

неизменной информативности и минимальной погрешности результатов. Использование разработанной методики позволяет сократить время испытания изделий, а также снижает его затраты

8. Разработана математическая модель технологического процесса монтажа и пайки компонентов радиоэлектронных устройств космических аппаратов, учитывающая параметры нанесения паяльной пасты и вариант монтажа и обеспечивающая выбор рациональных режимов процесса.

9. Разработана прогнозная математическая модель оценки качества и надежности паяного соединения, включающая новые информативные данные и обеспечивающая повышение эффективности прогнозирования.

УДК 621.3

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ**

А.В. Иванов, М.Н. Пиганов

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

На основе проведённого анализа литературы, изучения опыта ряда предприятий и с учётом современных тенденций развития техники и технологии испытаний радиоэлектронных средств была предложена структура методики оценки качества паяных соединений, показанная на рисунке 1.

С целью оценки эффективности данной методики были проведены работы на производственной базе АО «РКЦ «Прогресс».

По данной методике были проведены ускоренные испытания паяных соединений. Задачами исследовательских испытаний стали:

- металлографический анализ паяных соединений;
- испытание паяных соединений ЭРИ на стойкость к воздействию механических и климатических факторов;
- оценка безотказности паяных соединений ЭРИ с бессвинцовым покрытием выводов;
- оценка безотказности паяных соединений ЭРИ с бессвинцовым покрытием выводов, выполняемых по технологии поверхностного монтажа с применением припойной пасты на основе оловянно-свинцового припоя;
- оценка безотказности паяных соединений выводов ВГА-компонентов.

Работа по подтверждению технологии проводилась в несколько этапов:

Этап 1 - разработка унифицированного блока для отработки технологии поверхностного монтажа.

Этап 2 - разработка технологического процесса нанесения паяльной пасты с применением каплеструйного принтера и технологического процесса установки SMD-компонентов применением автоматизированного установщика.

Этап 3 - отработка технологии поверхностного монтажа SMD-компонентов с применением каплеструйного принтера и автоматизированного установщика.

Этап 4 - изготовление унифицированного блока.

Этап 5 - проведение испытаний унифицированного блока.

Этап 6 - определение надежности паяных соединений (интенсивности отказов паяных соединений).

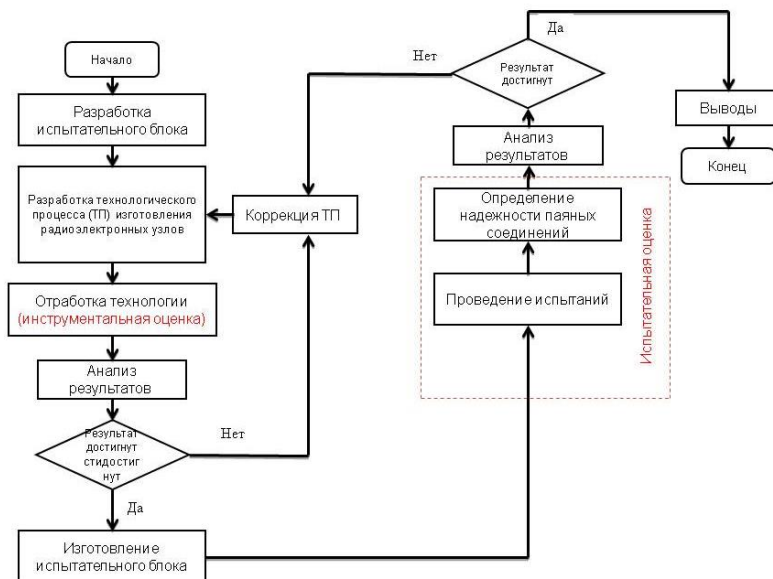


Рисунок 1 – Структура методики оценки качества паяных соединений электронных узлов

После испытаний на ускоренное температурное старение модуль тестовый подвергся испытаниям на воздействие медленного изменения температуры окружающей среды (термоциклирование) в диапазонах температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ , 100 циклов. В интервалах между 50-м, 75-м, 100-м циклом модуль выдерживался 1 час при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$ .

По окончании испытаний был проведен оптический контроль и рентгенконтроль качества паяных соединений. Рентгенанализ паяных соединений показал, что все паяные соединения имеют ареол (контур паяного соединения).

Результаты проведенных исследовательских работ подтвердили требуемый уровень надежности ПС, полученных в результате поверхностного монтажа компонентов.

УДК 621.3

## РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ

А.В. Иванов

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

Для выбора метода прогнозирования был проведен экспертный опрос по методике. Было рекомендовано использовать метод дискриминантных функций.

Процедура разработки состояла в следующем. Используя теоремы о числовых характеристиках случайных величин, определяли оценки условных математических ожиданий случайной величины:

$$G = g(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_k),$$

при условии, что экземпляр принадлежит к классу  $K_1$ :

$$M^*[G/K_1] = \sum_{i=1}^k \beta_i M^*[x_i/K_1],$$

и к классу  $K_2$ :

$$M^*[G/K_2] = \sum_{i=1}^k \beta_i M^*[x_i/K_2],$$

а также соответствующие оценки условных дисперсий, полагая для простоты, что признаки между собой не коррелированы:

$$D^*[G/K_1] = \sum_{i=1}^k \beta_i^2 D^*[x_i/K_1];$$

$$D^*[G/K_2] = \sum_{i=1}^k \beta_i^2 D^*[x_i/K_2].$$

Затем находили пороговое значение  $\Pi_g$  для дискриминантной функции  $g(x_1, x_2, \dots, x_k)$ , которое задает наилучшее положение разделяющей гиперплоскости. При этом, должны выполняться условия:  $M^*[G/K_1] > \Pi_g > M^*[G/K_2]$  или  $M^*[G/K_1] < \Pi_g < M^*[G/K_2]$ . При изменении порога будут изменяться вероятности ошибочных решений.