

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» в качестве методических указаний

САМАРА
Издательство СГАУ
2014

УДК 621.3(075)
ББК 32.85я7

Составители: *М.Н. Пиганов, С.В. Тюлевин*

Рецензент канд. техн. наук, доц. Г. П. Ш о п и н

Разработка технологической схемы контроля электронных средств: метод. указания / сост. *М.Н. Пиганов, С.В. Тюлевин.* – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014. – 16 с.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 211000 «Конструирование и технология электронных средств» и специальности 210201, при освоении дисциплины «Контроль качества электронных средств».

УДК 621.3(075)
ББК 32.85я7

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В методических указаниях описан порядок работы при создании технологической схемы электронных средств (ЭС).

Планируемый результат – приобретение навыков анализа и разработки указанной выше схемы.

В пособии приведен порядок выполнения работы, даны краткие теоретические сведения, сформулированы требования к содержанию отчета, представлены вопросы для самопроверки.

1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Получить у преподавателя задание.
3. Изучить технологический процесс изготовления ЭС.
4. Выявить «точки», в которых целесообразно установить посты контроля.
5. Разработать технологическую схему контроля для конкретного варианта.
6. Выбрать необходимые средства контроля.
7. Описать управляющее воздействие для заданной аппаратурно-процессуальной единицы (АПЕ).

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

2.1. Технологическая схема контроля

Для анализа и синтеза технологического процесса удобно использовать отдельную технологическую схему. Она базируется на принципиальной или аппаратурно-технологической схеме. Рассмотрим один из вариантов технологической схемы контроля (ТСК) (рис. 1).

В данной схеме для простоты указаны только управляемые и контролируемые параметры X_i , а также выходные параметры полуфабриката изделия Y_i и управляющие сигналы ΔX_i . Информацию о параметрах управляемого процесса можно описать следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \dots \sum_{j=1}^m \dots \sum_{k=1}^p \dots, \quad (1)$$

где t – текущее время;

« \rightarrow » направление формирования параметров изделия.

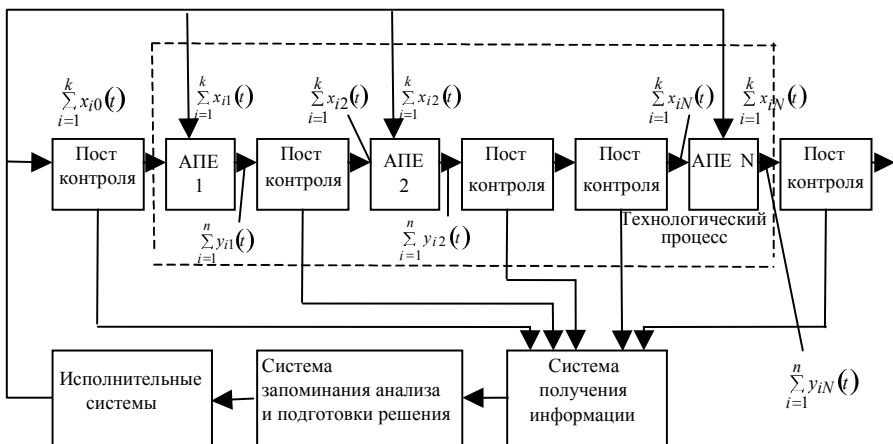


Рис. 1. Технологическая схема контроля

На основании $X_i(t)$ и $W_i(t)$ может быть прогнозировано ожидаемое значение выходного параметра $Y_i(t)$:

$$\Delta \dots = \phi \left\{ \sum \quad \sum \quad \sum \quad \right\}$$

Если значение Y_i не соответствует заданному, то вырабатывается управляющий сигнал ΔX_i . В зависимости от величины и знака управляющего сигнала происходит изменение входных параметров X_i таким образом, чтобы совокупность X_i и W_i определила такое значение Y_i , которое было наиболее близко Y_i^* :

$$Y_i \ t \approx \dots$$

Информация о параметрах Y_i измеряется датчиками. Особенно-стями реализации такой схемы контроля являются следующие:

1. Нехватка, а в ряде случаев отсутствие датчиков необходимой информации.
2. Трудность преобразования информационного сигнала в управляющий из-за отсутствия сведений о системе взаимодействия технических факторов с выходными параметрами изделия.
3. Необходимость адаптации каждой системы контроля и управления к конкретному производству. Это обусловлено различной структурой и составом информационных потоков.

