



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Учебное пособие

Методические указания
по выполнению расчетно-пояснительной записки к курсовой работе
по единому комплексному заданию по блоку дисциплины

«Управление качеством электронных средств»

МГТУ имени Н.Э. Баумана

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Методические указания
по выполнению расчетно-пояснительной записки к курсовой работе
по единому комплексному заданию по блоку дисциплины

«Управление качеством электронных средств»

Москва
МГТУ имени Н.Э. Баумана

2012

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973-018
И201

Методические указания по выполнению расчетно-пояснительной записки к курсовой работе по
единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Управление качеством электронных
средств» / Коллектив авторов –
М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – XX с.: ил.

В методических указаниях рассмотрены основные этапы, их последовательность и содержание
по выполнению расчетно-пояснительной записки к курсовой работе курсовой работы по
единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Управление качеством электронных
средств».

Ил. 39. Табл. 5. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.3.06(075.8)

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматриваются вопросы разработки системы управлением качеством технологического процесса сборки узла «Светодиодный стробоскоп». В ходе построения системы управления были раскрыты вопросы о необходимости проведения контроля на разных стадиях технологического процесса. Обоснованы и проведены входной, операционный и приёмочный контроли для обеспечения необходимого качества. Работа выполнена в рамках курсовой работы по курсу «Управление качеством ЭВС». В результате построена структурная схема системы управления качеством технологического процесса сборки узла «Светодиодный стробоскоп».

ABSTRACT

In the given operation questions of system engineering by control of quality of technological build process of a node «LED-strobe» are considered. During management system creation questions on necessity of monitoring procedure at different stages of technological process have been uncovered. Input, operational and acceptance monitorings for support of necessary quality are justified and led. Operation is fulfilled within the limits of a term paper at the rate «Quality management ЭВС». The skeleton diagram of a quality management system of technological build process of a node «LED-strobe» is As a result constructed.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1.АКТУАЛЬНОСТЬ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ.....	9
2.АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ.....	11
2.1 Описание объекта.....	12
2.2 Анализ дефектов на различных этапах технологического процесса.....	19
2.3 Выбор показателей качества.....	19
2.4 Определение причин, влияющих на показатель качества. Связь между показателем качества и причинами на них влияющими.....	33
2.5 Обоснование применения различных видов контроля.....	33
2.5.1 Экономическое обоснование применения различных видов контроля при сборке устройства.....	38
2.5.2 Входной контроль.....	38
2.5.3 Операционный контроль.....	38
2.5.4 Приемочный контроль.....	38
Выводы.....	38
3.ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЭЛЕМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ.....	39
3.1 Входной контроль.....	39
3.1.1 Обработка статистики.....	40
3.1.2 Решение задачи входного контроля аналитической.....	44
3.1.3 Графическое представление решения задачи входного контроля.....	45
3.1.4 План испытаний (контроля).....	47
3.1.5 Алгоритм решения задачи входного контроля.....	49
3.1.6 Стоимостная оценка входного контроля.....	50
3.1.7 Подсистема управления качеством при входном контроле.....	51
Выводы.....	52
3.2 Операционный контроль.....	53
3.2.1 Выбор показателей качества.....	53
3.2.2 Методы определения показателя качества.....	53
3.2.3 Выбор и обоснование видов контрольных карт.....	55
3.2.4 Графическое представление решения задачи операционного контроля... ..	58
3.2.5 Алгоритм решения задачи операционного контроля.....	64
3.2.6 Критическое состояние технологического процесса с последующей выработкой управляющего воздействия.....	65
3.2.7 Подсистема управления качеством при операционном контроле.....	67
Выводы.....	68
3.3 Приемочный контроль.....	68
3.3.1 Подсчет процента выхода годных изделий.....	68
3.3.2 Алгоритм решения задачи приемочного контроля.....	74
3.3.3 Подсистема управления качеством при приемочном контроле	75
Выводы.....	76
4.СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ.....	77
4.1 Описание структуры системы управления качеством.....	77
4.2 Содержание блоков, входящих в структуру системы управления качеством... ..	79
4.3 Описание процесса управления.....	81
Выводы.....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	83
СПИСОК СПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	84

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

AQL	– Accept Quality Level – приемочный уровень дефектности
CAD	– Computer-Aided Design – Система автоматизированного проектирования
ENIG	– Electroless Nickel Immersion Gold – Иммерсионное золото
OSP	– Organic Solderability Preservative – финишное покрытие печатной платы
ppm	– Parts per million – частей на миллион
SMD	– Surface Mount Technology – технология поверхностного монтажа
TQM	– Total Quality Management – Всеобщее управление качеством
АОИ	– Автоматическая оптическая инспекция
ВИП	– Вторичный источник питания
ГОСТ	– Государственный стандарт
ИМС	– Интегральная микросхема
ИС	– Интегральная схема
КП	– Контактная площадка
НТД	– Нормативно-техническая документация
ОСТ	– Отраслевой стандарт
ОХ	– Оперативная характеристика
ПП	– Печатная плата
СУК	– Система управления качеством
ТЗ	– Техническое задание
ТП	– Технологический процесс
ТУ	– Техническое условие
ЭВА	– Электронно-вычислительная аппаратура
ЭВС	– Электронно-вычислительная система
ЭРЭ	– Электро-радио элементы

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа рассматривает задачу построения системы **управления качеством** технологического процесса производства изделия электронной техники – аккумуляторного фонаря прожектора.

Целью данной курсовой работы является разработка системы **управления качеством** технологического процесса производства фонаря-прожектора.

В рамках работы решаются следующие задачи:

- задача входного контроля;
- задача операционного контроля;
- задача выходного (приемочного контроля).

Качество ЭС обуславливает их конструктивные, технологические, экономические, эргономические и другие параметры. Качество как свойство закладывается в процессе разработки и изготовления ЭС, а объективно оценивается в процессе эксплуатации. Однако получаемая при этом информация является, во-первых, недостаточной, поскольку не все параметры ЭС, необходимые для оценки качества, измеряются в условиях эксплуатации, а во вторых, – запоздалой, так как на изготовление ЭС уже затрачены большие средства.

Одним из источников оценки качества служат теоретические расчеты. Однако расчетные оценки нуждаются в экспериментальном подтверждении, поскольку сходные данные и модели являются приближенными. Информацию о качестве ЭС получают путем контроля их параметров и проведения испытаний на всех этапах, начиная с разработки нормативно-технологической документации (НТД) и кончая анализом рекламации и заключении потребителя о качестве готовых изделий.

На рисунке 1 представлена последовательность процесса разработки, производства и эксплуатации ЭС. Тут показывается место и значимость контрольных и испытательных операции в производстве изделий. Контроль качества может осуществляться на этапах: разработки (всесторонне исследование всех свойств ЭС, определяющих качество изделий); выполнение технологических операции при изготовлении ЭС, включая входной контроль параметров ЭРЭ, испытания готовых ЭС (аттестация изделий на соответствие требуемому показателю качества); эксплуатации (проверка соответствия качества ЭС требованиям НТД). Вопрос о проведении анализа и контроля на том или ином этапе «жизненного» цикла ЭС (проектирование, постановка на производство, изготовление, эксплуатация, ремонт, поставка на экспорт и др.) решается в каждом конкретном случае в зависимости от требований, предъявляемых к ЭС, и возможностей, осуществления

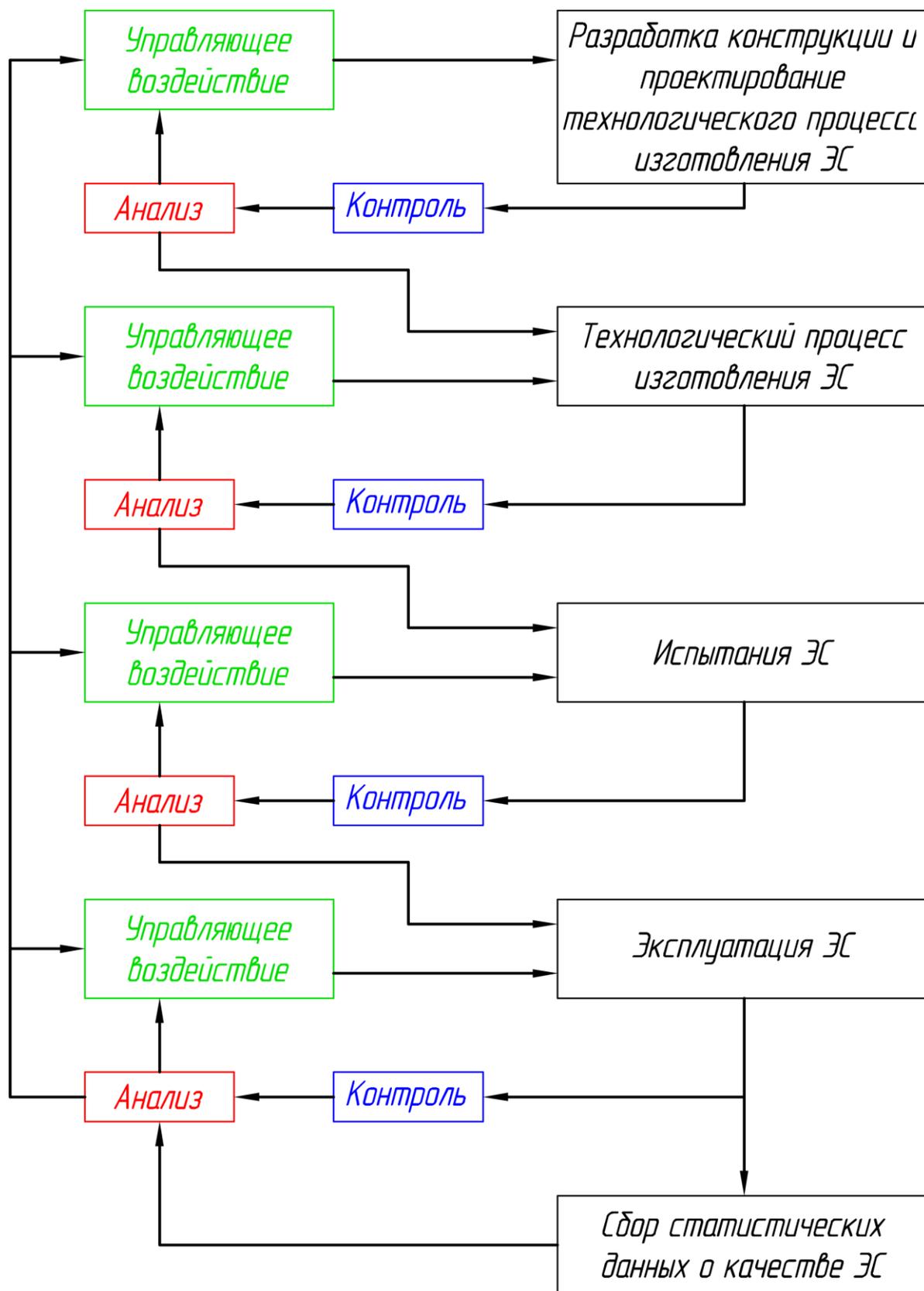


Рисунок 1 – Последовательность процессов разработки производства и эксплуатации ЭС

контроля параметров. Как показывает практика, наибольшее число отказов ЭС происходит в период освоения изделия.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

«Слушайте меня, и через пять лет вы будете конкурировать с Западом. Продолжайте слушать до тех пор, пока Запад не будет просить защиты от вас». Эти слова принадлежат патриарху **Всеобщего Управления Качеством** (Total Quality Management – TQM) Эдварду У. Демингу, которые он произнес перед руководителями 45 крупнейших компании Японии в 1950 г. на семинаре в Токио. Слова оказались пророческими: в начале 60-х годов Япония вышла на передовые позиции в мире в ряде отраслей промышленности, а через некоторое время весь мир стал говорить о японском чуде, восхищаясь им до настоящего времени.

Поставленная задача является актуальной, так как сегодня в условиях конкурентного рынка постоянное **повышение качества** и снижение стоимости являются обязательным условием выживания предприятий и ни одна фирма, не продвинутая в области **управления качеством**, не может рассчитывать на успех в бизнесе и какое-либо общественное признание.

В настоящее время не только на ведущих фирмах, но и на государственном уровне целевые установки самого высокого уровня системы общего менеджмента включают основные цели **системы управления качеством**.

Одним из основных элементов системы **менеджмента качества** на производственных предприятиях является интеграция программно-аппаратных средств контроля и управления и **обеспечения качества** производства, внедрение так называемой **Системы Управления Качеством**.

В вопросах **обеспечения качества** крайне важно обеспечить баланс между предупреждением и обнаружением дефектов.

Сбалансированный подход позволяет с одной стороны минимизировать количество дефектов, а с другой стороны минимизировать трудозатраты на обнаружение дефектов.

Основными элементами **Системы Обеспечения Качества** на предприятиях, производящих радиоэлектронную аппаратуру являются:

- Входной контроль компонентов, печатных плат и материалов
- Корректное хранение комплектации и материалов
- Контроль технологических параметров
- Антистатическая защита
- Контроль параметров окружающей среды (вытяжка, чистота газов и т.д.)
- Защита от ошибки операторов и работников
- Промежуточный контроль качества

- Визуальный и/или Оптический контроль собранных модулей
- Рентгеновский контроль собранных модулей
- Электрический и функциональный контроль собранных модулей
- Испытания
- Статистический анализ причинно-следственных связей

В зависимости от типа производимой продукции и специфики предприятия различные элементы **Системы Управления Качеством** могут иметь разную эффективность и экономическую целесообразность. Однако, является очевидным, что для производства качественной продукции необходимо наличие и функционирование Системы Управления Качеством.

2. АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

2.1 Описание объекта

Стробоскоп (от греч. *στρόβος* — «кружение», «беспорядочное движение» и *σκοπέω* — «смотрю») — прибор, позволяющий быстро воспроизводить повторяющиеся яркие световые импульсы. Первые стробоскопы представляли собой источник света с помещённым перед ним obtюратором: двумя непрозрачными дисками — неподвижным и вращающимся — с узкими прорезями. Когда прорези совмещались, исследуемый с помощью стробоскопа объект освещался. В современных стробоскопах используются газоразрядные импульсные лампы, а также импульсные лазеры. С появлением в последнее время ярких и сверхъярких светодиодов их также стали успешно применять в стробоскопах. В данной работе разрабатывается СУК для стробоскопа на светодиодах.

Назначение стробоскопа – получение периодических вспышек светодиодов, создавая тем самым стробоскопический эффект (эффект робота). Для реализации данного устройства необходимо применение схемы, изображенной на рисунке 2.1.1.

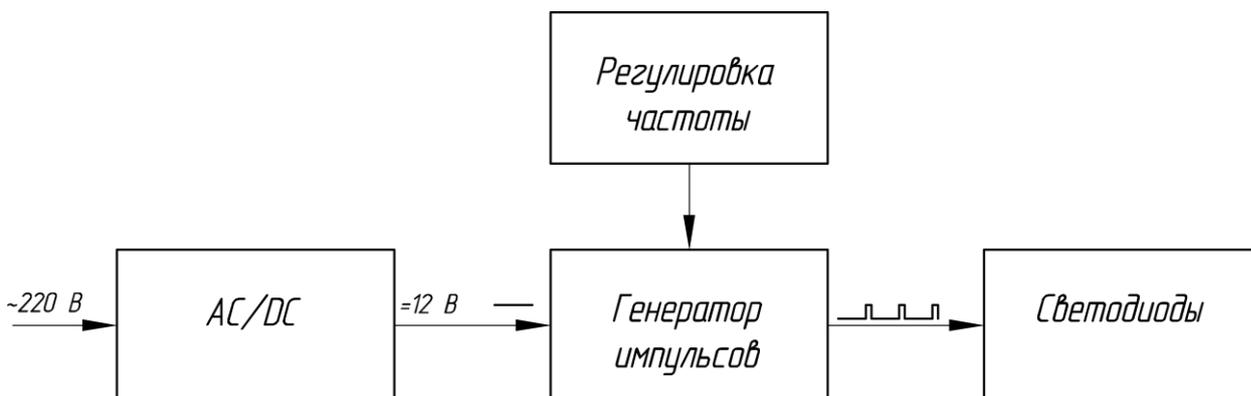


Рисунок 2.1.1 – Схема электрическая структурная стробоскопа

ВИП *AC/DC* преобразует входное сетевое напряжение 220В 50 Гц в постоянное 12В.

