

Садыков Р.Р.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ ПО ОГРАНИЧЕННОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОТКАЗАХ

В статье рассматривается метод оценки надежности технических средств охраны объектов, позволяющий с высокой вероятностью прогнозировать их безотказность на основе ограниченной эксплуатационной информации.

Ключевые слова: отказ, надежность, прогноз, технические средства охраны.

Следствием прорыва в развитии производства больших и сверхбольших интегральных схем (СБИС) стала широкая компьютеризация всех видов деятельности человечества. Не являются исключением и технические средства охраны объектов (ТСО). В последние годы ТСО активно дорабатываются производителями для сопряжения с ЭВМ и дальнейшей интеграции в системы и комплексы охраны, управляемые централизованно посредством специализированного программного обеспечения с автоматизированного рабочего места оператора.

Такого рода усложнение оборудования привело к возрастанию роли ЭВМ в обеспечении безотказности систем охраны. Так, например, при обработке статистической информации об отказах средств радиолокационного наблюдения (СРЛН), входящих в систему (комплекс) охраны, было установлено, что причиной большей доли всех отказов являются ЭВМ, имеющиеся в составе каждой локационной станции. В свою очередь, результаты обработки статистической информации об отказах выборки ЭВМ [1] показали, что в основном они вызываются сбоями программного обеспечения (ПО) [2].

Существующая плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) технических средств охраны подразумевает наличие в изделиях по большей части постепенных отказов отдельных узлов и блоков, плановая замена и обслуживание которых позволяют продлить срок службы ТСО. Между тем, достаточно легко прогнозируемые постепенные отказы дискретных полупроводниковых элементов и механических узлов и блоков сменились на сложно прогнозируемые отказы программного обеспечения и отказы СБИС, которые принято называть внезапными. Они характеризуются резким переходом выходных параметров за допустимые пределы, установленные изготовителем.

Восстановление РЭА после такого рода отказов заключается либо в выявлении и замене узла (блока, составной части), включающего в себя отказавшие СБИС, либо в переустановке (наладке, настройке) ПО. И то, и другое требует вмешательства в короткий срок специалистов высокого класса, чего не могут себе позволить ни эксплуатирующие подразделения, ни производители.

Наиболее очевидным выходом из сложившейся ситуации является усовершенствование системы ТОиР. Зарубежный опыт [3] демонстрирует эффективность так называемой *системы поддержки жизненного цикла изделия* (СПЖЦИ), основанной на современных информационных технологиях. Система предусматривает, что ремонт и наладка изделий проводится обслуживающим техническим персоналом, а также операторами ТСО при активном дистанционном участии специалистов изготовителя, что приемлемо только для принятых в эксплуатацию изделий. Остается невыясненным, на основании какой информации принимать на снабжение то или иное изделие, если оно в ряду с другими имеет сравнимые цену и тактико-технические характеристики.

Исходя из предназначения рассматриваемых изделий, важнейшей их характеристикой является надежность. Существующие на сегодняшний день методы оценивания (прогнозирования) надежности предполагают либо полный (длительный), либо форсированный (короткий) цикл испытаний. В современных условиях длительный цикл испытаний не приемлем, так как моральное устаревание принимаемого на вооружение изделия наступит раньше, чем испытания закончатся. Форсированный цикл должен проводиться на специальном стендовом оборудовании, стоимость которого весьма высока. При этом само изделие фактически уничтожается искусственными перегрузками, а точность результатов подобных испытаний весьма сомнительна, т. к. отказы полупроводниковых элементов не имеют линейной зависимости от этих перегрузок.

Предлагается осуществлять прогнозирование отказов ТСО на основе статистической эксплуатационной информации о работе выборки изделий за срок, составляющий 15 – 20 % от полного цикла испытаний [4], а также априорной информации об отказах аналогичных узлов и блоков в других изделиях.

На начальном этапе рассматриваемое ТСО представляется сложной технической системой (ТС) и подвергается процедуре декомпозиции. Метод декомпозиции широко используется в теории надежности и позволяет разбивать исследуемое изделие на заменяемые подсистемы или составные части (СЧ), определять логическую и функциональную взаимосвязь между ними. При этом оценка надежности системы в целом складывается из частных оценок надежности подсистем.

В соответствии с [5], степень декомпозиции устанавливают, исходя:

- из новизны конструкции изделия (образца, системы, комплекса) специальной техники (СТ) и его составных частей, технологий их изготовления;
- сложности условий практического применения и эксплуатации изделия (образца, системы, комплекса) СТ;
- степени отработанности конструкторской, эксплуатационной и рабочей документации;
- наличия необходимых для формирования частных оценок надежности СЧ исходных данных.

При прочих равных условиях, чем выше уровень отработанности конструкции и технологии изготовления изделия и его СЧ, чем выше их надежность и ремонтпригодность, тем более низкий уровень детализации допускается при анализе системы. И, наоборот, если технические объекты содержат принципиально новые конструктивно-технологические решения, построены на новой элементной базе, с применением новых материалов и пр., если для данного технического объекта отсутствуют априорные сведения о параметрах надежности, тем более детализирована должна быть структурная схема изделия.