2.2. Преобразование информации в АПЕ

Для дальнейших рассуждений будем обозначать любой контролируемый параметр через q_i . Пусть на k -ю техническую операцию поступает исходная информация.

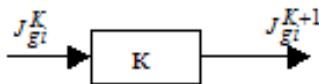


Рис. 2. Простейшая информационная связь

На выходе получается информация $J_{g_i}^{K+1}$. Эта простейшая взаимосвязь символически записывается следующим образом:

$$J_{g_i}^K = \dots$$

где K – технологическая операция.

Если входной параметр g_i преобразуется технологической операцией в несколько параметров g_1, g_2, \dots, g_n , то такая взаимосвязь записывается следующим образом (рис. 3):

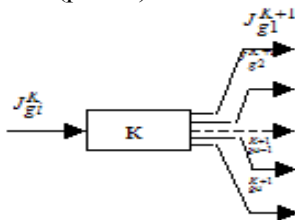


Рис. 3. Информационная связь типа «расхождение»

Такая взаимосвязь называется взаимосвязью типа «расхождение». Символически ее можно выразить следующим образом:

$$J_{g_i}^K = \left\{ \begin{array}{l} \vdots \\ \vdots \end{array} \right.$$

Если несколько параметров g_1, g_2, \dots, g_n преобразуются в результате технологической операции в один параметр G_i (взаимосвязь типа «схождение»), то такую взаимосвязь символически можно выразить следующим соотношением:

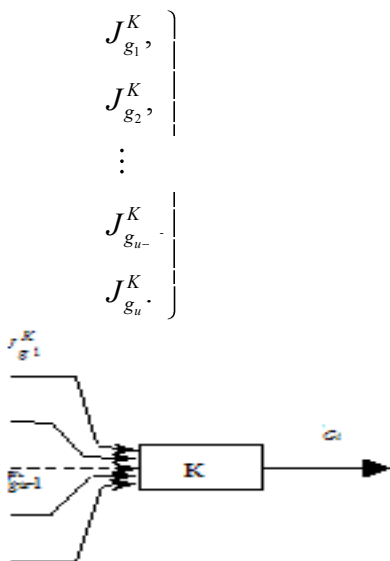


Рис. 4. Информационная связь типа «схождение»

Преобразование информации можно изобразить в виде модифицированной записи. Запись простейшей связи выглядит следующим образом:

$$J_{g_1}^K \left| \begin{array}{l} J_{g_1}^{K+1} \end{array} \right. \quad (2)$$

Взаимосвязь типа «расхождение»:

$$J_{g_1}^k \left| \begin{array}{l} J_{g_1}^{k+1}, J_{g_2}^{k+1}, \dots, J_{g_n}^{k+1} \end{array} \right. \quad (3)$$

Связь типа «схождение» имеет следующий вид операторной записи:

$$\left. \begin{array}{l} J_{g_1}^k, J_{g_2}^k, \dots, J_{g_n}^k \end{array} \right| J_{G_i}^{k+1} \quad (4)$$

В многооперационных технологических процессах преобразование G_i параметра может осуществляться как одной операцией, так и взаимосвязанной цепью технологических операций. В первом случае мы будем иметь АПЕ простую, во вторую – сложный технологический комплекс.

Описать структуру технологического процесса можно с помощью таблиц переходов. В этом случае преобразование параметров g_1, g_2, \dots, g_n изображается в следующем виде для простой АПЕ:

$$g_i^{k,k+1} = \begin{matrix} \text{связь между операциями } k \text{ и } k+1 & \text{место} \\ \text{, если взаимосвязь между операциями отсутствует} & \cdot \end{matrix}$$

Для сложного технологического комплекса, состоящего из N операций, такая запись изображается в следующем виде:

$$g_i^{k,k+1} = \begin{matrix} \text{связь между операциями } k \text{ и } k+1 & \text{на} \\ \text{, если взаимосвязь между операциями отсутствует} & \cdot \end{matrix}$$

Рассмотрим пример структурной связи операций технологического процесса.