На генераторе, построенном на интегральном таймере 555, генерируются импульсы, которые питают светодиоды.

Потенциометр *PI* регулирует частоту импульсов.

На рисунке 2.1.2 изображена схема электрическая принципиальная стробоскопа.

Силовой трансформатор *TVI* преобразует переменное напряжение в 220В в переменное в 16В. На диодном мосту *KD1* переменное напряжение преобразуется в пульсирующее (выпрямляется). *C1*, *C3*, *C4* – фильтрующие конденсаторы. *DA1* – стабилизатор на микросхеме (компенсационный). *R2*, *R1*, *RVI(PI)*, *C2*, *VD1*, *DD1* –

генератор прямоугольных импульсов, потенциометр нужен для регулировки частотой индикации светодиодов.

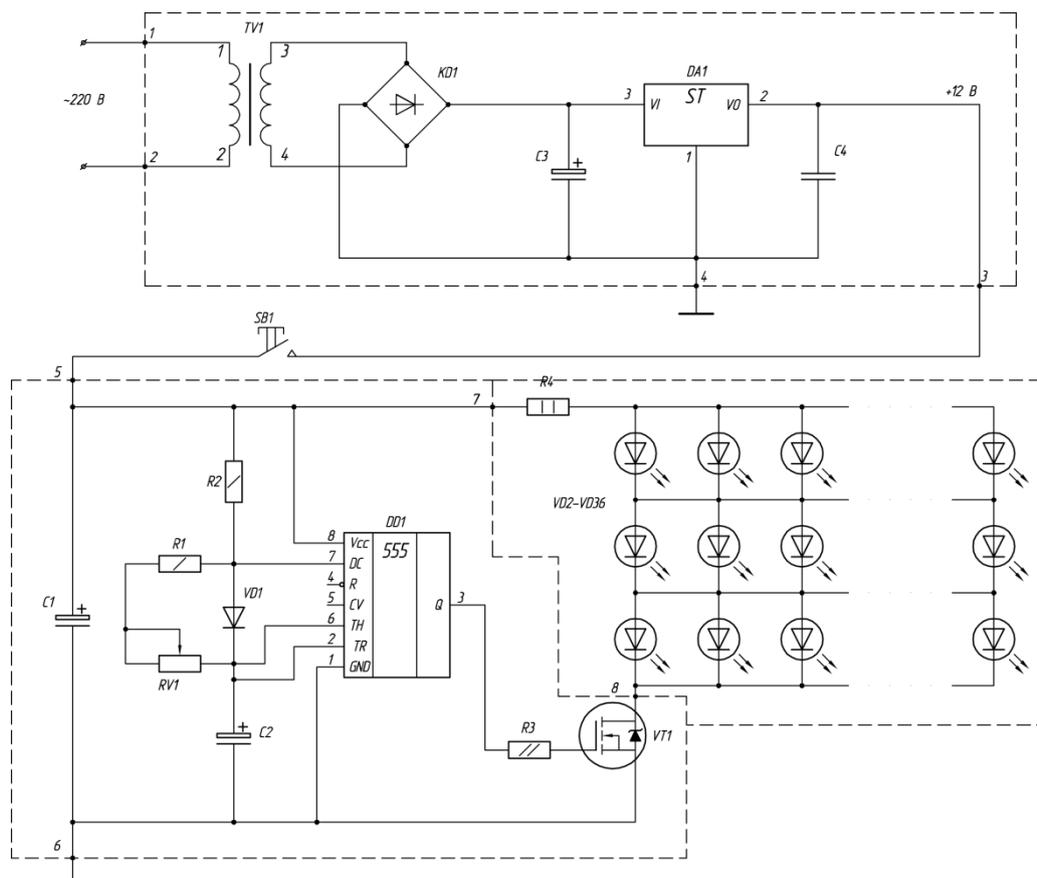


Рисунок 2.1.2 – Схема электрическая принципиальная стробоскопа

2.2 Анализ дефектов на различных этапах технологического процесса

На рисунке 2.2.1 показана схема сборки стробоскопа. В данной схеме не показаны операции, предшествующие сборке (комплектация компонентов, ПП и материалов). На каждом этапе изготовления устройства необходимо осуществлять проверку (контроль) спе-

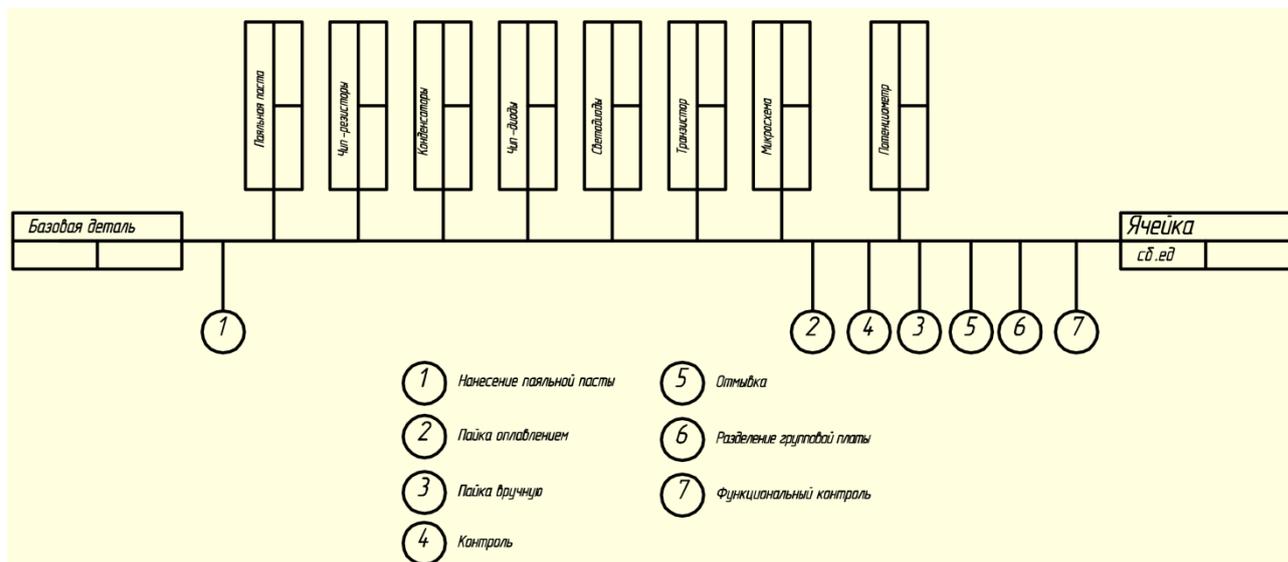


Рисунок 2.2.1 – Технологическая схема сборки стробоскопа

цифических параметров в соответствии с современными методиками и принципами управления качеством, таких как соответствие жизненного цикла изделия циклу Деминга, соответствие **всеобщего управления качеством**, а также принципам качества шести сигм и другим современными разработкам в сфере **управления качеством**.

Принимая во внимание объёмы выпускаемой продукции, а именно выпуск 10000 стробоскопов в год нельзя не учесть объёмы поставляемых радиоэлектронных компонентов, печатных плат и материалов (припой, флюс). Входной контроль заключается в периодической проверке поставляемых компонентов или двукратной проверке генеральной партии, на основе которых мы можем принимать решение о годности всей закупаемой партии. Для проверки показаний параметров закупаемых изделий необходимо применять современное и надежное специализированное оборудование, оснастку и приспособления. Необходимо тщательно следить за точностью показаний оборудования и измерительной техники, своевременно проводить плановые настроечные и технические контроли. При несоответствии входных параметров номинальным в пределах погрешности, необходимо возвращать партию продавцу, а при частом повторе подобных случаев, необходимо устанавливать договоренности с более надежным поставщиком.

Комплектация набора является не менее ответственным этапом, так как ошибки комплектации несут за собой мгновенный брак выпускаемой продукции. Труд рабочих при комплектации так же важен, как и на других этапах производства, а следовательно на данные места необходимо набирать ответственный персонал. Однако, ошибки комплектации не являются столь критичными, т.к. тут же проверяются и исправляются на следующем этапе производства. При использовании машинного труда, комплектация выполняется автоматически из лент.

Операция установки радиоэлементов будет производиться на станке, т.к. используется планарный монтаж ЭРЭ (SMD компоненты). Автомат ставит ЭРЭ с определенной точностью, и чтобы избежать дефектов, связанных с установкой компонентов, необходимо использовать оборудование с высокой точностью монтажа.

После установки компонентов осуществляется пайка в конвекционной печи. При это важно соблюдать температурные режимы пайки, т.к. от этого зависит качество самой пайки.

Функциональный контроль необходим для проверки работоспособности готовой продукции. Блок подвергают различным испытаниям, снимают выходные характеристики и проверяют их на соответствие требованиям ТЗ.

В ходе всего производственного процесса могут появляться разнообразные дефекты. Выявление этих дефектов на последующих этапах производства может на порядок повысить стоимость всего изделия и ухудшит конкурентоспособность. Стоимость исправления одной единственной ошибки на различных стадиях подготовки производства растет в геометрической прогрессии. Наглядно данная прогрессия отображена на диаграмме ниже (рисунок 2.2.2):

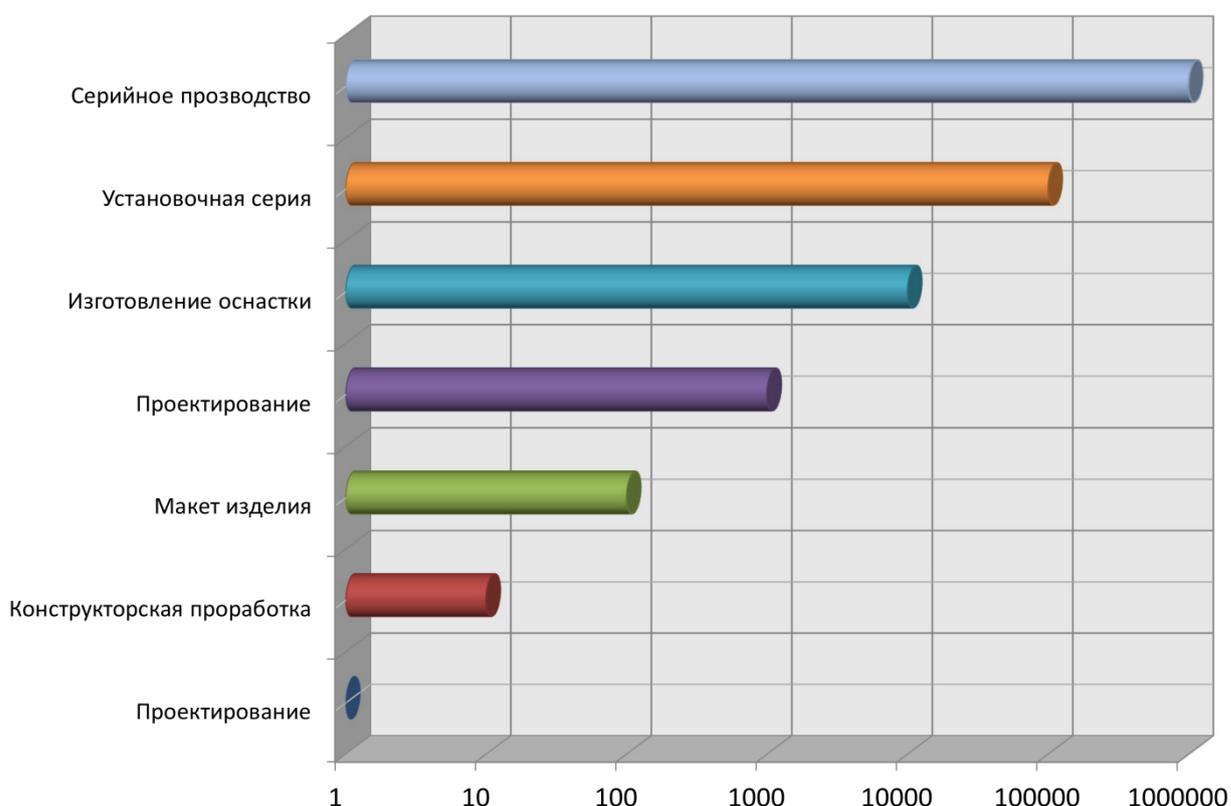


Рисунок 2.2.2 - Зависимость расходов на ликвидацию ошибки от стадии подготовки производства

Перейдем к более детальному рассмотрению технологического процесса сборки стробоскопа с позиции появления дефектов.

На вход технологического процесса поступают материалы и комплектующие, которые необходимо будет преобразовать в готовое изделие.

На последующих этапах технологического процесса: комплектация набора, установка и пайка ЭРЭ, функциональный контроль, могут возникать разнообразные дефекты, которые увеличивают стоимость производства, некоторые из них значительно ухудшают **качество** и надежность производимой ячейки. Анализ исследуемого технологического процесса сборки показал, что в среднем 15% ячеек, поступающих на операцию функционального контроля, являются дефектными и

требуют ремонта, доработки, либо неисправность является неустранимой. Сопоставляя число дефектов на различных этапах технологического процесса с общим числом производимых ячеек, можно составить наглядную картину, отражающую важность мероприятий по **повышению качества** производимой продукции и уменьшению количества дефектов:

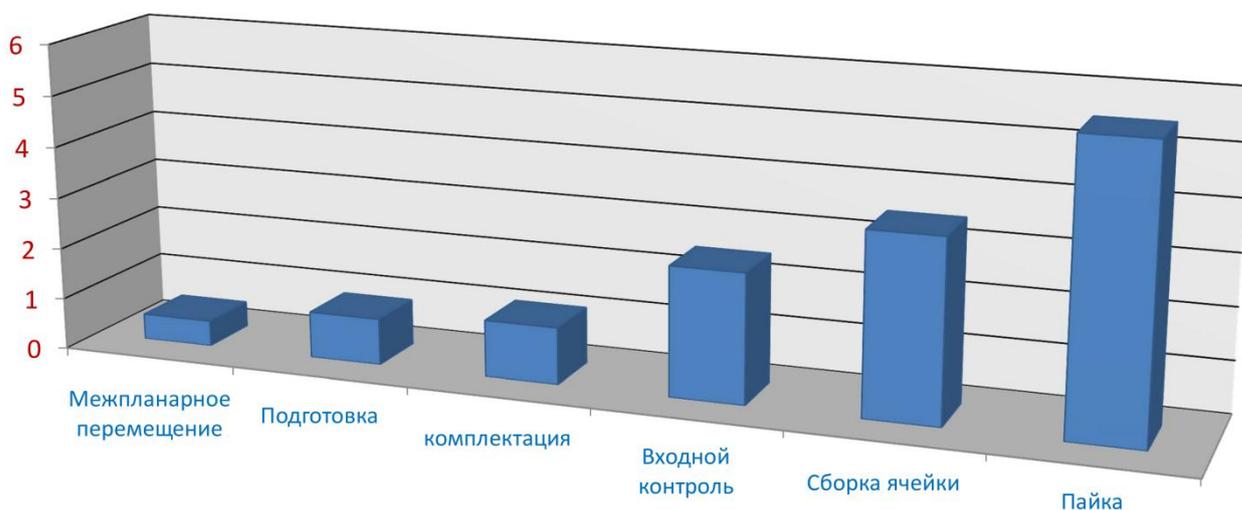


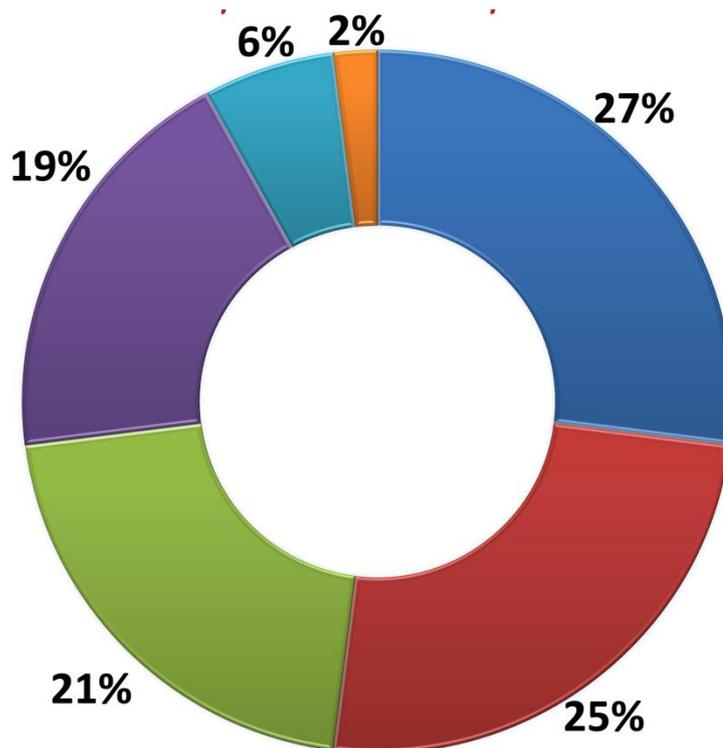
Рисунок 2.2.3 – Распределение дефектов по этапам ТП

Проанализировав относительное распределение дефектов на производстве, обнаруженных при проверке печатного узла, отобразим данные на рисунке 2.2.4. Из диаграммы видно, что большинство дефектов возникает в процессе производства устройств, в то время как дефекты самих элементов незначительны.

