

аппроксимирующей математической модели (ММ) дает возможность надежности от выбранных характеристик, в которых отображается все факторы, представляющие опыт работы фирмы по разработке и изготовлению.

Зависимость надежности работы системы оценивается применением ММ гиперболической аппроксимирующего уравнения:

$$T_c = \frac{T_3 a_1}{1 + \sum P_i a_i};$$

где,  $T_3$  – надежность работы самой ненадежной части (элемента) системы;

$\sum$  – количество частей (элементов) в системе;

$P_i$  – среднее число контактов части (элемента).

Приведенная ММ дает возможность выявить влияние на надежность систем, надежность выходящей части ( $T_3$ ) и выходящей части связи путем определения относительных величин изменения надежности от изменения  $T_3$  и  $\sum P_i$  для принятия мер по повышению из надежности.

### АДАПТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ, ИМЕЮЩИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Полесский С.Н., Артюхова М.А.,  
(МИЭМ НИУ ВШЭ)

**Adaptive model of forecasting of reliability of the electronic means having consecutive joints.** Polesskiy S.N., Artyukhova M.A.

The modern concept of design of electronic means considers need of the accounting of quality creation of the knowledge-intensive equipment (design, production) on concrete the enterprises according to the accepted quality management system.

Увеличивающаяся сложность и расширение сфер применения электронных средств (ЭС) делает все более важным понимание принципов разработки, прежде всего высоконадежного составных частей с предсказуемым поведением. Попытка улучшения существующих систем в целях их адаптации к новейшим технологиям приводит к возникновению ряда технических и организационных проблем, что обуславливает необходимость создания более эффективного и надежного ЭС, разрабатываемого и внедряемого с минимальными временными затратами.

Как показывает практика эксплуатации ответственных программно-технических комплексов (ПТК) многие отказы в работе являются следствием не корректной оценки качества проектирования при прогнозировании надежности, таким образом, уже в современных справочниках по прогнозированию надежности электронных средств, таких как (ИАС-НДВК-217-PLUS [1]) уделяется особое внимание.

Представление модели системного уровня прогнозирования надежности электронных средств, имеющих последовательные соединения имеет следующий:

$$\lambda_{cp} = \lambda_{дв} (\Pi_p \Pi_{пм} \Pi_{к} + \Pi_p \Pi_{с} + \Pi_{д} \Pi_{пм} \Pi_{к} \Pi_{с} + \Pi_{с} \Pi_{к} + \Pi_r + \Pi_{п} + \Pi_{w}) + \lambda_{дв w}$$

где:  $\lambda_{дв}$  – интенсивность отказов ЭС,  $\lambda_{дв}$  – суммарная интенсивность отказов ЭС;  $\lambda_{дв w}$  – интенсивность отказов программных средств ЭС. Это отказы на основе нового компонента системы отказов;

Каждый, из перечисленных факторов модели представляет собой причину отказа:

- $\Pi_p$  – фактор частей процесса;
- $\Pi_{пм}$  – фактор процесса проектирования;
- $\Pi_{к}$  – фактор производственного процесса;
- $\Pi_{с}$  – фактор процесса системы управления;

- П<sub>п</sub> - фактор индуцированного процесса;
- П<sub>к</sub> - фактор бездефектного процесса;
- П<sub>в</sub> - фактор процесса износа.

Каждый из этих факторов рассчитывается по следующей модели:

$$p_i = \alpha_i (-\ln(R_i))^{\beta_i}$$

где:  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  - постоянные для каждой категории отказов.  $R_i$  описывается:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n G_{ij} W_{ij}}{\sum_{j=1}^n W_{ij}}$$

где:  $R_i$  - оценка процесса для  $i$ -ой причины отказа, от 0 до 1.  $G_{ij}$  - класс для  $j$ -го пункта  $i$ -ой причины отказа. Этот класс оценивается между 0.0 и 1.0 (от худшего к лучшему);  $W_{ij}$  - вес (значение)  $j$ -го пункта  $i$ -ой причины отказа;  $n$  - номер класса критерия связанного с  $i$ -ой причиной отказа.

Таблица 1: Параметры для факторов классовых процессов

Модель фактора Символ (P <sub>i</sub> )	Наименование	$\alpha$	$\beta$	Значение фактора по умолчанию, если R <sub>i</sub> неизвестно
П <sub>п</sub>	Фактор процесса проектирования	0.12	1.29	0.094
П <sub>м</sub>	Фактор производственного процесса	0.21	0.96	0.142
П <sub>р</sub>	Фактор частот процесса	0.30	1.62	0.243
П <sub>с</sub>	Фактор процесса системы управления	0.06	0.64	0.036
П <sub>к</sub>	Фактор бездефектного процесса	0.29	1.92	0.237
П <sub>п</sub>	Фактор индуцированного процесса	0.18	1.58	0.141
П <sub>в</sub>	Фактор процесса износа	0.13	1.68	0.106

П<sub>п</sub> - фактор отказов в начальный период (период гарантийного срока):

$$P_{p,i} = \frac{t^{SS_{SS}}}{1.77} (1 - SS_{SS})$$

где:  $t$  - время создание УС в годах. Это мгновенное время, в которое отказ оценивается. Если средний отказ за заданный период времени желаемый, это выражение должно быть интегрировано разделено на период времени;  $SS_{SS}$  - крашующий эффект от экранов применяется, если таковые имеются.