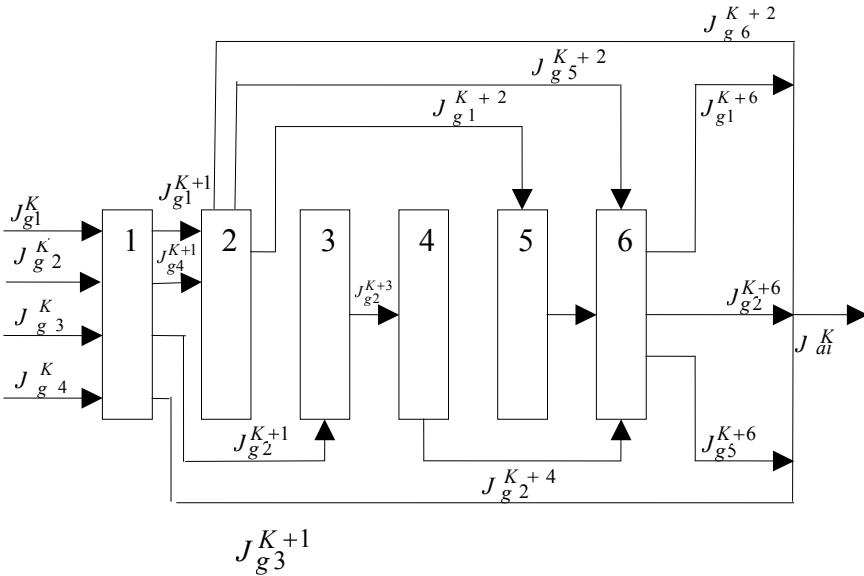


Рис. 5. Структурная связь операций технологического процесса

Преобразование параметров $g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6$ можно представить следующим образом:

Номер операции	Номер операции					
	1	2	3	4	5	6
1	$g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6$	100100	010000	000000	000000	000000
2	100100	$g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6$	000000	000000	100000	000010
3	010000	000000	$g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6$	010000	000000	000000
4	000000	000000	010000	$g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6$	000000	010000
5	000000	100000	000000	000000	$g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6$	100000
6	000000	000010	000000	010000	100000	$g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6$

Модифицированная операторная связь будет иметь вид:
при преобразовании информации

$$J_{g_1}^K \left| \frac{J_{g_1}^K}{g_1} \right. J_{g_1}^{K+1} \left| \frac{J_{g_1}^{K+2}}{g_1} \right. J_{g_1}^{K+2} \left| \frac{J_{g_2}^{K+5}}{g_2} \right. J_{g_2}^{K+5} \left| \frac{J_{g_1}^{K+5}}{g_1} \right. ;$$

при преобразовании информации

$$J_{g_2}^K \left| \frac{J_{g_2}^{K+1}}{g_2} \right. J_{g_2}^{K+1} \left| \frac{J_{g_2}^{K+3}}{g_2} \right. J_{g_2}^{K+3} \left| \frac{J_{g_2}^{K+4}}{g_2} \right. J_{g_2}^{K+4} \left| \frac{J_{g_2}^{K+6}}{g_2} \right. ;$$

при преобразовании информации

$$J_{g_3}^K \left| \frac{J_{g_3}^{K+1}}{g_3} \right. ;$$

при преобразовании информации

$$J_{g_4}^K \left[\begin{array}{c} J_{g_4}^{K+1} \\ \hline \end{array} \right] J_{g_4}^{K+1} \left[\begin{array}{cc} J_{g_5}^{K+1} & J_{g_6}^{K+2} \\ \hline \end{array} \right] J_{g_5}^{K+2} \left[\begin{array}{c} J_{g_5}^{K+6} \\ \hline \end{array} \right] .$$

Табличная запись преобразования информации о параметрах технологического процесса дает возможность расчленить этот процесс на ряд подпроцессов, которые определены последовательностью технологических операций.