Разброс в распределении дефектных устройств от 6 до 27% от общего числа производимых устройств, обуславливается сложностью производства устройства, квалификацией производственного персонала, количеством устройств в партии, состоянием технологического оборудования, степенью механизации и автоматизации технологического процесса, наличием автоматизированного оборудования входного контроля ЭРЭ.

Дефекты, возникающие в стробоскопе при их производстве, можно разделить по видам:

- Недостаток припоя;
- Закоротки;
- Брак сборки (дефект «Надгробного камня»);
- Короткие замыкания ПП и ЭРЭ;
- Недостатки припоя;



- Недостаток припоя
- Короткое замыкание ПП и ЭРЭ
- Брак сборки (ошибки)
- Закоротки
- Брак компонента
- Другое

Рисунок 2.2.4 – Распределение дефектов при сборке ЭВА

Приведем список причин, влияющих на возникновение дефектов:

- Нарушение технологического процесса изготовления печатных плат
- Ошибки в конструкторской и технологической документации
- Наличие на предприятии статистических методов входного контроля ЭРЭ
- Нарушение технологического процесса подготовки ЭРЭ к сборке
- Нарушение условий хранения и транспортировки
- Соблюдение режимов работы оборудования
- Квалификация производственного персонала
- Психофизиологическое состояние персонала.

Выявление указанных дефектов традиционными методами визуального и функционального контроля не дает желаемых результатов. Кроме того, все возрастающая стоимость, сложность печатных узлов, плотность компоновки ЭРЭ на них, а также появление дорогостоящих интегральных схем делают недопустимым применение традиционных методов контроля печатных узлов.

Стоимость выявления дефектной ИС на четырех этапах контроля (входного контроля, контроля сборки, внутрисхемного и функционального контроля) возрастает на каждом этапе на порядок. Данная динамика отражена на нижеприведенном графике:

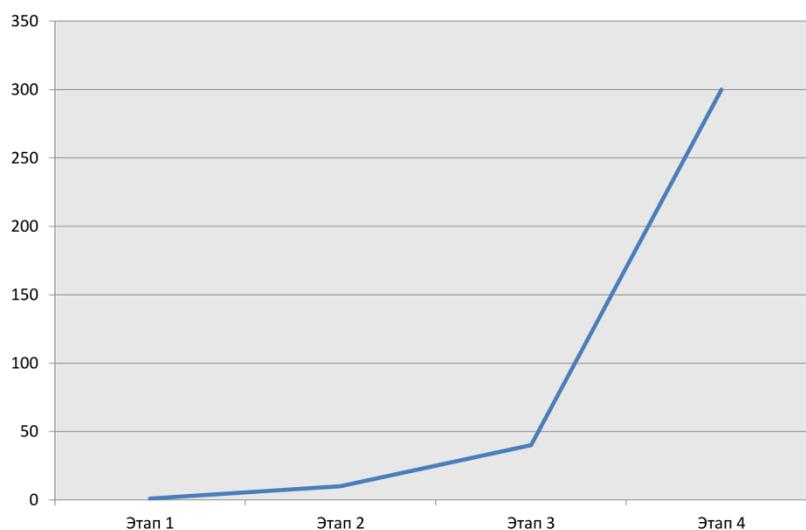


Рисунок 2.2.5 – Зависимость стоимости выявления дефектной ИС от этапа производства. *Этап 1* — проверка печатной платы; *Этап 2* — проверка печатного узла; *Этап 3* — проверка готовой системы; *Этап 4* — проверка системы при ее пуске у пользователя

Наиболее опасными и дорогостоящими являются скрытые дефекты, выявление которых возможно только при эксплуатации ЭВА и которые, в конечном счете, ухудшают такой основной **показатель надежности**, как безотказность. Примерами скрытых дефектов, т. е. дефектов, которые невозможно выявить при функциональном контроле (эти дефекты могут проявиться лишь на периодических испытаниях, проводящийся для отобранной партии продукции), могут быть неустановленные защитные диоды, несоответствующие сопротивления ограничительных резисторов, неправильная установка прецизионного и обычного стабилитрона и т. п. Затраты средств на обнаружение и устранение дефектов возрастают примерно в 10 раз на каждом последующем технологическом этапе производства ЭВА.

Значительную трудоемкость при производстве ЭВА занимает процесс поиска дефектов. На рис 2.2.6 показана зависимость времени поиска дефекта от вида дефекта.

На рисунке 2.2.7 представлена диаграмма, качественно показывающая зависимость интенсивности появления дефектов на различных этапах технологического цикла изготовления ЭВА, где λ — интенсивность появления дефектов;

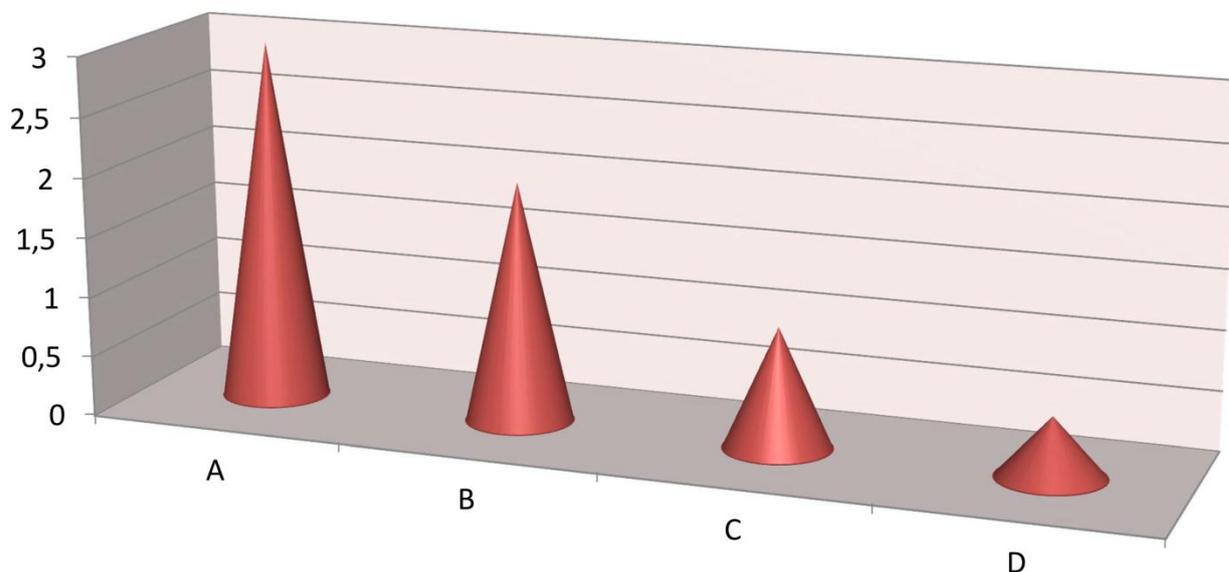


Рисунок 2.2.6 – Зависимость времени поиска дефекта от вида дефекта. *A* — дефекты конструкции; *B* — дефекты в компонентах; *C* — дефекты монтажа; *D* — дефекты, вносимые при проведении испытаний

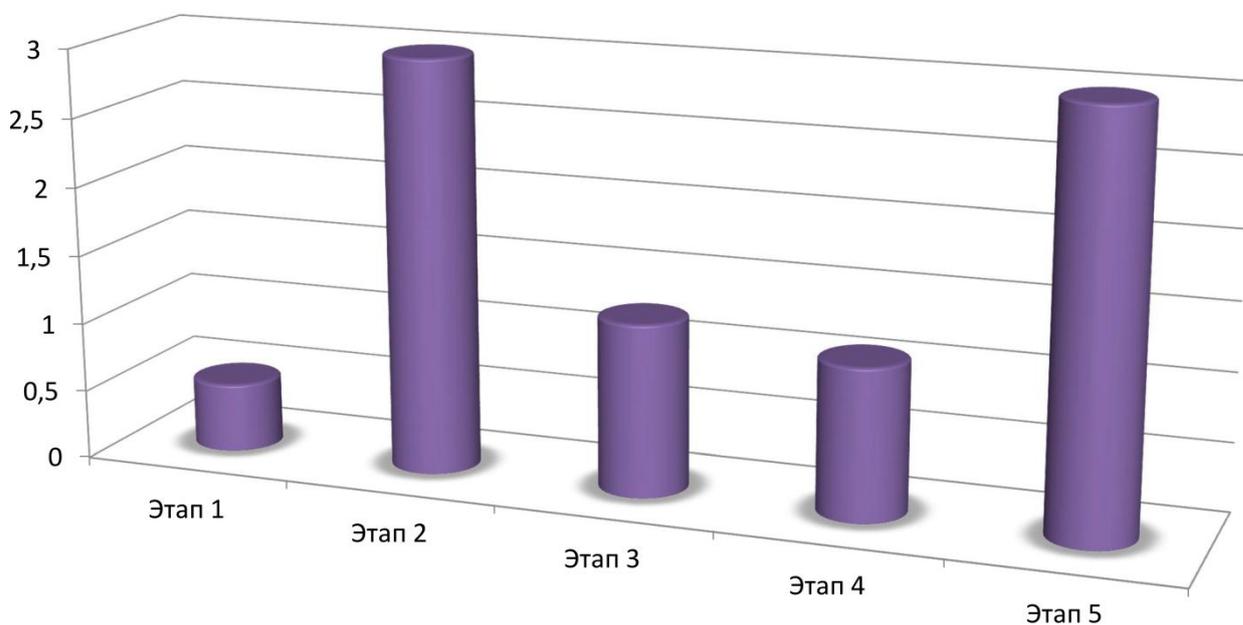


Рисунок 2.2.7 – Зависимость интенсивности появления дефектов (λ) от этапа технологического цикла.

Этап 1 — входной контроль ЭРЭ; *Этап 2* — сборка; *Этап 3* — функциональный контроль ПУ; *Этап 4* — регулировка блоков ЭВА; *Этап 5* — наладка системы

Дефекты различных этапов технологического цикла приводят к увеличению затрат на производство ЭВА. Затраты еще более резко возрастают при отсутствии поэтапного контроля. Из рисунка 2.2.7 видно, что особенно важен этап сборки устройства, на котором возникает наибольшее количество дефектов, которые в свою очередь на последующих этапах технологического цикла могут вызвать появление вторичных наиболее дорогостоящих дефектов.

2.3 Выбор показателей качества

На основании проведенного выше анализа причин возникновения дефектов и принимая во внимание схему сборки стробоскопа, можно выявить показатели качества.

При комплектации компонентов необходимо проверить **работоспособность компонентов, номиналы компонентов и целостность корпусов.**

Наиболее важными этапами в изготовлении устройства являются комплектация компонентов, установка SMD компонентов и последующая пайка в печи, функциональный контроль. Именно на данных этапах необходимо осуществлять контроль.

При пайке в конвекционной печи необходимо соблюдать температурные режимы пайки режимы пайки. Необходимо избегать образования шариков припоя. Помимо этого, необходимо обеспечить качество паяных соединений. В связи с этим показателями качества на данном этапе является количество **дефектов паяных соединений (дефекты «надгробного камня» SMD компонентов).**

На этапе функционального контроля осуществляется проверка работоспособности всей схемы, поэтому данный этап также необходимо контролировать. Контролируемыми параметрами являются электрические параметры схемы: **частота вспышек светодиодов.** На плате необходимо предусмотреть специальные отверстия для измерения частоты индикации. Таким образом обеспечивается тестопригодность и контролепригодность устройства.

2.4 Определение причин, влияющих на показатель качества. Связь между показателем качества и причинами на них влияющими

Физически дефект «надгробного камня» основан на силах смачивания и поверхностного натяжения, массе компонента и его геометрических размерах. Если припойная паста под одним из выводов компонента уже расплавилась и смачивание поверхностей произошло прежде, чем под другим, то сила поверхностного натяжения

может поставить компонент вертикально. Как правило, чем меньше и легче компонент, тем больше вероятность возникновения дефекта «надгробного камня».

Причины (параметры), влияющие на возникновение дефекта «надгробного камня» (смещение компонента и поворот – частные случаи дефекта «надгробного камня»), могут быть разделены на две основные категории: параметры контактной площадки (форма КП, точность выполнения КП, маски или металла; тепловое равновесие между КП; наличие переходных отверстий на КП) и параметры процесса (многочисленные и часто трудно определяемые количественно).

Проанализируем причины возникновения дефекта «надгробного камня» (на примере SMD компонентов типоразмера 0201) [7] (Журнал Технологии в электронной промышленности, № 1'2008, Анализ причин возникновения дефектов «надгробного камня» при использовании компонентов типоразмера 0201).

Процесс монтажа большинства компонентов 0201 был оптимизирован до перехода на бессвинцовую технологию. Увеличение количества бессвинцовой продукции и связанное с этим уменьшение окна технологического процесса приводит к переоценке основных параметров, которые могут повлиять на возникновение эффекта «надгробного камня».

Обзор опубликованных исследований и крупномасштабное применение в промышленности показали наличие 49 параметров, которые могут влиять на формирование дефекта «надгробного камня». Для исследования причинно-следственных связей был применен матричный подход (с величиной оценки 0, 3 или 9), чтобы определить воздействие следующих 12 самых влияющих параметров:

- **Размеры КП** — включающие в себя размеры КП, расстояния между КП. Все КП не покрыты маской и нет маски между КП. Были рассмотрены 4 типоразмера: 3 типовых и один специфический.

- **Количество паяльной пасты** — апертуры трафарета были спроектированы с размером 70% и 100% от величины КП. Апертура с размером 100% КП более приемлема, чем апертура 70% КП. В результате исследований было выяснено, что при использовании апертуры 70% было нанесено порядка 50%, а при использовании апертуры 100% — порядка 60% паяльной пасты.

- **Смещение отпечатка паяльной пасты** — чтобы смоделировать реальный процесс, апертуры трафарета были спроектированы со смещением 0,1 мм по осям X и Y, в общей сложности получено 4 комбинации (0-0; 0-0,1; 0,1-0; и 0,1-0,1).

- **Тип применяемого компонента** — были использованы резисторы и конденсаторы, чтобы учесть влияние размеров компонентов.

- **Ориентация** — компоненты были установлены с поворотом на 0° и 90° .
- **Температурный профиль пайки** — были использованы традиционный и «бессвинцовый» профиль.
- **Атмосфера при пайке** — воздух и N_2 100 млн⁻¹.
- **Смещение компонента** — компоненты были размещены в позиции 0, 0 (CAD) и со смещением 0,1; 0,1.

• **Паяльная паста** — на первом этапе исследования использовалось три типа припойной пасты: безотмывная SnPb, безотмывная SAC 305 и водоотмывная SAC 305. На втором этапе было использовано 7 типов припойной пасты.

• **Финишное покрытие ПП** — на первом этапе использовались платы с финишным покрытием OSP. На втором этапе — ПП с финишным покрытием OSP и иммерсионное золото (ENIG).

Был проведен эксперимент, который был разделен на два этапа.

Тестовая ПП

Тестовая ПП содержала 48 индивидуальных испытательных ячеек. Были использованы 4 различных типа КП, каждый тип применялся 12 раз на тестовой ПП (по шесть в 2 строки). На каждой ячейке было 50 резисторов и 50 конденсаторов, ориентированных с поворотом 0° и 90° , в общей сложности по 200 КП в блоке (рис. 2). Восемь ячеек КП было размещено на ПП, таким образом, в общей сложности 1600 КП было размещено на ПП. На первом этапе были использованы все четыре типа КП, то есть всего 6400 КП на плате.