Число уровней иерархии сложной системы влияет на наглядность ее структуры. При большом количестве уровней задача анализа ТС становится труднообозримой, что может отрицательно сказаться на точности формируемой оценки. При малом количестве уровней возрастает число находящихся на одном уровне подсистем, что усложняет процесс установления связей между ними. Уровень «разукрупнения» технической системы зависит от планируемых результатов оценки ее надежности, полезности информации для целей анализа возможных последствий и критичности отказов исследуемого изделия.

Оценка надежности изделий СТ и ее СЧ проводится с учетом их ремонтпригодности и безотказности. Ремонтпригодность блока (модуля) в свою очередь оценивается возможностью его замены на месте эксплуатации (географически).

Детализация структурной схемы СРЛН выполнена на основе анализа его *конструктивного построения* и в соответствии с принятым в таких случаях ограничением – до невозможности восстановления на месте эксплуатации блока (модуля) [5]. Полученная иерархическая структура исследуемого средства представлена на рис. 1, где современное типовое переносное средство радиолокационного наблюдения объединяется в четыре функционально законченные части: источник вторичного электропитания (ИП), радиолокационный модуль (РЛМ), штатив и автоматизированное рабочее место оператора (АРМ). В свою очередь, ИП включает в себя аккумуляторную батарею (АКБ) и преобразователь напряжения (ПН). РЛМ состоит из опорно-поворотного устройства (ОПУ) и антенного поста (АП). В составе АРМ рассматривается персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ) и программное обеспечение (операционная система (ОС) и комплект специального программного обеспечения (СПО)). ПЭВМ представлена девятью составными частями: модуль обработки информации (МОИ), представляющий собой материнскую плату в сборе с установленным центральным процессором и оперативной памятью, блок питания (БП), сетевая плата (СП), накопитель на жестком магнитном диске (НЖМД), графический адаптер (ГА), привод для считывания оптических дисков (ОП), манипулятор типа мышь (МТМ), клавиатура (КЛВ) и видеомонитор (ВМ).

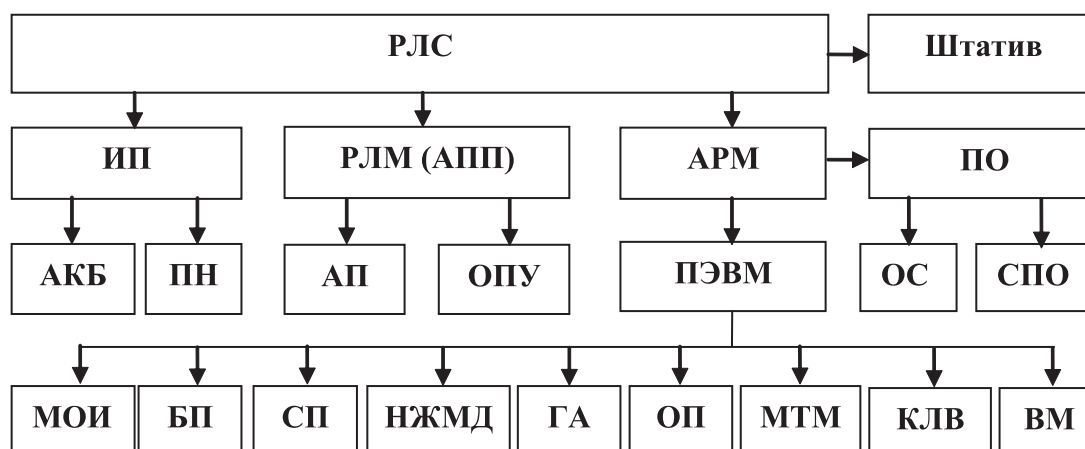


Рис. 1. Иерархическая структура типового СРЛН

На основе анализа статистики отказов каждой из указанных СЧ за ограниченный период времени в [1] построен прогноз надежности всего изделия.

Алгоритм расчетов включает в себя сбор статистической информации о возникших неисправностях испытуемых изделий. Она должна содержать данные о виде отказа и времени возникновения (наработке от начала испытаний или ввода в эксплуатацию).

Для проведения анализа данные об отказах разбиваются по принадлежности временным интервалам. Чем короче выбранные интервалы, тем точнее производимые расчеты. На практике при производстве расчетов целесообразно использовать интервалы по 150 часов наработки, что соответствует средней наработке рассматриваемых изделий за один месяц. Далее, на основании полученных данных осуществляется расчет параметра потока отказов (ППО) на каждом временном интервале:

$$\omega(t) = \frac{n(\Delta t)}{N(\Delta t)}, \quad (1)$$

где: $n(\Delta t)$ – количество отказов за отрезок времени; $N(\Delta t)$ – количество испытываемых образцов. При этом отказы разделяются на постепенные и внезапные:

$$n = n' + n'', \quad (2)$$

где n' – общее число внезапных отказов СЧ, потоки которых рассматриваются как *стационарные* пуассоновские процессы; n'' – общее число постепенных отказов СЧ, потоки которых принимаются *нестационарными* пуассоновскими.