П<sub>г</sub> - фактор внешней среды

$$P_g = \frac{.855 \times 4.8(1 - e^{-\frac{AT}{205}}) + 2(1 - e^{-\frac{AT}{205}})}{205}$$

где:  $AT$  - это изменение температуры между рабочим и нерабочим режимами ( $T_{AS} - T_{AS}$ );  $G$  - величина случайной вибрации пока система работает, в  $G_{RMS}$ ;  $P_G$  - фактор роста надежности, по формуле:

$$P_g = \frac{1.12(\alpha + 2)^{\alpha}}{2^{\alpha}}$$

где:  $\alpha$  - константа роста, которая приравнивается к  $R_i$  для процесса роста надежности;  $R_i$  - это рейтинг процесса роста используя критерий, и приводится как:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n G_{ij} W_{ij}}{\sum_{j=1}^n W_{ij}}$$

где:  $R_i$  - рейтинг процесса для  $i$ -ой причины отказа, от 0 до 1.  $G_j$  - класс для  $j$ -го пункта  $i$ -ой причины отказа. Этот класс оценивается между 0.0 и 1.0 (от худшего к лучшему).

$W_{ij}$  - вес (значение)  $j$ -го пункта  $i$ -ой причины отказа;  $n_i$  - номер класса критерия связанного с  $i$ -ой причиной отказа.

В RIAC-HDBK-217Plus [1] приведены таблицы вопросов, позволяющие определить весовые коэффициенты.

Эти таблицы организованы следующим образом. Колонка 1 содержит критерии, связанные с особенностями процесса, классификации и типа. Колонка 2 – классификации критерия ( $G_j$ ). Большинство вопросов помечены «Да/Нет» в этой колонке. В этом случае ответ «Да» равен «1», ответ «Нет» равен «0». Вопрос получит полную весовую оценку для ответа «Да» и ноль – для ответа «Нет». В некоторых случаях классификация критерия не двоичная, но может быть выбрана из трех-четырех вариантов. Классификация критерия для этих случаев записана в этой колонке. Колонка 3 идентифицирует весовую оценку ( $W_{ij}$ ) связанную с особенностями вопроса.

В случае, когда пользователь модели не желает отвечать на все вопросы, он/она могут выбрать подмножество наиболее важных вопросов, используя только вопросы с весовым коэффициентом семь и выше.

#### Список литературы

1. RIAC-HDBK-217Plus (Handbook of 217Plus™ Reliability Prediction Models). Reliability Information Analysis Center. 2006.-182.

### МНОГОМЕРНЫЕ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ КОНТАКТНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Емельянов В.М., Пимнева Л.А., Емельянов В.В.,  
Шуклин И.И., Моисеев А.А., Алпеева Т.В., Канунников А.А.  
(КУЭУ, ИОЦ-Нанолитроника)

**Multivariate autocorrelation curves of dependability contact the nanostructured superconducting elements. Emeljanov V.M., Pimneva L.A., Emeljanov V.V., Shuklin I.I., Moiseev A.A., Alpeeva T.V., Kanunnikov A.A.**

Are certain multivariate correlation and autocorrelation curves of dependability contact the nanoreticulated superconducting elements. The account correlation and autocorrelation curves allows to increase a band of prediction of dependability on parameter of failure rate with  $10^{-10}$  -  $10^{-12}$  refusals/hours up to  $10^{-10}$  -  $10^{-12}$  refusals/hours. Prediction was led on 1000 microstructures with 8 layers and after 576 contact elements. At prediction used developed programs of generation of independent data on own vectors with the subsequent transformation of data to a dependent kind on a fundamental matrix of the set multivariate correlation and autocorrelation. Initial data choose electric resistance of tightening of real contact elements with limits 0.1 - 3.7 mKOhm

Целью исследований, проводимых в данной работе, является выявление влияния многомерной корреляции и автокорреляции на надежность характеристик при проведении технологического процесса получения высоконадежных межоседементных многослойных контактных элементов с наноструктурированными сверхпроводящими материалами (МКЭНСП) для обеспечения требований к надежности, предъявляемым к космической МЭА.

В качестве математического аппарата исследований, проводимых в данной работе, использовано стохастическое и динамическое моделирование. На основе экспериментальных данных точностных характеристик входных и выходных параметров МКЭНСП определены