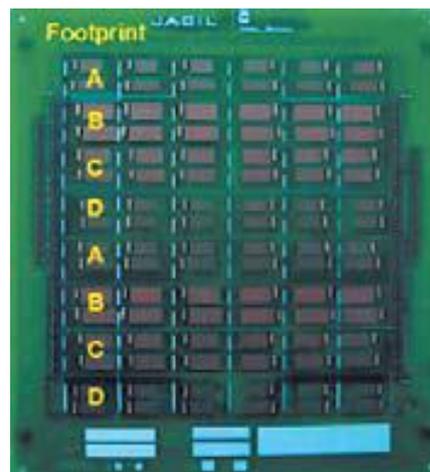


Рисунок 2.4.1 – Тестовая ПП

Проектирование трафарета

Чтобы получить все возможные комбинации изменений и смещений апертур, трафарет был изменен следующим образом: слева направо шесть тестовых столбцов, у первых двух столбцов были уменьшены апертуры на 70% от площади КП; средние два столбца не были заполнены, и в последних двух столбцах апертуры занимали 100% площади КП. В пределах каждой группы разных типов апертур КП были разделены на

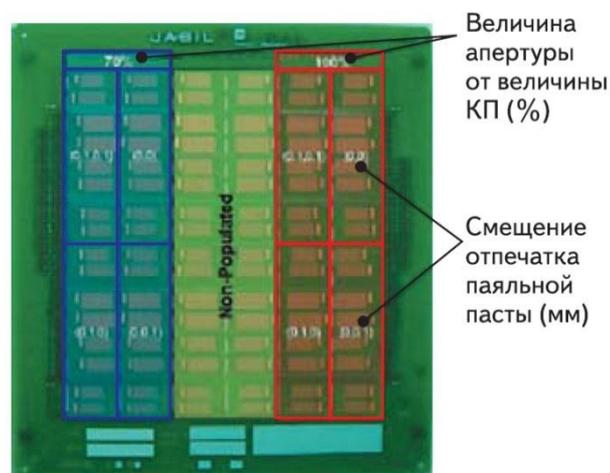


Рисунок 2.4.2 – Дизайн трафарета

четыре сегмента, каждый из которых имел свое смещение отпечатка паяльной пасты. С помощью конструкции, представленной на рис. 2.4.2, были перебраны все возможные комбинации размеров апертур.

Монтаж

Использовалось следующее оборудование:

- MPM Ultraprint 3000 — принтер трафаретной печати;
- Koh Young KY3030-VAL — система контроля нанесения пасты;
- Fuji AIM— автомат-установщик;
- Vitronics-Soltec XPM2— печь конвекционного оплавления;
- Vi Technology Vi3K2 — автоматическая оптическая инспекция (АОИ);
- Phoenix Nanomex X-ray inspection — установка для рентгеновского контроля.

Трафаретная печать

Исследование включало нанесение большого и малого количества пасты. Для этого апертуры трафарета были уменьшены. Чтобы найти оптимальную величину апертуры, были выполнены апертуры размером 100%, 80% и 60% величины КП. 100%-ная и 70%-ная апертуры позволяют нанести примерно 60% и 50% пасты соответственно. Трафареты были изготовлены методом гальванопластики никелем толщиной 125 мкм (0,005"). Параметры нанесения: скорость 2 дюйма/с, давление ракеля 5 кг/мм.

Система контроля нанесения пасты

Эта система использовалась, чтобы контролировать смещение отпечатка паяльной пасты в процессе эксперимента. Подобный контроль очень полезен, так как позволяет своевременно локализовать стадию образования брака, вызванную некорректным написанием программы, неточностью совмещения платы и трафарета, некачественное изготовление трафарета и некоторые иные возможные причины возникновения дальнейших дефектов. В системе контроля нанесения пасты используется освещение отпечатка паяльной пасты с двух сторон светодиодами, при этом фиксируется восемь изображений (по 4 с каждой стороны). Программное обеспечение по полученным изображениям позволяет построить 3D-модель отпечатка паяльной пасты. Использование двойного источника света позволяет минимизировать теневой эффект, возникающий при использовании одиночного источника освещения. С размером пикселя порядка 20x20 мкм можно получить максимально точную информацию о компоненте типоразмера 0201.

Автомат-установщик

Автомат-установщик имеет четыре установочные головки, два загрузчика для питателей компонентов 0201 размером до 74 мм. Таким образом, имеем 180 питателей в загрузчике, который может работать с лентой, пеналом и матричными поддонами.

Скорость установщика — 20 300 комп./ч. Машина была установлена в лаборатории и до начала тестирования откалибрована. s

Пайка

В процессе пайки использовалось шесть термопар, чтобы снимать температурный профиль. Четыре были присоединены к верхней стороне тестовой платы, две к нижней (рис. 4). Термопрофили представлены на рис. 5–8.

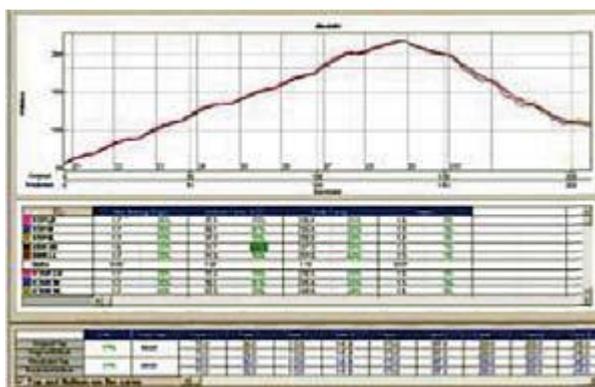


Рисунок 2.4.3 – «Классический» термопрофиль, паста SnPb



Рисунок 2.4.4 – «Бесвинцовый» термопрофиль, паста SnPb

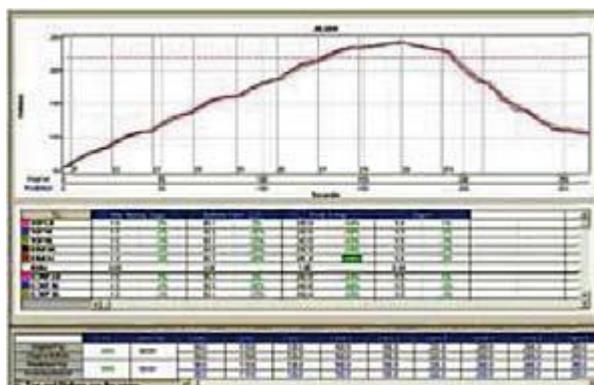


Рисунок 2.4.5 – «Классический» термопрофиль, паста SAC350

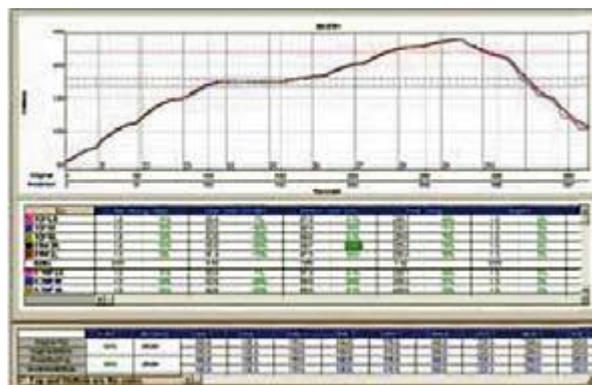


Рисунок 2.4.6 – «Бесвинцовый» термопрофиль, паста SAC350

АОИ (автоматическая оптическая инспекция)

АОИ использовалась для контроля монтажа плат после установки элементов (до пайки и после пайки). На основе САД-информации с использованием библиотек изготовителя оборудования были сгенерированы программы. В представленных данных использовалась система, позволяющая обнаружить дефект «надгробного камня», смещение по осям X, Y и поворот. Оборудование для этого теста было установлено и откалибровано изготовителем.

Полученные данные

Дефекты были разделены на следующие группы:

- «Полный» дефект «надгробного камня», где компонент стоит полностью на одном из концов приблизительно под углом 90°.
- «Частичный» дефект «надгробного камня», где компонент запаян с одного конца, другой конец компонента стоит под углом менее 90°.
- Отсутствие смачивания, когда не произошло смачивания выводов компонента.
- Ошибки позиционирования, когда компонент смещен относительно КП более чем на 50% по X, Y или углу.
- Шарики припоя, которые остаются после пайки. Минимальный зарегистрированный размер, который был визуально замечен при рентгеновском контроле, составил приблизительно 75–100 мкм (0,003"–0,004") в диаметре.

Статистические данные количества дефектов приведены в таблице 2.4.1. Примеры дефектов приведены на рис. 2.4.7.

Таблица 2.4.1 – Статистические данные количества дефектов

№ выборки	«Полный» дефект «надгробного камня»	«Частичный» дефект «надгробного камня»	Отсутствие смачивания	Смещение X, Y или углу	Шарики припоя
1	1000	65	4010	750	3786
2	1111	53	4532	683	4021
3	1051	39	3890	800	3987
4	1100	62	3987	654	4312
5	958	29	4213	754	3721
6	1092	41	3621	812	4058
7	1001	69	3954	741	4012
8	1078	47	4012	732	4031
9	1168	50	4001	768	3975
10	968	58	3785	750	3958

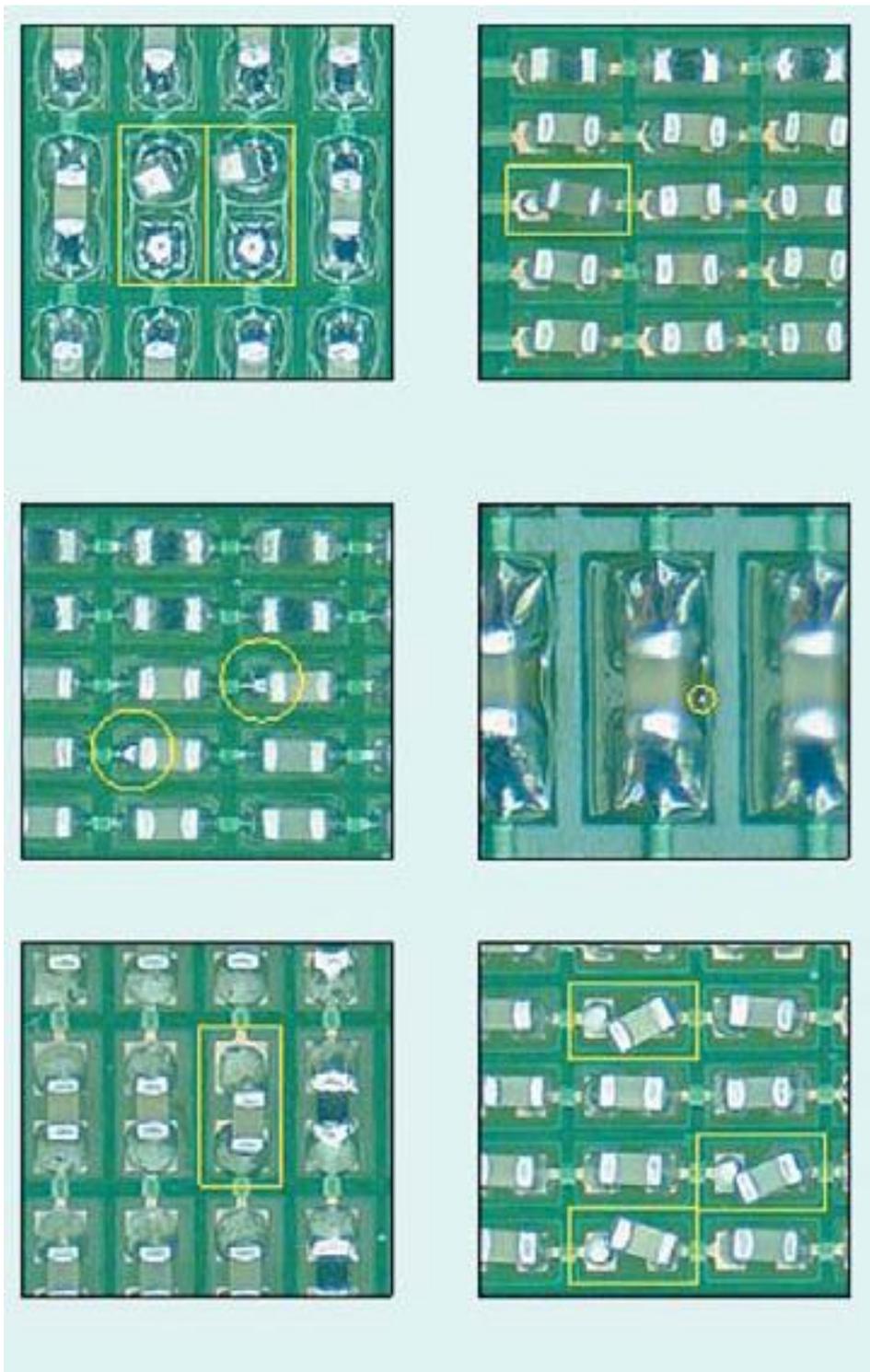
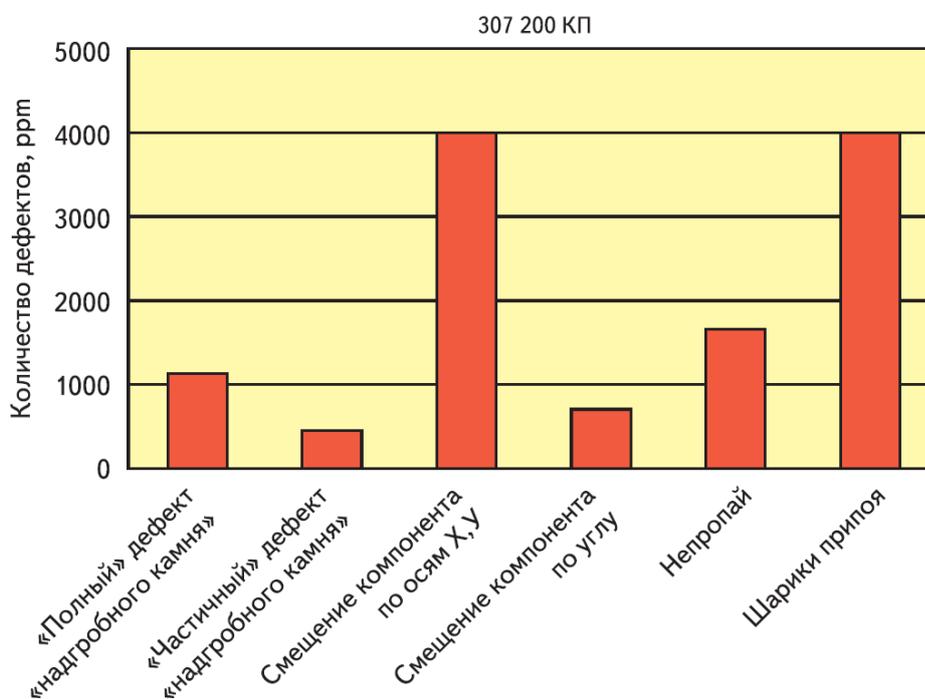


Рисунок 2.4.7 – Примеры дефектов

Результаты и анализ

Было зафиксировано количество дефектных норм для шести определенных режимов отказа. Полная дефектная норма для эксперимента — 11 823 млн⁻¹. Распределение дефектов показано на рис. 2.4.8.



Общее количество дефектов 11.823 ppm

Рисунок 2.4.8 – Гистограмма распределения по типам дефектов

Основной вклад в формирование дефекта «надгробного камня» вносят три параметра. Основное влияние оказывают смещение отпечатка пасты и смещение компонента по осям X и Y. Когда искусственно созданные смещения были убраны, дефектная норма понизилась с 11 823 до 2513 млн⁻¹, включая шарики припоя, или с 7845 до 156 млн⁻¹, исключая шарики припоя (рис. 2.4.9).

