает ряд этапов.

**1. Анализ соответствия между подсистемами и функциями вычислителей.** Для иллюстрации методики анализа рассмотрим часть функций, которые выполняются информационным комплексом высотно-скоростных параметров (ИК ВСП), системой управления вооружением (СУВ) и средствами индикации современного маневренного ЛА. Комплекс, система и средства условно разделяются на подсистемы. ИК ВСП включает подсистему воздушных сигналов и подсистему ограничительных сигналов [5]. Подсистема прицеливания и подсистема управления оружием входят в состав СУВ [6].

Рассматриваются подсистемы и функции вычислителей этих подсистем. Для удобства дальнейшего анализа пронумеруем подсистемы и функции вычислителей.

Подсистеме воздушных сигналов присвоим номер 1, подсистеме ограничительных сигналов – 2, подсистеме прицеливания – 3, подсистеме управления оружием – 4 и подсистеме индикации – 5.

Присвоим номера функциям: расчёта абсолютной барометрической высоты – 1, расчёта приборной скорости – 2, расчёта вертикальной скорости – 3, вычисления и выдачи истинного угла атаки – 4, вычисления максимально и минимально допустимых значений приборной скорости – 5, формирования разовых команд – 6, отображения информации на индикаторе – 7, вычисления

текущего угла наклона траектории – 8, стрельбы ракетами – 9.

Результат занесен в табл. 1, представляющую булеву матрицу, элементы которой равны 1(0), если соответствующая функция вычислителя реализуется (не реализуется) подсистемой. Каждой подсистеме соответствует свой столбец, функции – строка.

Таблица 1

Соответствие между подсистемами и функциями

Функции вычислителей	1	2	3	4	5
1	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	0	0
6	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	1
8	0	0	1	0	0
9	0	0	0	1	0

**2. Анализ влияния отказов одних функций вычислителей на другие.** Под отказом функции вычислителя понимается событие, связанное с невозможностью её выполнения. Такой анализ системы проводится с целью выявления функциональных связей между компонентами системы. Результаты занесены в специальную таблицу (табл. 2), элементы которой принимают значение 1(0), если отказ соответствующей функции приводит (не приводит) к отказу следующей.

**3. Анализ влияния отказов вычислителей на выполнение функций подсистемы.** В общем случае в каждой из подсистем может быть несколько вычислителей. Влияние отказов вычислителей на функции подсистем может быть разным: в результате отказов часть функций будет выполняться полностью, часть с ухудшением качества и часть выполняться не будет. Формализованное описание задачи:

$$\forall \alpha_{ij} \in PC_i : \alpha_{ij} \rightarrow \langle \sigma_{ij}^1, \sigma_{ij}^n \rangle; \quad (1)$$

$$\sigma_{ij}^v = \begin{cases} 0, & \text{если функция } F_v \text{ выполняется;} \\ 1, & \text{если функция } F_v \text{ выполняется} \\ & \text{с худшим качеством;} \\ 2, & \text{если функция } F_v \text{ не выполняется,} \end{cases}$$

Таблица 2

Влияние отказов одних функций на другие

Функции вычислителей	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	X	0	1	0	1	0	1	0	0
2	0	X	0	0	1	0	1	0	0
3	0	0	X	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	X	0	0	1	1	0
5	0	0	0	0	X	1	1	0	0
6	0	0	0	0	0	X	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	X	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	X	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	X

где  $\alpha_{ij}$  – отказ вычислителя;  $i$  – номер подсистемы;  $j$  – номер вычислителя в подсистеме  $ПС_i$ ;  $\langle \sigma_{ij}^1, \sigma_{ij}^n \rangle$  – вектор отказа.

Результаты анализа занесены в табл. 3, элементы которой принимают такие значения:

0 – если функция  $F_v$  выполняется;

1 – если функция  $F_v$  выполняется с худшим качеством;

2 – если функция  $F_v$  не выполняется.

Каждой функции подсистемы соответствует свой столбец в таблице, а каждому вычислителю – своя строка.