Структурная схема преобразования о параметре g_1 имеет следующий вид:

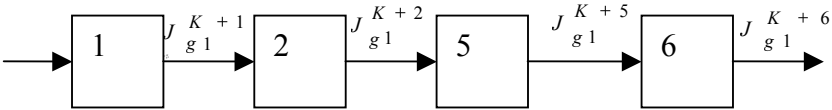


Рис. 6. Структурная схема преобразования о параметре g_1

Структурная схема преобразования о параметре g_4 имеет следующий вид (рис. 7.):

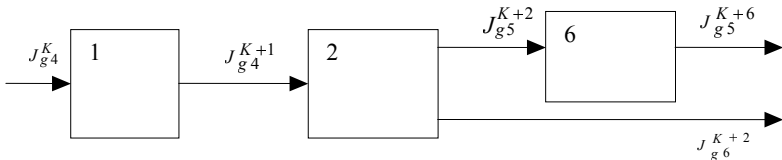


Рис. 7. Структурная схема преобразования о параметре g_4

Однако ни структурные схемы, ни модифицированная запись не могут полностью определить технологические процессы. Знать структурные взаимосвязи недостаточно, необходимо знать их содержание.

Пусть мы имеем информацию о выходном параметре $J_{G_i}^K$, которую мы можем представить следующим образом:

$$J_{G_i} = \dots \dots \dots$$

Как видно, после умножения строки, содержащей всю выходную информацию технологической операции 1, на матрицу $L^{1,2}$ на технологическую операцию 2 поступит только информация J_{g_1} и J_{g_4} .

Для всего технологического процесса содержание информационных связей задается выражениями типа (2), (3), (4) и совокупностью матриц $L^{K, K+1}$. Если взять ту же технологическую схему, то выходную информацию можно представить так:

$$\begin{aligned}
 J_{G_i} &= \sum_{i=1}^n \left(\begin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right) + \dots + \dots + \dots = \\
 &= \dots + \dots + \dots + \dots = \\
 &= \dots + \dots + \dots + \dots
 \end{aligned}$$

Расчленение технологического процесса на отдельные его составляющие (АПЕ) позволяет проанализировать каждый подпроцесс в отдельности и разработать для контроля доминирующие подсистемы.

2.3. Операции контроля на этапе подготовки к производству

Для разработки технологической схемы контроля исследуем процесс сборки электронных блоков (модулей), приведенный на рис. 8.

Рабочая вязкость паст указывается производителем. Рекомендуется, чтобы она находилась в следующих пределах (КСПЗ, метод Брукфильда):

- 200 – 450 для дозирования;
- 450 – 800 для трафаретной печати (сетчатый трафарет);
- 750 – 950 для трафаретной печати (фольговый трафарет для ЭК с шагом выводов 1,27 мм);
- 900 – 1200 для трафаретной печати (фольговый трафарет для ЭК с малым шагом выводов).

Следует помнить, что повышение температуры уменьшает вязкость пасты. По мере обработки большого количества ПП происходит увеличение ее вязкости. Таким образом, для минимизации изменений вязкости необходимо добавлять свежую пасту в процессе печати, а также обеспечивать контроль температуры в зоне нанесения, что обеспечивается рядом моделей автоматов трафаретной печати.