Отсюда ясно видно, что исключение ошибок при нанесении паяльной пасты сильно снижает вероятность возникновения дефектов «надгробного камня» и некоторых других. Смещение нанесенной пасты, искусственно созданное в ходе исследований, аналогично возникающему при производстве. Смещение на величину 0,1 мм (0,004") обычно является заявленной погрешностью для автоматов-установщиков с высокой производительностью. Хотя смещение на 0,1 мм (0,004") — больше чем типичная позиционная ошибка для принтеров трафаретной печати, в эту величину вносят вклад и некачественное совмещение, установка, некачественное изготовление трафарета и некоторые другие факторы.

Остальные факторы, которые оказывают влияние на формирование дефекта «надгробного камня», были случайными или основными и не оказывали столь большого

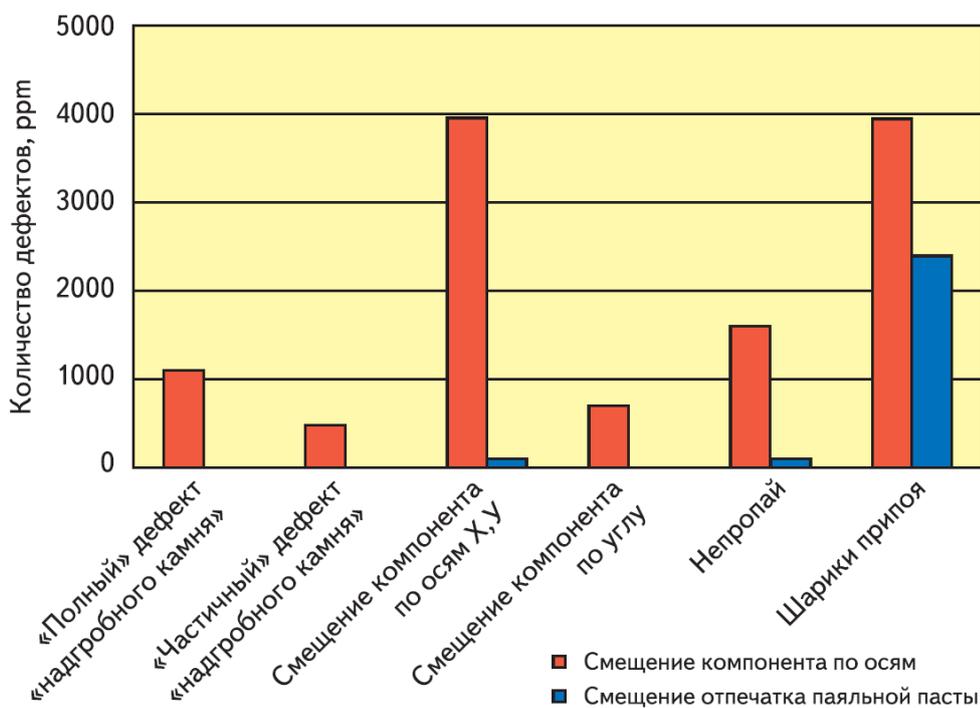


Рисунок 2.4.9 – Гистограмма распределения дефектов при смещении отпечатка паяльной пасты и установки элемента.

влияния как совместное негативное влияние неточного нанесения паяльной пасты и установки компонента. Конденсаторы показали дефектную норму $15\,996 \text{ млн}^{-1}$ ($14\,316 \text{ млн}^{-1}$, исключая шарики припоя), резисторы показали дефектную норму 7650 млн^{-1} (1374 млн^{-1} , исключая шарики припоя) (рис. 2.4.10).

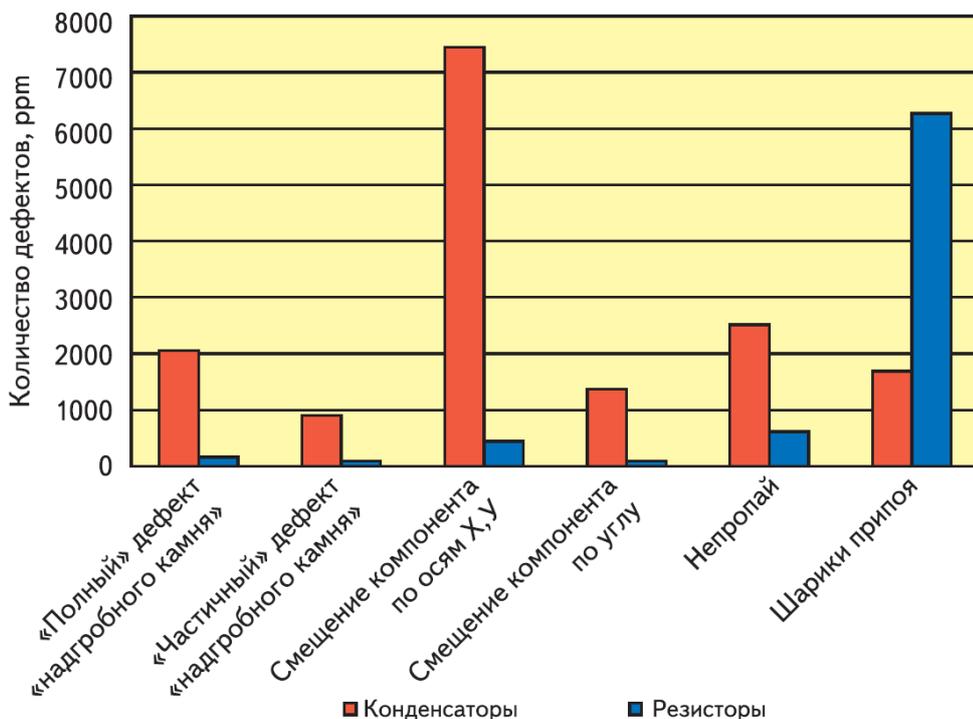


Рисунок 2.4.10 – Гистограмма распределения дефектов в зависимости от типа компонента

Конденсаторы показывают более высокий уровень дефектов во всех категориях, кроме шариков припоя. Основные различия между конденсаторами и резисторами — высота компонента. Конденсаторы на 25% выше и имеют более высокий центр тяжести, который влияет на повышенную «предрасположенность» к формированию дефекта.

Самый общий эффект — эффект ориентации. Компоненты, ориентированные с поворотом 0° и входящие в печь сначала одним выводом, затем корпусом и вторым выводом (параллельно движению конвейера), показали дефектную норму $15\,046\text{ млн}^{-1}$ ($11\,699\text{ млн}^{-1}$, исключая шарики припоя). Компоненты, ориентированные с поворотом 90° и входящие в печь обоими выводами одновременно (перпендикулярно движению конвейера), показали дефектную норму 8600 млн^{-1} (3991 млн^{-1} , исключая шарики припоя). Результаты отражены на рис. 2.4.11.

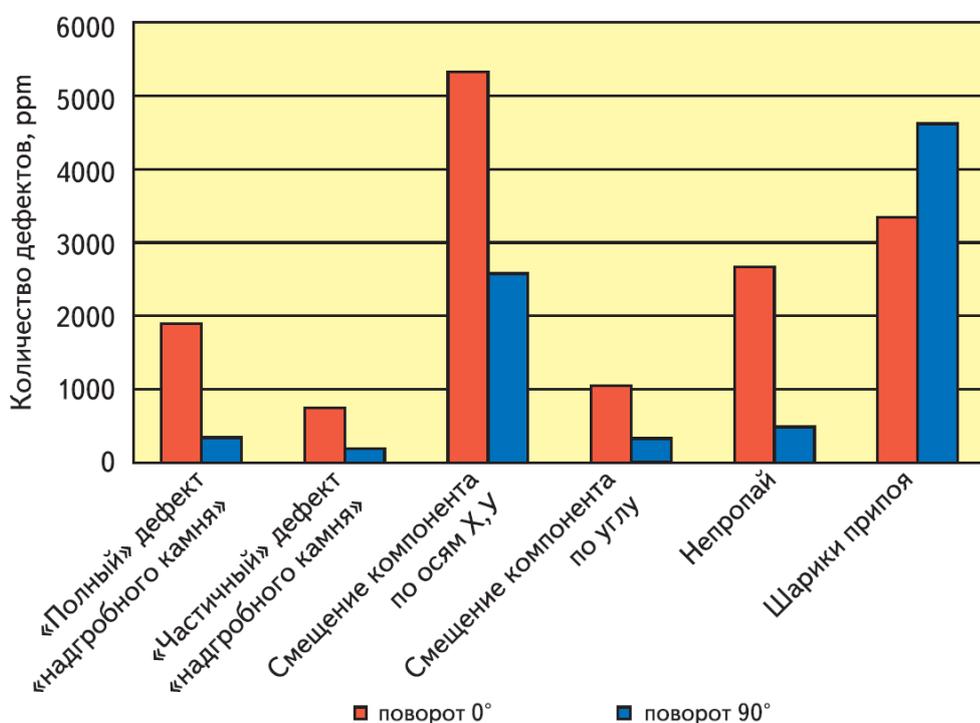


Рисунок 2.4.11 – Гистограмма распределения дефектов в зависимости от ориентации компонента (поворота)

Кроме того, влияние на количество дефектов оказывает среда (атмосфера), в которой осуществляется пайка. При использовании воздушной среды дефектные нормы составили $18\,581\text{ млн}^{-1}$ ($11\,172\text{ млн}^{-1}$, без учета шариков припоя), в то время как использование инертной среды приводит к уровню дефектов 5065 млн^{-1} (4518 млн^{-1} , без учета шариков припоя). Результаты отражены на рис. 2.4.12. При пайке в среде азота процент дефектов «надгробного камня» становится больше, но уменьшается количество дефектов, связанных с плохой смачиваемостью, и смещений. Также пайка в среде азота уменьшила

количество шариков припоя и улучшила качество паяного соединения. В целом, пайка в среде азота привела к уменьшению количества дефектов по сравнению с пайкой на воздухе, но пайка в инертной среде не может компенсировать ошибки нанесения паяльной пасты и установки компонентов.

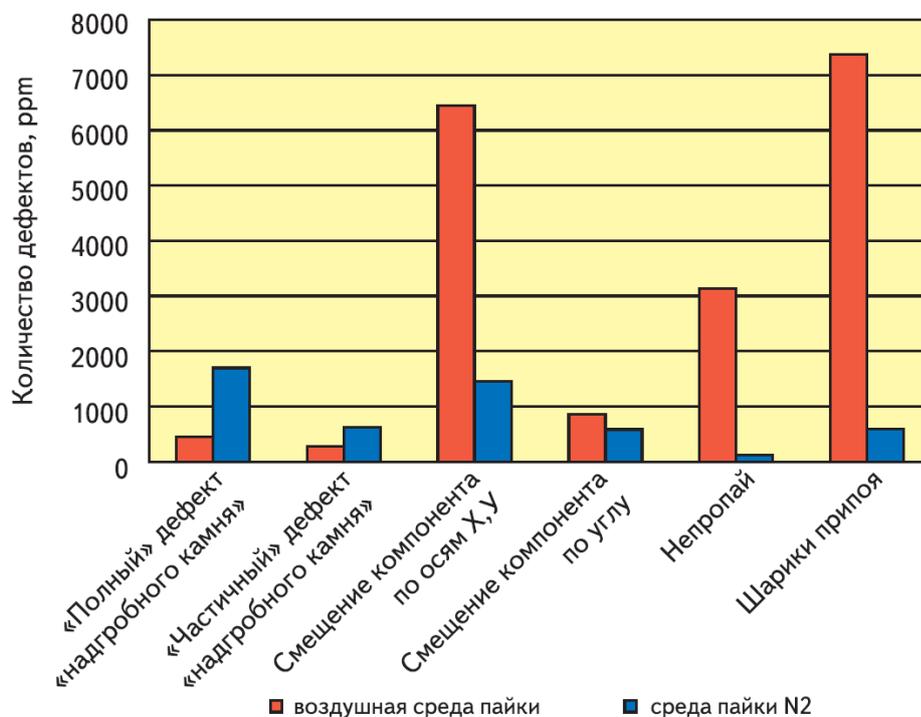


Рисунок 2.4.12 – Гистограмма распределения дефектов в зависимости от среды пайки

На рис. 2.4.13 представлен уровень дефектов в зависимости от типа паяльной пасты. Из трех типов паяльных паст безотмывная SnPb произвела наименьшее количество дефектов — в общей сложности 4768 млн^{-1} (3679 млн^{-1} , исключая шарики припоя). Безотмывная паста SAC более чем удвоила дефектную норму — $12\,637 \text{ млн}^{-1}$ (4697 млн^{-1} , исключая шарики припоя). Шарики припоя — наиболее характерный дефект для этого типа пасты, она является причиной почти 2/3 зарегистрированных дефектов. Без учета шариков припоя дефектные нормы для безотмывных припоев SnPb и SAC не сильно отличаются. У водоотмывной бессвинцовой пасты была самая высокая норма дефектов — $18\,154 \text{ млн}^{-1}$ ($15\,459 \text{ млн}^{-1}$ без учета шариков припоя). Убрав коэффициенты, вызванные смещением отпечатка паяльной пасты и размещением компонентов, можно увидеть влияние типа паяльной пасты на уровень дефектов (рис. 2.4.14).

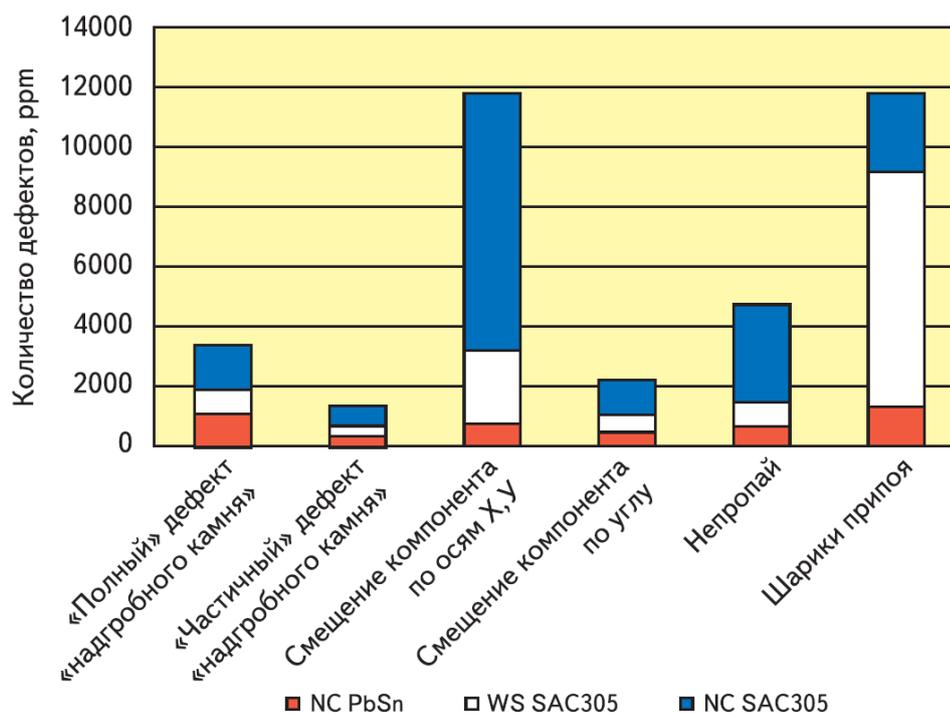


Рисунок 2.4.13 – Гистограмма распределения дефектов в зависимости от типа паяльной пасты

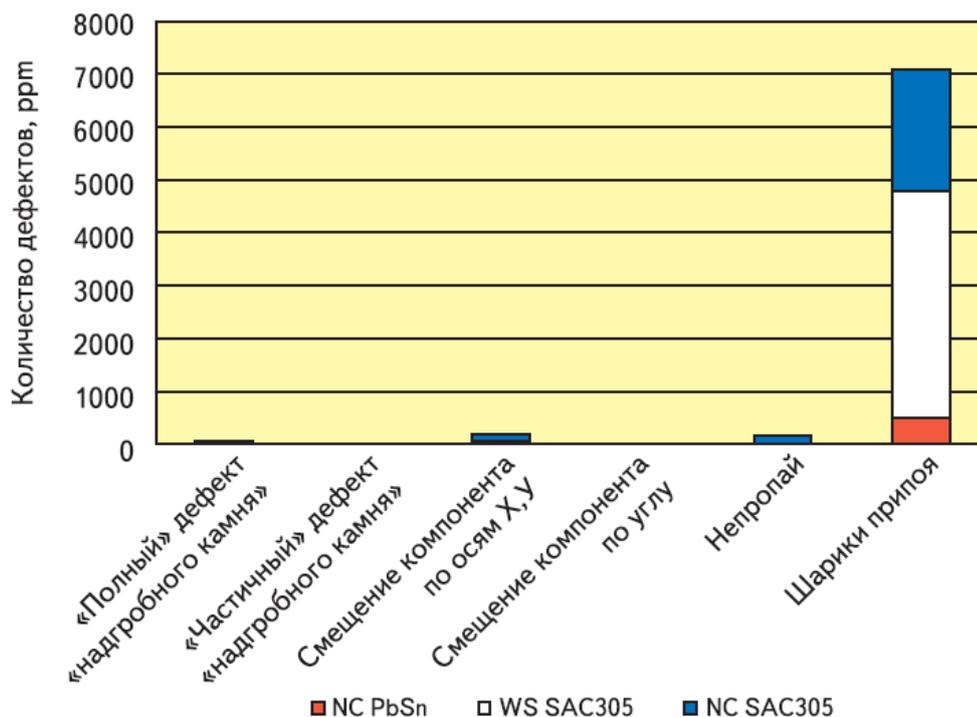


Рисунок 2.4.14 – Гистограмма распределения дефектов в зависимости от типа паяльной пасты (без смещения компонентов)

Из четырех различных типов КП, используемых в эксперименте, три были выполнены в соответствии с IPC-7351. Их размеры указаны в таблицах 2.4.2 и 2.4.3. Результаты применения различных КП представлены на рис. 2.4.15. Большой размер КП (IPC-M) привел к меньшему количеству дефектов — 4271 млн^{-1} (2904 млн^{-1} , исключая шарики припоя). Средний размер КП (IPC-N) привел к большему количеству дефектов —

5690 млн⁻¹, но без учета шариков припоя результат не намного лучше — 2161 млн⁻¹. Учитывая, что основная цель применения компонентов 0201 — наиболее плотное заполнение пространства ПП, применение средних размеров КП может быть лучшим решением, компромиссом между функциональными возможностями и возможностями производства. Использование наименьшей КП (IPC-L) привело высокому количеству дефектов — 22 786 млн⁻¹ (16 003 млн⁻¹, исключая шарики припоя).