Таблица 3

Влияние отказов вычислителей на работу подсистем

№ вычислителя	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
2.1	0	0	0	1	1	2	1	2	0
3.1	0	0	0	0	0	0	1	2	0
4.1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
5.1	0	0	0	0	0	0	1	0	1

**4. Анализ критичности функций.** Зная, к каким результатам приводят отказы функций в подсистемах, возможно проведение анализа критичности функций.

Согласно Государственного Стандарта Украины ДСТУ В 3848 – 99 от 1.01.2000 г. «Средства программные бортовых вычислительных систем летательных аппаратов» существует следующее разделение функций:

1) критическая функция – функция, потеря (нарушение) которой может препятствовать безопасному продолжению полёта и выполнению посадки летательного аппарата (ЛА);

2) существенная функция – функция, потеря (нарушение) которой может привести к сложной ситуации типа снижения возможности ЛА и экипажа справляться с неблагоприятными условиями полёта;

3) несущественная функция – функция, потеря (нарушение) которой не влияет на безопасность полёта ЛА.

В соответствии с этим разделением заполнена табл. 4, элементы которой принимают значение 1(0), если функция соответствует (не соответствует) уровню критичности.

В первом столбце таблицы записан ранее присвоенный номер функции подсистемы.

Во втором и третьем столбцах отмечена критичность функций.

Как видно из таблицы, в данном случае, несущественные функции отсутствуют. В общем случае такие функции обязательно присутствуют.

Таблица 4

Разделение функций по критичности

№ функции	Критичность	
	Существенная	Критическая
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	0	1
7	1	0
8	1	0
9	0	1

**5. Анализ влияния отказов вычислителей на последовательность отказов функций БИУС с учётом их критичности.** С учётом полученных результатов на предыдущих этапах анализа заполняется табл. 5, элементы которой принимают такие значения: 0 – если при отказе вычислителя функция  $F_v$  выполняется;  $1_n$  – если функция  $F_v$  выполняется с худшим качеством;  $2_k$  – если функция  $F_v$  не выполняется. Индексы  $n$  и  $k$  обозначают очередность отказавшей функции в последовательности отказов.

Таблица 5

Влияние отказов вычислителей на функции БИУС

Отказы		Функции системы								
Под-система	Вычислитель	Существенные							Критические	
		1	2	3	4	5	7	8	6	9
1	1.1	$1_1$	$1_1$	$1_1$	0	$1_2$	$1_2$	0	$2_3$	0
2	2.1	0	0	0	$1_1$	$1_1$	$1_2$	$1_2$	$2_1$	$2_3$
3	3.1	0	0	0	0	0	$1_2$	$1_1$	0	$2_3$
4	4.1	0	0	0	0	0	$1_1$	$1_1$	0	$2_2$
5	5.1	0	0	0	0	0	$1_1$	0	0	$2_1$

### Выводы

Данная методика исследований необходима на одном из этапов решения задачи обеспечения требуемой живучести БИУС ЛА при модернизации ЛА. Она использовалась для анализа критичности функций БИУС современного маневренного летательного аппарата.

Её применение возможно и на более низком уровне организации систем, например, при изучении влияния отказов внутри вычислителей на выполняемые ими функции.

### Литература

1. Лысенко И.В., Харченко В.С. Оценка живучести многоярусных мажоритарно-резервированных систем в условиях неблагоприятных воздействий //

Автоматика и телемеханика. – 1997. – № 2. – С. 209-218.

2. Харченко В.С. О системах с многоступенчатой деградацией и восстановлением // ИУС на железнодорожном транспорте. – 1997. – № 1. – С. 3-10.

3. Мелентьев В.А. Оценка потенциальной и структурной живучести вычислительных систем // Электронное моделирование. – 1995. – № 1. – С. 78 – 83.

4. Харченко В.С., Бородавка Н.П. Моделирование и анализ живучести бортовых информационно-управляющих систем по избыточной функциональной структуре // Радиотехника и информатика. – 2005. – № 2. – С. 89-95.

5. Богданов М.В., Медведев В.Д. Информационные комплексы высотно-скоростных параметров. – Х.: ХАИ, 1988. – 72 с.

6. Шевченко А.М., Мамедли Э.М., Ю.П. Струков. Бортовые вычислительные системы. – М.: ВИНТИ, 1978. – 245 с.

Поступила в редакцию 16.03.2006

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент В.И. Лысенко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.