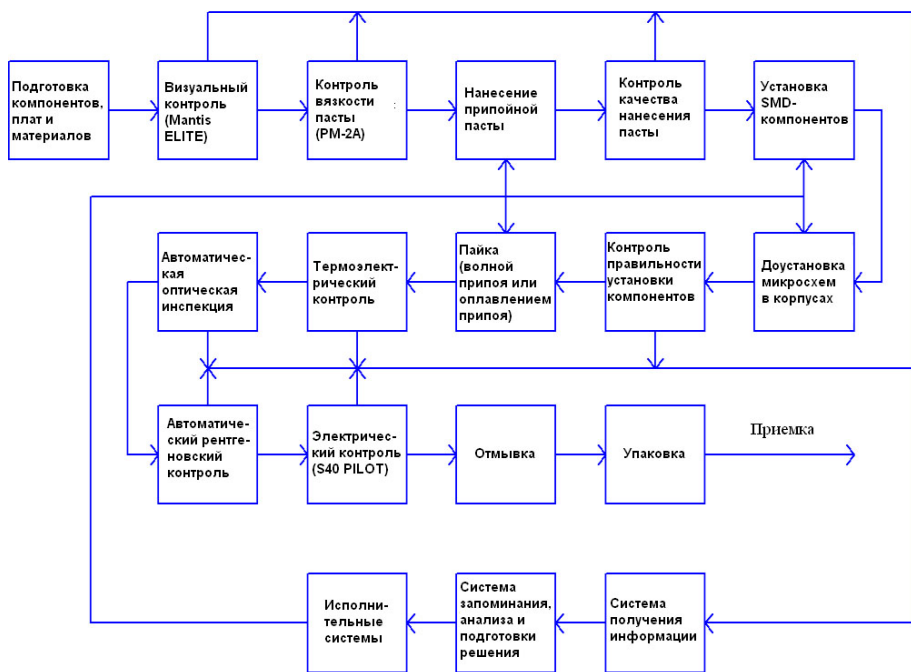


Рис. 8. Контрольные операции на различных стадиях технологического процесса сборки электронных модулей

Технологическим оборудованием для проведения данного вида контроля является устройство измерения вязкости PM-2A. Результаты измерения отображаются на встроенном жидкокристаллическом дисплее.

2.4. Операции контроля на этапе производства

Процесс сборки электронных модулей на этапе производства включает в себя 6 стадий контроля:

– Контроль качества нанесения припойной пасты. Производится с помощью автоматических оптических приборов-тестеров. Система АОИ Symbion P36 обеспечивает надежную диагностику и локализацию всех известных дефектов нанесения паяльной пасты: смещение столбиков пасты относительно контактных площадок, возникающее, как правило, при неудовлетворительном совмещении трафарета с печатной платой; неудовлетворительный объём столбика пасты; перемычки (мостики) между столбиками паяльной пасты.

– Контроль правильности установки компонентов. Производится с помощью системы АОИ Vantage S22, позволяющей контролировать наличие и правильность установки компонентов до начала процесса оплавления. Широкий диапазон программ-инспекторов позволяет инспектировать не только поверхностно-монтируемые, но и штырьковые компоненты.

– Контроль температурного профиля. Осуществляется при помощи системы термоэлектрического контроля, позволяющей производить оперативную и достоверную оценку качества соответствия заданному термопрофилю в процессе оплавления припоя в течение всего времени технологического цикла.

– Автоматический оптический контроль после пайки. Оборудование используется то же, что и при проведении второй операции – система АОИ Vantage S22, позволяющая обнаруживать все основные виды дефектов, определяемых визуально, в том числе такие сложные для диагностики, как приподнятый вывод компонента, неправильная полярность, эффект «надгробного камня», неправильная форма галтели паяного соединения, копланарность установки компонентов на плате. Автоматическая система определения кривизны платы позволяет размещать инспектируемый участок точно в точке фокусировки камер, что повышает качество инспекции. Передача информации о дефектах на ремонтную станцию, возможность установки верификационных камер для мелких компонентов позволяют до минимума сократить время ремонта печатного узла.

– Автоматический рентгеновский контроль. Выполняется на установке РСВА Analyser 160 от производителя Phoenix | X-ray, производящей рентгеновское просвечивание печатных плат, ЭРИ, паяных соединений с целью выявления скрытых (внутренних) дефектов. Результаты контроля выводятся в виде графической информации на экран компьютера.

– Электрический контроль. Производится на тестовом оборудовании с подвижными пробниками S40 PILOT, которое позволяет осуществлять аналоговое тестирование ЭРЭ, внутрисхемное цифровое тестирование цифровых микросхем, функциональное тестирование элементов, узлов, изделия в целом с подачей на тестируемое изделие питающего напряжения.

2.5. Разработка новой технологии контроля

Целью разработки новой технологической схемы является повышение эффективности контроля при осуществлении поверхностного монтажа. В результате чего на этапе отработки технологического процесса были дополнительно введены еще две дополнительные операции:

- контроль качества пайки компонентов путем визуального морфологического исследования на сканирующем электронном микроскопе VEGA II;
- микроанализ зоны паяного соединения с помощью системы энергодисперсионного рентгеноспектрального анализа Oxford Analytical типа INCAx-art.