Таблица 2.4.2 – Размеры компонентов 0201 (Размеры в мм)

Тип компонента	X	Y	Z	Длина вывода	Ширина вывода
C	0.27	0.53	0.26	0.12	0.26
R	0.26	0.58	0.21	0.15	0.27

Таблица 2.4.3 – Размеры КП

Наименование стандарта	Размер КП
IPC-M	0.5 x 0.5 мм
IPC-N	0.4 x 0.4 мм
IPC-L	0.3 x 0.3 мм

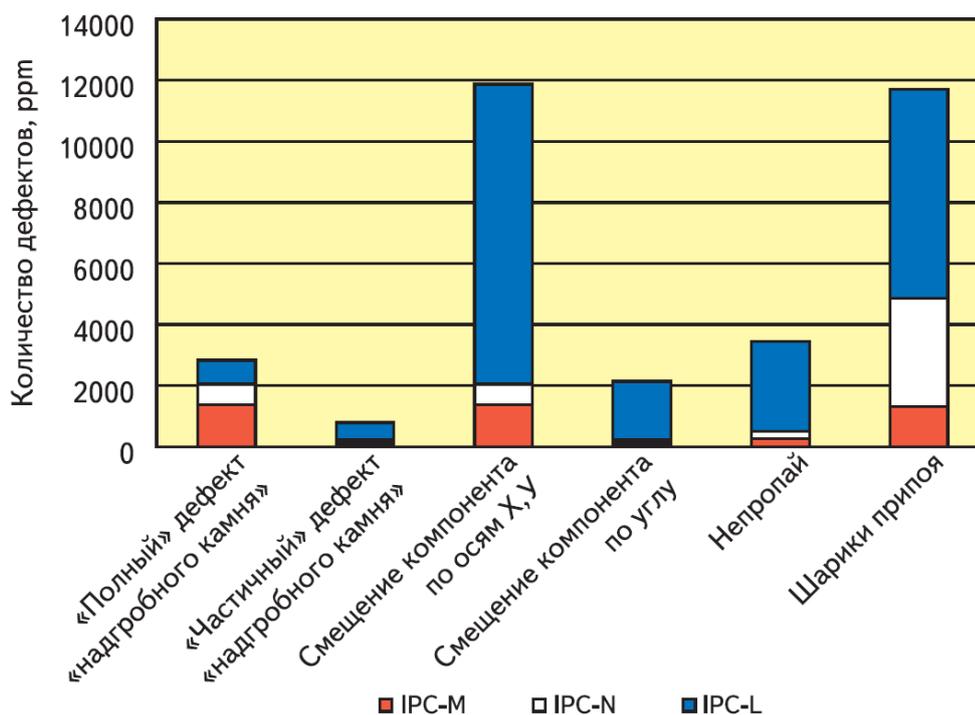


Рисунок 2.4.15 – Гистограмма распределения дефектов в зависимости от типа КП

Выводы

Было изучено влияние на возникновение дефекта «надгробного камня» таких факторов, как — тип компонента, форма КП, смещение отпечатка паяльной пасты, смещение компонента при установке, вид термопрофиля и среда пайки. Наибольшее влияние на формирование дефекта оказывает комбинация смещения отпечатка паяльной

пасты по оси X на 0,1 мм (0,004") и смещение компонента при установке по осям X и Y на 0,1 мм. Далее в порядке убывания идут тип компонента, его ориентация при движении в печи и атмосфера пайки.

Из четырех коэффициентов два не поддаются управлению. Тип компонента и его ориентация при пайке — характеристики, закладываемые на этапе разработки изделия, и вряд ли они могут быть изменены. Влияние среды пайки не всегда возможно исключить, так как применение азотной среды ограничено не только возможностью оборудования к такой пайке, но еще и стоимостью изделия, куда в конечном счете войдут и затраты на азот. Самое большое влияние оказывают следующие коэффициенты — смещение отпечатка паяльной пасты и смещение компонента при установке. Ими почти полностью можно управлять в процессе монтажа. Применение отмывной паяльной пасты также снизило объем дефектов с 11 823 до 2513 млн⁻¹, или с 7845 до 156 млн⁻¹ без учета шариков припоя.

Компенсацию обоих смещений можно обеспечить настройкой процесса. Высокой точности позиционирования можно добиться калибровкой, а программы принтеров и установщиков могут быть масштабированы, чтобы компенсировать погрешности ПП. Известно, что управление процессом улучшает производительность и объем выпуска, и поскольку размеры компонентов становятся все меньше и меньше, управление основными параметрами становится все более и более важным. Видно, что «неаккуратно» построенный процесс приводит к большому числу дефектов и требует корректировки на всех этапах.

Из трех типов паяльных паст процент дефектов меньше всего у безотмывного оловянно-свинцового припоя. При условиях корректного нанесения припойной пасты и установки элементов обе безотмывные пасты показали уровень дефектов меньше 100 млн⁻¹ независимо от атмосферы, термопрофиля и формы КП.

Из четырех типов КП самая большая КП дала меньше всего дефектов, кроме того, небольшое количество дефектов показала средняя форма КП. Наименьшая форма КП показывала в четыре с лишним раза больше дефектов, чем большая и средняя форма КП.

2.5 Обоснование применения различных видов контроля

2.5.1 Экономическое обоснование применения различных видов контроля при сборке устройства

Запланированный **уровень качества** и надёжности выпускаемой продукции является величиной расчётной и определяется максимально допустимой стоимостью ремонтов, которые предполагается провести в гарантийный период в зависимости от требований потребителя, условий эксплуатации выпускаемой продукции и стратегии проведения гарантийных ремонтов.

Если потребитель при заключении договора на поставку 10 тысяч приборов требует, чтобы гарантийный срок составлял 10 лет, география использования включает всю территорию России, а ремонт предполагается проводить силами предприятия-изготовителя, нетрудно подсчитать, что при уровне отказов в 1% необходимо будет совершить 100 выездов для проведения гарантийных ремонтов. Затраты на проведение гарантийных ремонтов планируются, как правило, на уровне 2...4% от отпускной цены. Если прибор стоит 100 тысяч рублей, то на проведение ремонтов всей партии может быть запланирована сумма в 3 млн. рублей. Это значит, что в среднем на одну командировку может быть затрачено 30 тыс. рублей. Если указанные приборы будут эксплуатироваться преимущественно в Западной Сибири и на Дальнем Востоке, запланированных средств будет явно недостаточно. Если приборы стоят 10 тыс. рублей, а в партии – 100 тысяч штук, ситуация резко усугубляется, так как планируемые затраты на проведение гарантийных ремонтов возрастут десятикратно и могут превысить запланированный уровень прибыли. Повышение отпускной цены для компенсации указанных затрат будет снижать конкурентоспособность выпускаемой продукции и может стать препятствием для заключения выгодного контракта. Учитывая всё вышесказанное, становится понятным наиболее часто встречающееся значение планируемого уровня дефектности: 0,1% или 1000 ppm.

Используя данные приведенных выше примеров, попробуем рассчитать максимальные затраты на ремонт в процессе производства.

Если в структуре цены прибора (100 тыс. руб.) прибыль составляет 20%, то себестоимость равна 80 тыс. рублей. В структуре себестоимости компоненты, комплектующие и материалы составляют 70% (величина характерная при производстве электронных приборов), а работы – 30% (24 тыс. рублей). Допустим, прибор имеет одноплатную конструкцию с 1000 компонентов и 3000 паяных соединений. При использовании первоклассного сборочного оборудования максимально достижимый

уровень дефектности составляет 100 ppm в середине большой партии. В этом случае на партии в 10 тыс. штук печатных узлов мы получим: $3\,000 \cdot 10\,000 \cdot 100 / 1\,000\,000 = 3\,000$ потенциально дефектных паяных соединений.

Кроме того, первоклассные поставщики и производители электронных компонентов гарантируют уровень дефектности 10 ppm. Это означает, что на партии в 10 тыс. штук мы получим: $1\,000 \cdot 10\,000 \cdot 10 / 1\,000\,000 = 100$ потенциально дефектных компонентов. Это означает, что 31% спаянных печатных узлов будут иметь потенциальные дефекты.

Трудоёмкость диагностики и локализации дефекта на электронном модуле, имеющем 1 000 компонентов, в среднем составляет не менее 4 часов. При стоимости нормо-часа для высококвалифицированного специалиста на уровне 25 долларов США (с учётом накладных расходов), затраты на ремонт при выпуске партии указанных приборов без средств автоматической диагностики и локализации дефектов составят:

$$3\,100 \cdot 4 \cdot 25 = 310\,000 \text{ долларов США или около } 10\,000\,000 \text{ рублей.}$$

Средние минимальные затраты на ремонт одного прибора составят:

$$10\,000\,000 / 10\,000 = 1\,000 \text{ рублей.}$$

Более того, указанные расчёты справедливы, если все печатные узлы будут обработаны в одной партии, так как в начале и конце уровень дефектности, как правило, в несколько раз выше (в начале партии необходимо устранить последствия ошибок операторов, несоответствующих компонентов и комплектующих, а в конце партии – нехватки компонентов).

Кроме того, самый квалифицированный наладчик/регулировщик и самый добросовестный контролёр не в состоянии в полном объёме проверить выпускаемую продукцию на соответствие её конструкторской и нормативной документации. Как результат – дополнительные затраты на ремонт приборов, отказавших в процессе приёмо-сдаточных испытаний и у потребителя в гарантийный период.

Приведенные выше примеры наглядно подтверждают известный постулат: «Стоимость устранения дефекта тем ниже, чем ближе к месту его потенциального возникновения он обнаружен». А это означает, что необходимо добиваться выпуска качественной и надёжной продукции на заводе-изготовителе. Вопрос второй: «Какая технология обеспечивает достижение запланированных уровней качества и надёжности и какие затраты для этого нужны?».

Рассмотрим пример: на предприятии внедрён типовой технологический процесс сборки печатных узлов (рис.2.5.1.1).

Алгоритм процесса достижения запланированного **уровня качества** выпускаемой продукции (рис.2.5.1.2) включает следующую последовательность действий:

- Сбор статистических данных о дефектах
- Классификация выявленных дефектов
- Выявление наиболее значимых типов дефектов
- Внедрение наиболее эффективных средств диагностики и локализации дефектов

для снижения стоимости ремонтов

- Анализ эффективности проводимых преобразований.
- Разработка и внедрение корректирующих и предупреждающих воздействий



Рисунок 2.5.1.1 – Схема технологического процесса сборки печатных узлов без систем контроля и инспекции

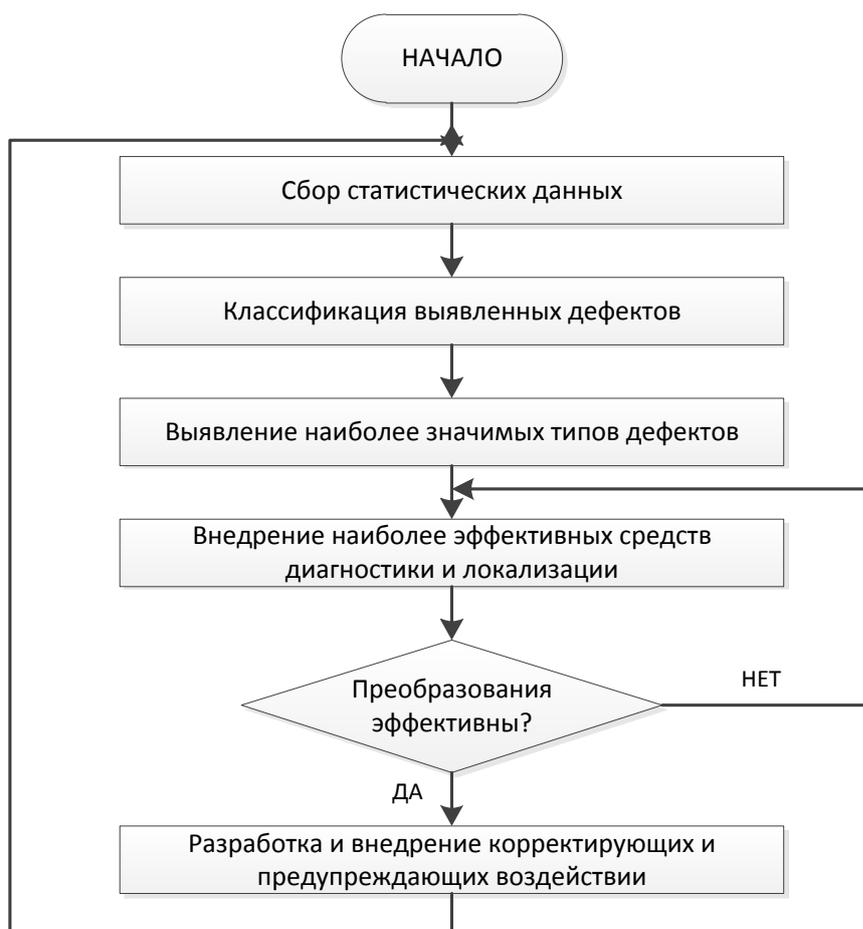


Рисунок 2.5.1.2 – Алгоритм процесса достижения запланированного уровня качества выпускаемой продукции

Сбор, классификация и анализ статистических данных по обнаруженным на операции выходного функционального контроля дефектам (столбец “До начала внедрения систем инспекции и контроля” таблица 2.5.1.1) выявили наиболее значимый тип – увеличенное количество пустот в паяных соединениях (рис.2.5.1.3). Приведенная диаграмма (рис.2.5.1.3) наглядно демонстрирует снижение количества дефектов после внедрения различных систем контроля. В соответствии с предложенным алгоритмом, принятые преобразования по диагностике и локализации указанного типа дефектов можно считать удовлетворительными. На рис.2.5.1.4 представлена схема технологического процесса сборки печатных узлов при внедрении современных автоматических систем инспекции и контроля.

