

т.д. При высоком качестве производства эта нестабильность удерживается в пределах, делающих невозможным значительное ухудшение характеристик изделия. Понижение же качества, наоборот, может привести к повышенной нестабильности или дефектам, которые могут значительно ухудшить характеристики изделия.

На эту нестабильность свойств изделия накладываются отклонения реальных условий эксплуатации, а также распределения надёжности (усталостной стойкости). Даже для номинально идентичных изделий, подверженных воздействию идентичных условий нагрузки, наблюдается статистическое распределение отказов.

Из рисунков 1 и 2 следует, что надёжность электронных компонентов определяется областью отказов «случайное стационарное состояние». В противовес этому, надёжность паяных соединений поверхностного монтажа определяется областью отказов «износ». Совокупная вероятность отказа компонента и его паяного соединения равна сумме вероятностей отказа компонента и соединения. Таким образом, выход из строя электронной сборки наиболее вероятен из-за отказа компонентов в ближайшей перспективе, а вследствие отказа паяного соединения – в долгосрочной. Учитывая, что все ЭРИ проходят специальные отбраковочные испытания, на первое место перед разработчиками бортовой РЭА выносится обеспечение качества паяного соединения.

В докладе приведены рекомендации по повышению качества паяных соединений.

УДК 658.5+621.316

ВЫБОР ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ

А.К. Колотов

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Программа испытаний содержит шесть основных разделов: объект испытаний; цель испытаний; обоснование необходимости проведения испытаний; место проведения и обеспечение испытаний; объем и методика испытаний; оформление результатов испытаний.

Наиболее сложным с методической точки зрения является пятый этап – «объем и методика испытаний». В нем необходимо обосновать условия испытаний (число образцов по группам, последовательность прохождения испытаний по видам воздействий, уровень и время воздействия) и контролируемые параметры изделий. Кроме того, в

методике указываются методы и условия испытаний, технические средства, алгоритмы выполнения отдельных операций и др. Основное требование к методике обеспечение максимальной эффективности процесса испытаний и минимальных погрешностей результатов.

Поскольку основная цель испытаний состоит в получении информации о потенциально ненадежных изделиях, то первостепенное значение имеет выбор воздействующих факторов. При этом учитывают местоположение РЭС и электрорадиоизделий (ЭРИ) в космическом аппарате и уровень их разукрупнения. Основные принципы выбора воздействующих факторов следующие: адекватность условий испытаний условиям эксплуатации; учет механизма старения или развития отказа; учет потенциальной надежности всех элементов конструкции.

Для установления адекватности условий испытаний условиям эксплуатации был использован физический подход к выбору воздействующих факторов, который предполагает изучение закономерностей возникновения и развития отказов и определение влияния различных факторов на скорость изменения запаса «прочности» и деградации ЭРИ.

Проведенные исследования позволили выбрать следующие основные воздействующие факторы:

- Воздействие тепловых нагрузок, в том числе, определение запасов устойчивости.
- Разряд статистического электричества.
- Растягивающая и изгибающая сила.
- Линейное ускорение, вибрации, удары (граничные испытания).
- Электрические нагрузки (граничные испытания).
- Воздействие влажности, пониженного давления, повышенного давления.
- Акустические шумы.
- Воздействие спецфакторов.

После выбора воздействующих факторов необходимо провести исследовательские испытания.

Исследовательские испытания являются основой обучающего эксперимента. Они позволяют выявить уровень деградации, виды отказов ЭРИ, понять их механизм, определить факторы, ускоряющие деградацию, количество отказавших образцов. По их результатам мы определяем информативные параметры, которые будут использоваться при построении оператора прогнозирования. Кроме того, они дают информацию о запасах устойчивости РЭС и ЭРИ, резервах их качества, недостатках методики испытаний. Эти испытания проводятся по программе, согласованной с заинтересованными организациями и подразделениями. В нашем случае

ряд интегральных воздействий был согласован с центральным бюро применения. При этом должны соблюдаться требования техники безопасности.

УДК 621.396

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ПРИПОВ И ПЯЯЛЬНЫХ ПАСТ

Б.А. Тресков

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Проведен анализ научных наработок в области усталостного поведения бессвинцовых припоев. Разработан ряд моделей для свинцовых и бессвинцовых припоев.

Все эти модели основаны на усталостной модели Энгельмайера-Уайльда для эвтектических и почти эвтектических оловянносвинцовых припоев. В общем виде модель выглядит так:

$$N_f(50\%) = \frac{1}{2} \left[\frac{2\varepsilon'_f}{\Delta D} \right]^m, \quad (1)$$

где усталостный показатель текучести m рассчитывается из выражения:

$$\frac{1}{m} = c_0 + c_1 \bar{T}_{SJ} + c_2 \ln \left(1 + \frac{t_0}{t_D} \right), \quad (2)$$

где ε'_f - коэффициент пластического усталостного разрушения;

\bar{T}_{SJ} - средний температурный размах термоциклов;

t_D - время полуцикла в минутах;

ΔD - размах циклической нагрузки.

$$\bar{T}_{SJ} = \frac{1}{4} (T_c + T_{c,0} + T_s + T_{s,0}), \quad (3)$$

где T_c , T_s – максимальные за цикл температуры компонента и подложки соответственно,

T_{c0} , T_{s0} – минимальные за цикл температуры компонента и подложки соответственно.