На рис. 9 изображен результат внедрения новых операций контроля в процесс сборки электронных блоков (модулей).

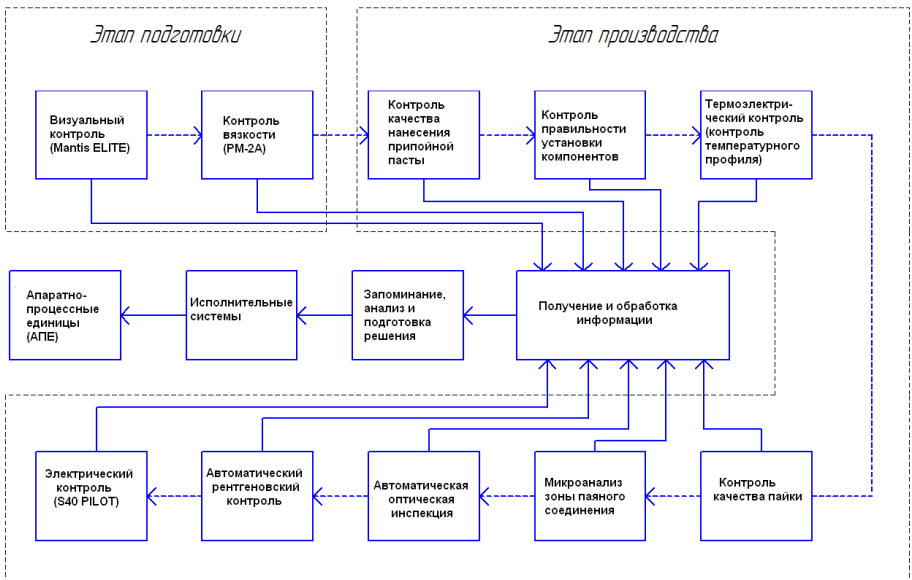


Рис. 9. Контрольные операции на различных стадиях технологического процесса сборки электронных модулей

Разработанная технологическая схема позволяет выявлять ряд дефектов: отклонение состава припоя от стехиометрического; трещины, сквозные поры, отслаивания, интерметаллиды, а также разработать меры по исключению таких дефектов, по повышению точности и стабильности технологического процесса.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Цель работы.
2. Формулировка индивидуального задания.
3. Предложенная технологическая схема контроля ЭС.
4. Описание управляющих сигналов.
5. Характеристика выбранных средств контроля.
6. Выводы.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое АПЕ?
2. Как строится технологическая схема контроля ЭС?
3. Как производится выбор информативных параметров качества ЭС?
4. Как проводится структурный анализ?
5. Обоснуйте предложенную схему контроля.
6. Обоснуйте управляющие сигналы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Липкин, Е. Комплексный подход к обеспечению качества сборки РЭА в серийном производстве [Текст]: приложение к бюллетеню «Поверхностный монтаж» / Е. Липкин. – М: Ostec, 2011, июль. – 36 с.
2. Бурчакова, М.А. Управлением качеством [Текст]: учеб. пособие / М.А. Бурчакова, М.Ф. Мизинцева. – М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2004. – 200 с.
3. Гиссин, В.И. Управлением качеством [Текст]: [учеб. пособие для вузов] / В.И. Гиссин. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. ; Ростов н/Д : Изд. центр «Март», 2003. – 395 с.
4. Пиганов, М.Н. Технологические основы обеспечения качества микросборок [Текст]: учеб. пособие / М.Н. Пиганов. – Самара: СГАУ, 1999. – 231 с.
5. Пиганов, М.Н. Методы и средства контроля полупроводниковых и диэлектрических материалов и структур [Текст]: учеб. пособие / М.Н. Пиганов. – Самара: Изд-во СГАУ, 2009. – 120 с.

Учебное издание

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ
КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Методические указания

Составители: *Пиганов Михаил Николаевич,
Тюлевин Сергей Викторович*

Редактор Ю.Н. Литвинова
Доверстка: Л.Р. Дмитриенко

Подписано в печать 17.09.2014. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз.

Заказ . Арт. 46/2014.

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 г. Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета
443086 г. Самара, Московское шоссе, 34.