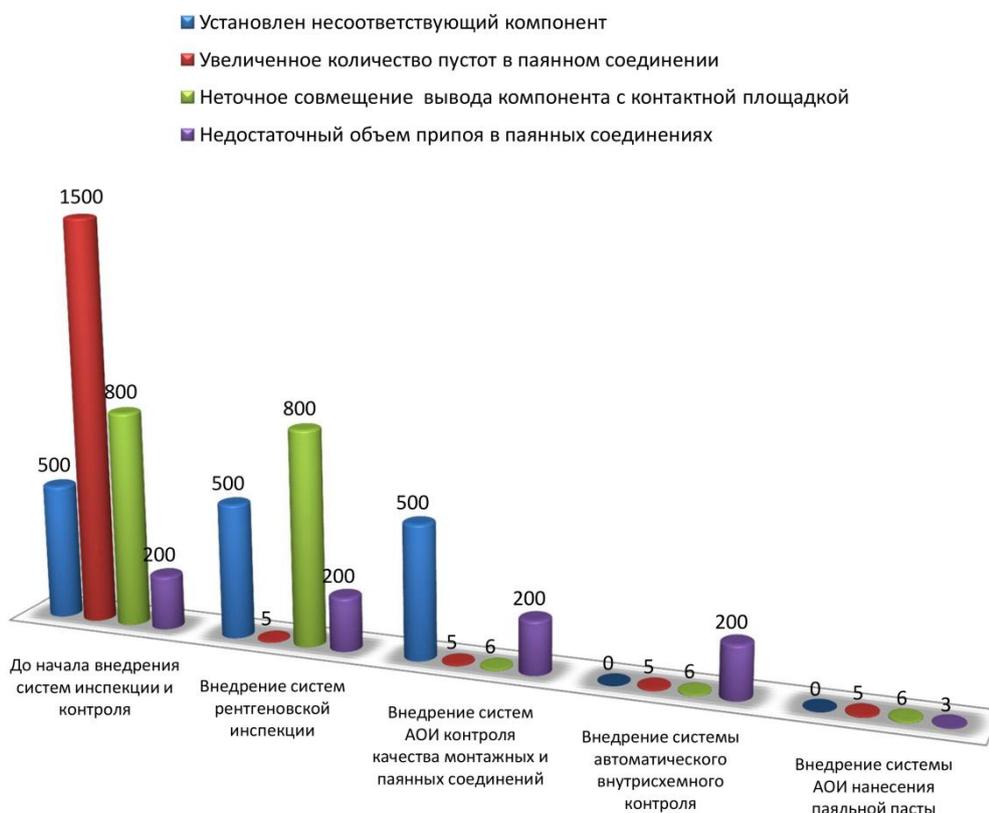


Рисунок 2.5.1.3 – Снижение уровня дефектности выпускаемой продукции при последовательном внедрении автоматических систем инспекции и контроля



Рисунок 2.5.1.4 – Схема технологического процесса сборки печатных узлов при внедрении современных автоматических систем инспекции и контроля

Таблица 2.5.1.1 – Классификация технологических дефектов при последовательном внедрении автоматических систем контроля и инспекции

Дефект	Количество дефектов за отчётный период при последовательном внедрении автоматических систем инспекции и контроля					Наиболее вероятная причина возникновения дефекта	Примечание
	До начала внедрения систем инспекции и контроля	Внедрение систем рентгеновской инспекции	Внедрение систем АОИ контроля качества монтажных и паянных соединений	Внедрение системы автоматического внутрисхемного контроля	Внедрение системы АОИ нанесения паяльной пасты		
1 Установлен несоответствующий компонент	500	500	500	0	0	Ошибка оператора	Технологический дефект
2 Увеличенное количество пустот в паянном соединении	1500	5	5	5	5	Неудовлетворительная паяемость вывода компонента	Несоответствующий компонент
3 Неточное совмещение вывода компонента с контактной площадкой	800	800	6	6	6	Сбой в работе оборудования (сборочного автомата)	Технологический дефект
4 Недостаточный объем припоя в паянных соединениях	200	200	200	200	3	Неудовлетворительное качество трафарета. Некорректные параметры технологического процесса	Технологический дефект

2.5.2 Входной контроль

С целью предотвращения попадания в производственный цикл расходных материалов, неудовлетворяющих техническим требованиям, вводится входной контроль. Данное контрольное мероприятие может быть сплошным и выборочным. В случае выборочного входного контроля, он может быть реализован методом однократной выборки, методом двукратной выборки и методом последовательного контроля. Так как в нашем случае присутствует мелкосерийное производство, то целесообразно в качестве метода входного контроля взять метод однократной выборки.

2.5.3 Операционный контроль

Операционный контроль служит для того, чтобы отсеять негодную продукцию на ранних стадиях производства и предотвратить затраты на изготовление бракованных изделий. При производстве печатных плат необходимо постоянно следить за тенденцией изменения направления протекания технологического процесса, так как данный вид производства является очень чувствительным к малейшим изменениям условий производства, и отсутствие такого вида контроля может привести к получению целой партии негодной продукции и существенным экономическим потерям. Наиболее наглядным методом контроля такого вида являются контрольные карты.

2.5.4 Приемочный контроль

Приемочный контроль на производстве необходим для недопущения попадания на рынок некачественной продукции. При мелкосерийном производстве для обеспечения высокого качества выпускаемой продукции целесообразно использовать сплошной контроль.

Выводы

В данном разделе был произведен анализ исследуемого объекта для построения системы управления качеством. В ходе анализа были определены наиболее опасные дефекты и контрольные мероприятия для их минимизации. Для каждого контролируемого этапа были выбраны показатели качества, при помощи которых производится входной, операционный и приемочный контроль. Подробно проанализированы дефекты, возникающие на стадии сборки изделия, т.е. на этапе, где возникает больше всего дефектов.

3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЭЛЕМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

3.1 Входной контроль

Качество начинается с входного контроля

Системы **обеспечения качества** на каждом предприятии имеют свои нюансы. Однако без входного контроля комплектующих не рискует обойтись ни один производитель электроники.

Входной контроль компонентов является неотъемлемой частью обеспечения качества продукции в производстве электроники. С повышением уровня сложности производимых изделий увеличивается уровень ответственности компонента в изделии. Особенно важна 100%-ная исправность комплектующих при сборке ответственных узлов управляющих систем, когда неисправность какой-либо одной детали может повлечь за собой выход из строя других деталей, узлов, а возможно, и всего комплекса в целом.

Проведение входного контроля необходимо для любых типов компонентов, начиная с резисторов и заканчивая интегральными микросхемами (ИМС).

Целью входного контроля качества является:

- 1) проверка на соответствие техническим условиям комплектующих ЭРЭ, сборочных единиц, входящих в блок;
- 2) отбраковка негодных ЭРЭ и сборочных единиц с дефектами;
- 3) выявление скрытых дефектов.
- 4) минимизация стоимостных затрат, связанных с ремонтом изготавливаемого узла на последующих стадиях.

Возможны следующие варианты проведения входного контроля:

1. Однократный

 – В произвольный момент времени произвольным образом берется выборка, которая подвергается статистическим испытаниям. По результатам статистических испытаний принимается решение о годности или негодности генеральной партии.

2. Двухступенчатый

 – В случайный момент времени берется случайная выборка I, подвергается статистическим испытаниям, эти испытания будут основанием для принятия решения о годности ли не годности. Во 2-ой случайно выбранный временной момент случайным образом берется II-я выборка, которая также подвергается статистическим

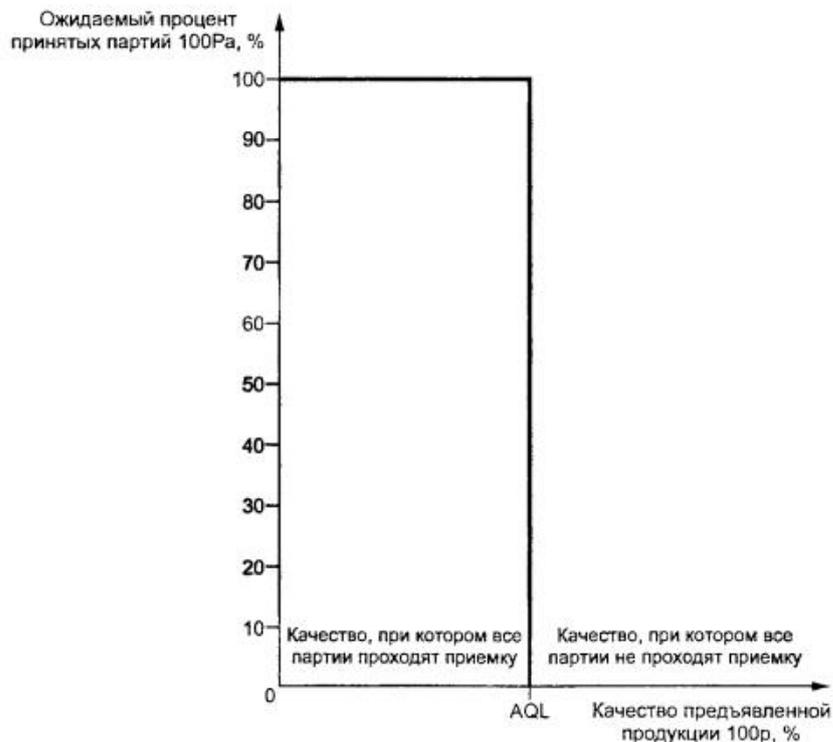


Рисунок 3.1.1.1 – Идеальная «кривая» операционной характеристики

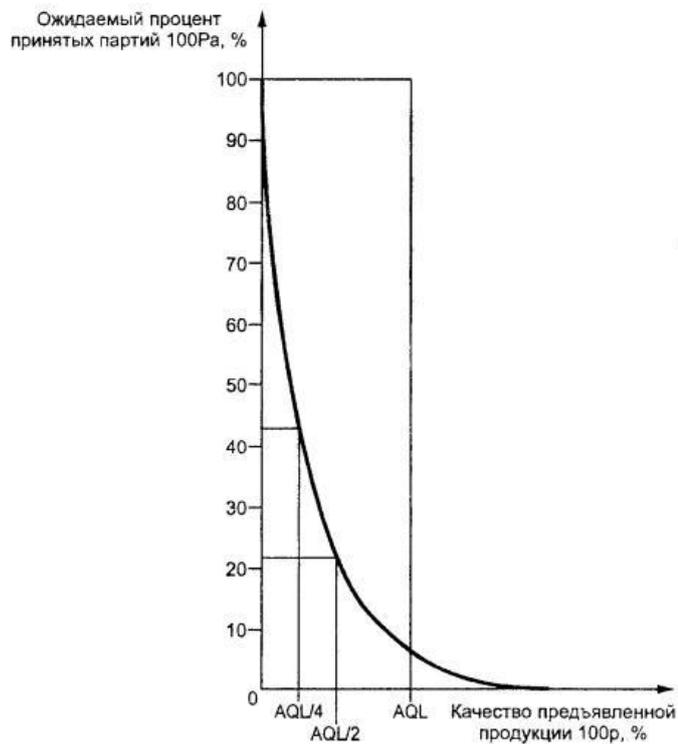


Рисунок 3.1.1.2 – Оперативная характеристика для плана выборочного контроля, имеющего высокую вероятность отклонения любой партии с качеством хуже AQL

доля несоответствующих единиц будет составлять только половину AQL, и менее половины партий могут пройти приемку даже если доля несоответствующих единиц меньше, чем четверть AQL. Это не устраивает изготовителя, поскольку он вынужден

изготавливать продукцию значительно лучшего качества, чем действительно требуется. Это значительно увеличивает цену продукции, а также ухудшает отношения между изготовителем и контролирующим органом.

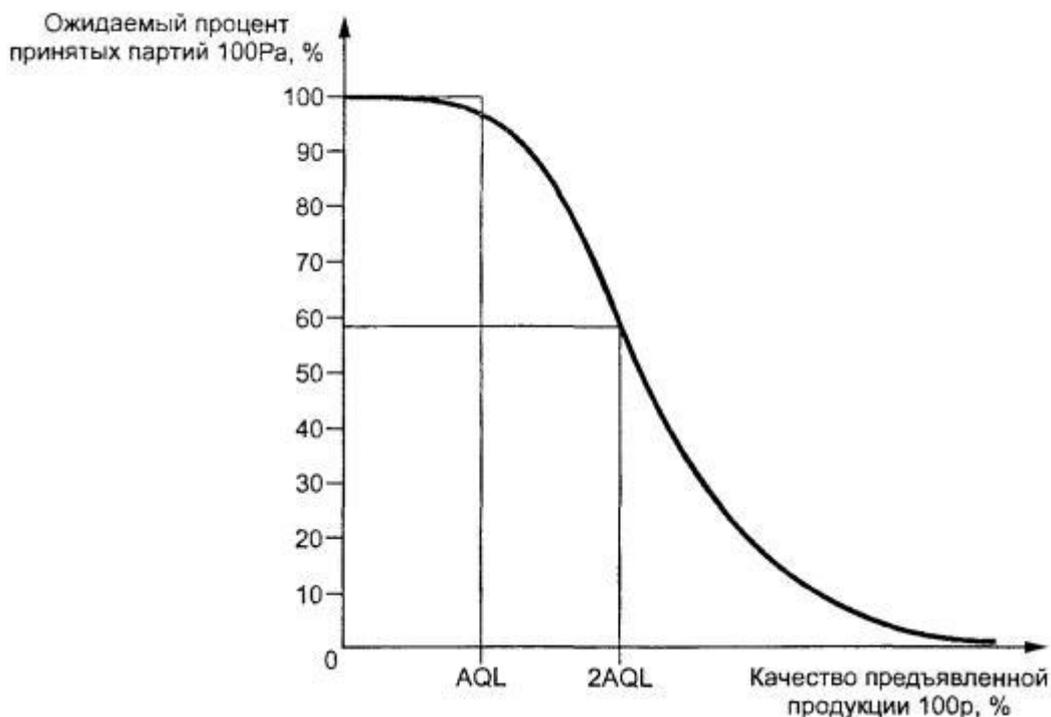


Рисунок 3.1.1.3 – Оперативная характеристика для плана выборочного контроля, имеющего высокую вероятность приемки при любой партии с качеством лучше AQL

При другом решении кривая будет пересекать вертикальную линию в верхней части графика (рисунок 3.1.1.3). Такая ситуация устраивает изготовителя, так как если он изготавливает партии с качеством таким же или лучше AQL, то они практически всегда будут приняты. В этом случае не защищены интересы потребителя, поскольку при поставке партии с качеством хуже AQL могут быть большие шансы их приемки. На рисунке 3.1.1.3 показано, что при проценте несоответствующих единиц 2AQL 60% таких партий прошли бы приемку.

Если объем выборки относительно мал для необходимого AQL, то такая высокая гарантия для изготовителя приведет к слишком большому риску для потребителя.

Для небольших приемочных чисел низкая вероятность приемки партий с уровнем AQL допустима. На рисунке 3.1.1.4 представлены кривые ОХ для AQL = 1% несоответствующих единиц с максимальными и минимальными объемами выборок, установленными для этого AQL. Изготовитель имеет больше гарантий при большем объеме выборки, чем при малом, если качество хорошее, но так как убывающая кривая имеет более крутую форму, потребитель в этом случае также имеет лучшую защиту.

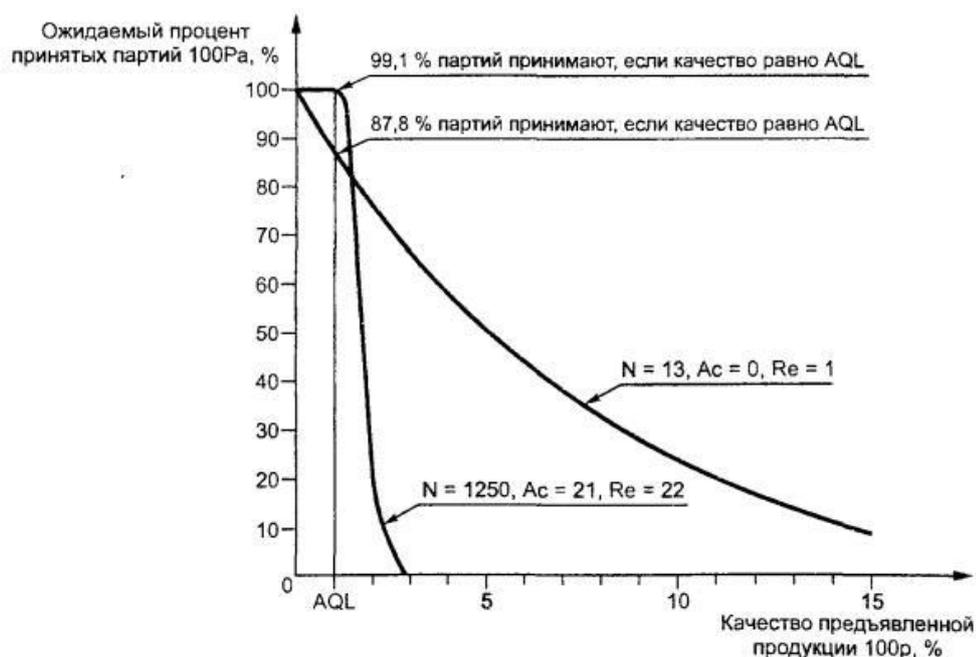


Рисунок 3.1.1.4 – Оперативные характеристики для двух выборочных планов нормального контроля для AQL = 1,0% несоответствующих единиц

Контроль в нормальном режиме предназначен для защиты изготовителя от высокой доли отклоняемых партий, когда качество лучше AQL. Тогда нормальный контроль имеет кривые ОХ (оперативные характеристики), которые пересекают вертикальную прямую AQL в верхней части, но точный уровень точки пересечения меняется от плана к плану в зависимости от значения «объем выборки, умноженный на AQL», или от значения приемочного числа.