Определение общего числа отказов СЧ n'' , потоки которых принимаются нестационарными пуассоновскими, осуществляется на основе прогнозирования числа отказов $n_{\text{пр}i}$ на интервале $t_i^{\text{ф}} \rightarrow t_i^{\text{р}}$ (фактическое время испытаний \rightarrow ресурсное время) с помощью интерполирующих полиномов. Число постепенных отказов i -ой СЧ за ресурсную наработку определяется как сумма фактического их числа за время испытаний объекта и

спрогнозированного количества отказов по следующей зависимости

$$n_i^{\text{р}} = n_i^{\text{ф}} + n_{\text{пр}i}, \quad (3)$$

где $n_i^{\text{ф}}$ – фактическое число постепенных отказов за период испытаний; $n_{\text{пр}i}$ – спрогнозированное количество постепенных отказов.

В свою очередь общее число постепенных отказов по всем СЧ при испытаниях объекта вычисляется по формуле:

$$n'' = \sum_{k=1}^P \sum_{i=1}^Y n_{ik}^{\text{р}}, \quad (4)$$

где Y – количество составных частей в изделии.

На следующем этапе рассчитывается осредненное значение ППО и его верхняя доверительная граница:

$$\omega_{\text{в}} = \frac{\omega_j^{\text{ср}}}{r}, \quad (5)$$

где r – коэффициент расчета доверительных границ, получаемый из таблиц [6], $\omega_j^{\text{ср}}$ – осредненная оценка ППО j -ой СЧ на отрезке времени Δt :

$$\omega_j^{\text{ср}} = \frac{n_j(\Delta t)}{N_{\text{ср}}(\Delta t)}, \quad (6)$$

где n_j – количество отказов j -ой СЧ на отрезке времени Δt ; $N_{\text{ср}}(\Delta t)$ – среднее количество изделий, не имевших отказов с начала испытаний на отрезке времени Δt .

В завершение следует удостовериться, что верхняя граница параметра потоков отказов не превышает заданную на этапе составления тактико-технического задания (ТТЗ) на разработку изделия:

$$\omega_{\text{в}} \leq \omega_{\text{зад}}, \quad (7)$$

где $\omega_{\text{зад}}$ – заданное в ТТЗ значение ППО объекта.

По результатам проверки выполнения условия (7) принимается решение о соответствии или несоответствии опытного образца требованиям по безотказности.

Таким образом, в статье предложено усовершенствование ранее разработанного метода для анализа надежности изделий [1]. Оно заключается в упрощении анализа структурной схемы рассматриваемого изделия. При этом СЧ с одинаковым ППО не рассматриваются в алгоритме как отдельная ветвь вычислений, а также не проводится анализ соответствия составных частей требованиям заказчика на начальном этапе расчетов. Упрощение алгоритма позволяет снизить риски возникновения ошибок при расчетах и повышает точность построения линии тренда при интерполировании временных зависимостей ППО СЧ.

Практическое применение описанного метода предусматривает обязательную систему информационного обеспечения для расчетов надежности. Автором статьи с этой целью была предложена и реализована организационно-информационная система сбора информации о надежности. Она подразумевает тщательный сбор информации об отказах эксплуатируемых изделий и, что самое важное, циркуляцию этих данных между эксплуатантами, производителями и заказчиками. Система незначительно нагружает эксплуатантов, но позволяет отслеживать состояние изделий и оперативно проводить адекватные мероприятия по повышению надежности изделий.

Адекватность предложенного метода прогнозирования подтверждена путем сравнительного анализа оценки безотказности средств радиолокационного наблюдения (СРЛН), основанной на данных опытной эксплуатации изделий, и результатов прогноза безотказности СРЛН по ограниченной эксплуатационной информации [1, 4].

Вполне вероятно, что данный метод применим для прогноза надежности и других типов современной РЭА.

Литература

1. **Садыков Р.Р., Малыхин С.В.** Метод оценки надежности средств радиолокационного наблюдения по результатам эксплуатации при ограниченной информации // Сборник «Материалы четвертой всероссийской научной конференции ученых, специалистов и профессорско-преподавательского состава». Тема конференции: «Территориально-распределенные системы охраны». Калининград 2011 г. стр.170-175.
2. ГОСТ РВ 0027 009 2008 Надежность военной техники. Методы оценки соответствия требованиям надежности // ФГУП «Стандартинформ». – М.
3. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика»; Е.В. Судов, А.И. Левин. – М., – 2002.
4. **Садыков Р.Р.** Метод оценки надежности средств радиолокационного наблюдения по результатам эксплуатации при ограниченной информации. Сборник // «Естественные и технические науки». – № 3 (53). – 2011 г. – С. 347-352.
5. **Бургаев Ю.Ф., Острейковский В.А.** Статистический анализ надежности объектов по ограниченной информации. – М: Энергоатомиздат, 1995. – 240 с.: ил.
6. **Шор Я. Б., Кузьмин Ф.И.** Таблицы для анализа и контроля надежности. – М. : Советское радио. – 1968. – 288 с.