Как видно из таблицы 3.1.1.1, если норма приемки $c=5$, изготовитель получает 98% гарантию приемки своей партии с качеством. При дальнейшем увеличении c , процент принятых партии растёт медленнее. Отсюда норму приемки выберем $c=5$.

Таблица 3.1.1.1 – Ожидаемый процент принятых партий с качеством, равным AQL, при нормальном одноступенчатом выборочном контроле

AQL x (объем выборки) (примерно)	Норма приемки c	Ожидаемый процент принятых партии
12,5	0	88,1
50	1	90,9
80	2	95,3
125	3	96,1
200	<u>5</u>	<u>98,3</u>
315	7	98,4
500	10	98,5
800	14	98,6
1250	21	99,0
2000	30	98,7
3150	44	98,5

Таблица 3.1.1.2 – Статистические данные по выборкам

Кол-во выборок	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Вероятность приемки изготовителем	0,023	0,219	0,524	0,765	0,9	0,962	0,987	0,996	0,999	1
Вероятность приемки заказчиком	1	0,999	0,995	0,983	0,958	0,916	0,858	0,785	0,703	0,616

3.1.2 Решение задачи входного контроля аналитической

Входной контроль организуется при известных гарантиях поставщика (изготовителя) $p_{изз}$ и вероятности годности изделий $p_{зак}$, которые хотел бы иметь заказчик. При этом возможны риск изготовителя α и риск заказчика β .

В качестве функции распределения риска заказчика и изготовителя используем распределение Пуассона.

Рассмотрим задачу с позиции изготовителя (поставщика):

Как исходные данные имеем $p_{изз}$ (вероятность годности партии). При выборочном входном контроле существует риск изготовителя α , который полагает, что в выборке объемом n число бракованных изделий будет больше приемочного контроля c , и партия будет ошибочно забракована.

Для случая распределения бракованных изделий по закону Пуассона, имеем:

$$\alpha = 1 - \sum_{d=0}^c \frac{(n \cdot Q_{из})^d}{d!} \cdot e^{-n \cdot Q_{из}}$$

$Q_{из}$ – вероятность брака со стороны изготовителя,

n – выборка,

c – норматив приемки,

d – текущее значение c .

Рассмотрим задачу с позиции заказчика (потребителя):

Риск потребителя характеризует вероятность того, что количество бракованных изделий выборки n будет не более c и партия ошибочно будет признана годной.

Для случая распределения бракованных изделий по закону Пуассона, имеем:

$$\beta = \sum_{d=0}^c \frac{(n \cdot Q_{зак})^d}{d!} \cdot e^{-n \cdot Q_{зак}}$$

$Q_{зак}$ – вероятность брака со стороны заказчика,

n – выборка,

c – норматив приемки,

d – текущее значение c .

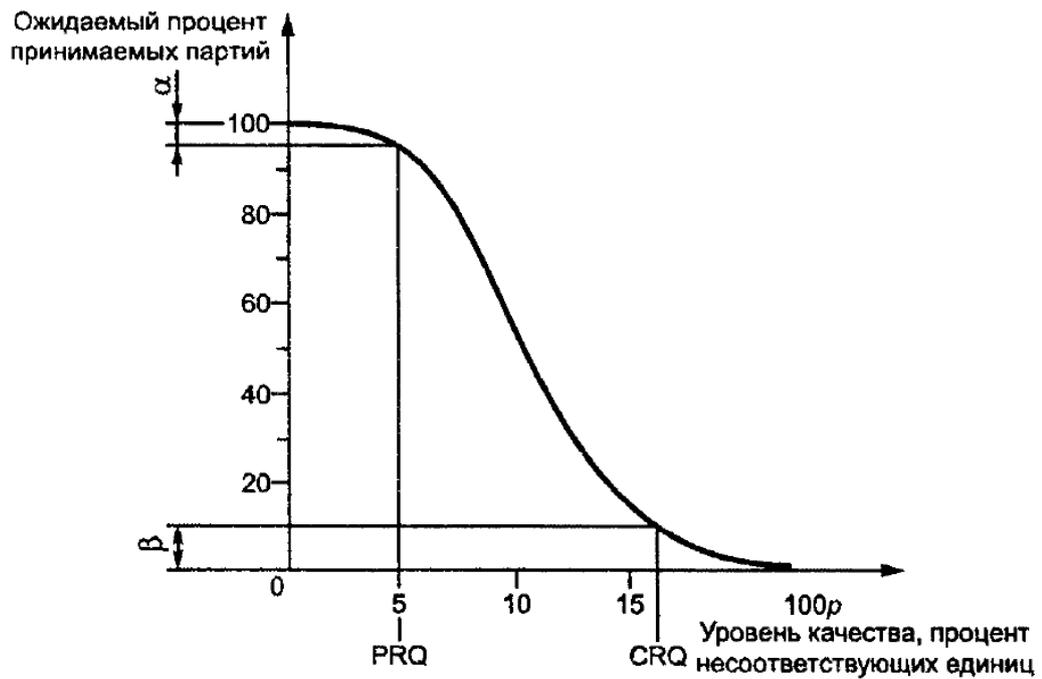


Рисунок 3.1.2.1 – Оперативная характеристика плана контроля

Исходя из рис.3.1.2.1 примем $Q_u=0.05$ (5%) и $Q_s=0.16$ (16%). В предыдущем разделе приняли норму приемки равной $c=5$.

3.1.3 Графическое представление решения задачи входного контроля

Построим график зависимости риска изготовителя α (рис.3.1.3.1) и график зависимости риска заказчика β (рис.3.1.3.2) от мощности выборки n .

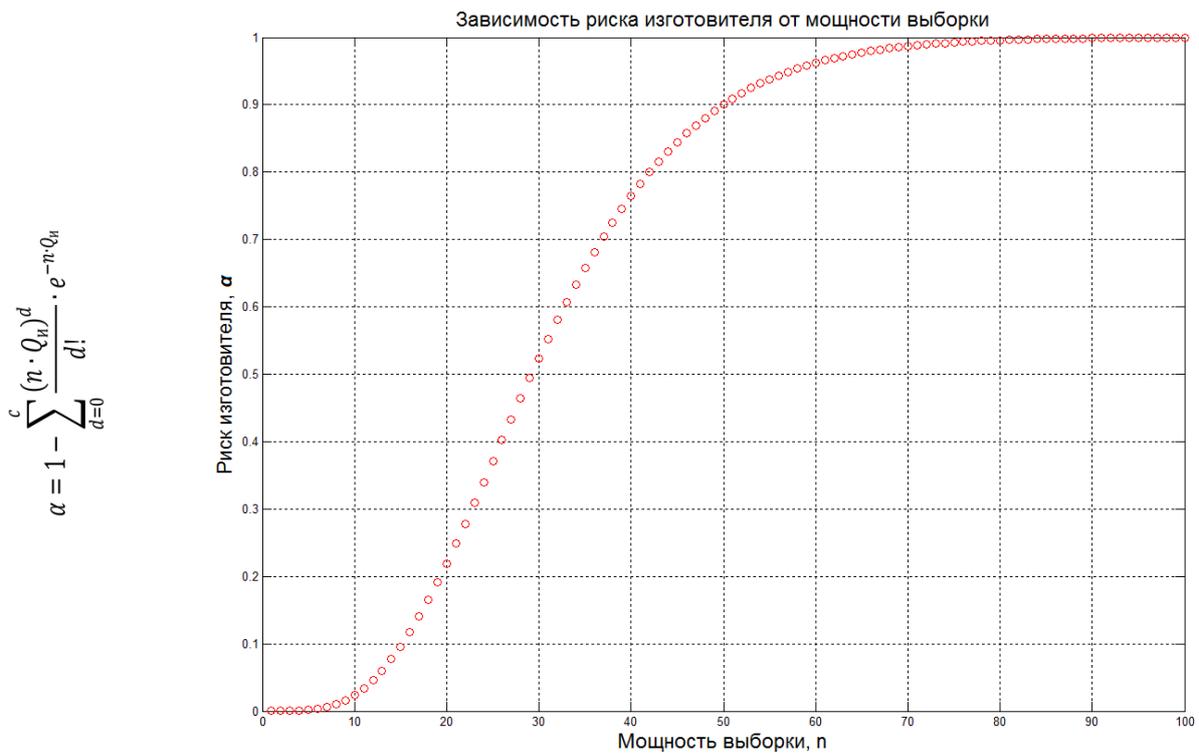


Рисунок 3.1.3.1 – Зависимость риска изготовителя α от мощности выборки n

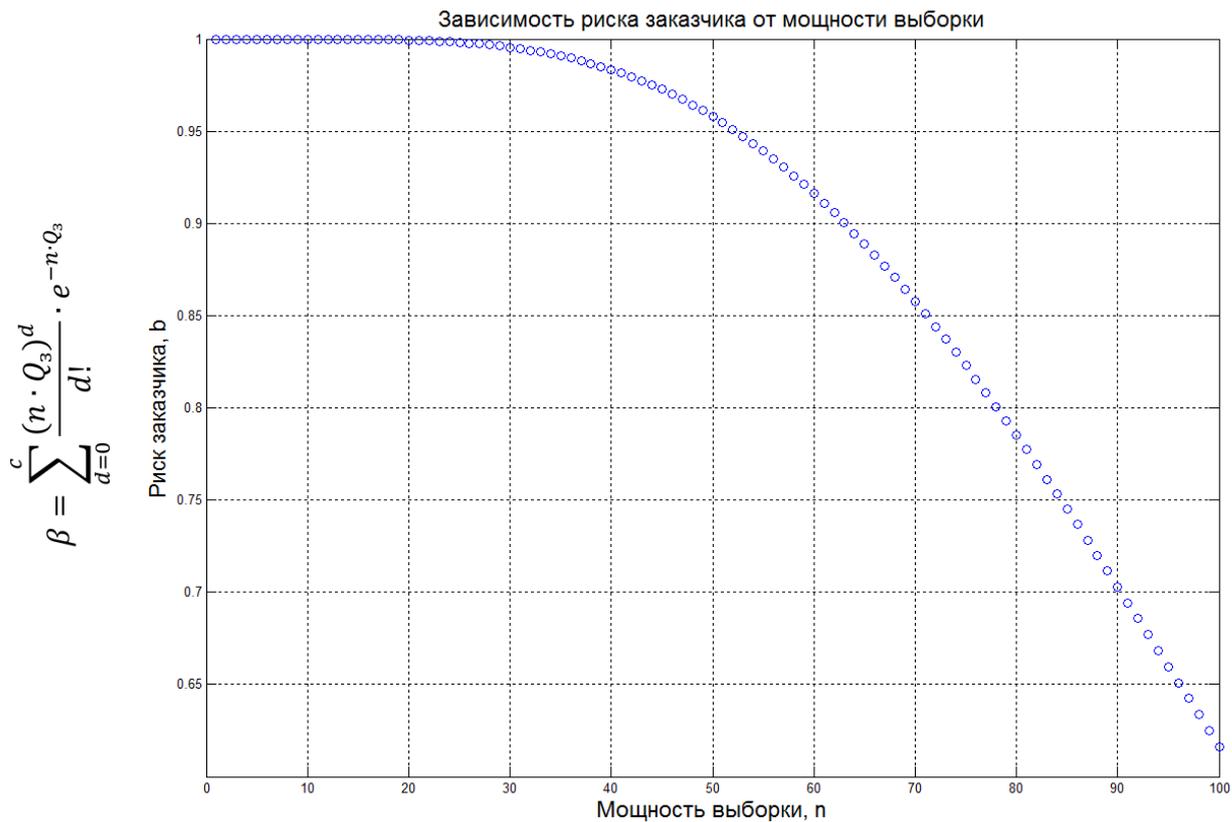


Рисунок 3.1.3.2 – Зависимость риска заказчика β от мощности выборки n

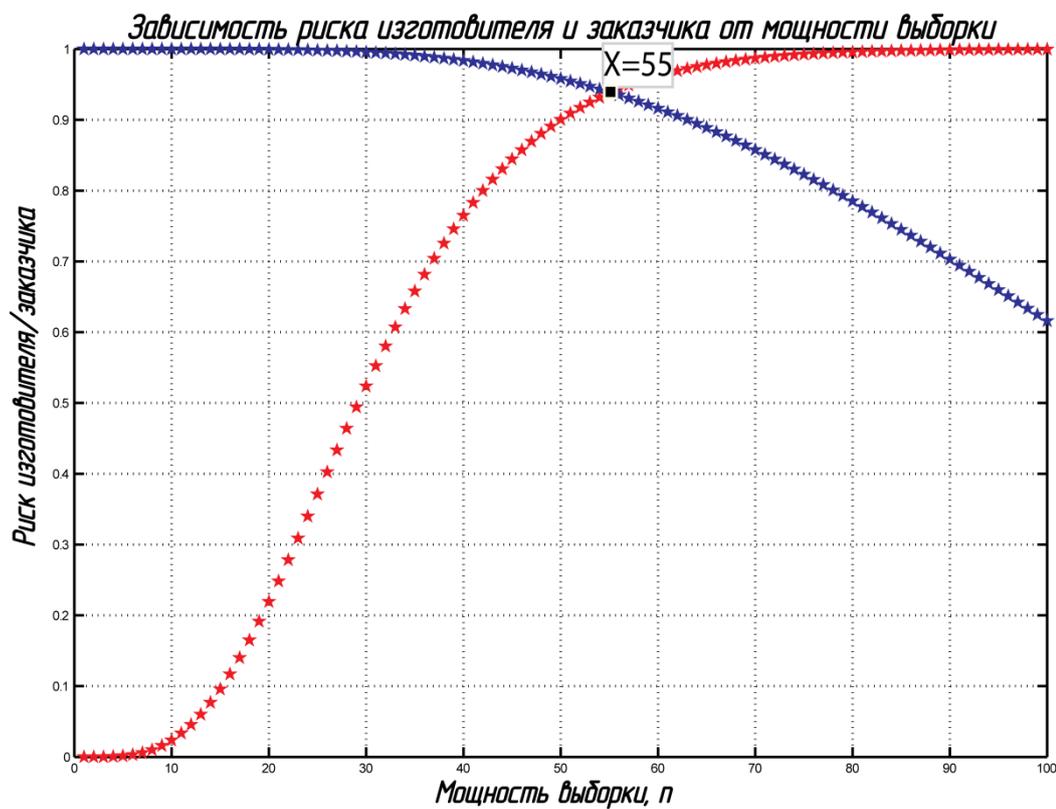


Рисунок 3.1.3.3 – Графическое решение задачи поиска оптимального n

Задачу поиска n (оптимального количества элементов в выборке) можно решить графически, совместив зависимость риска изготовителя от мощности выборки и зависимость риска заказчика от мощности выборки. На рисунке 3.1.3.3 представлено решение с использованием пакета MatLab.

Как видно из рисунка 3.1.3.3, $n=n_\alpha=n_\beta=55$. То есть именно такая мощность выборки удовлетворит изготовителя, и заказчика. При этом под **выборкой** понимаем часть изделий, отобранных из общей их совокупности для получения информации обо всем количестве изделий (так называемая *генеральная партия*).

3.1.4 План испытаний (контроля)

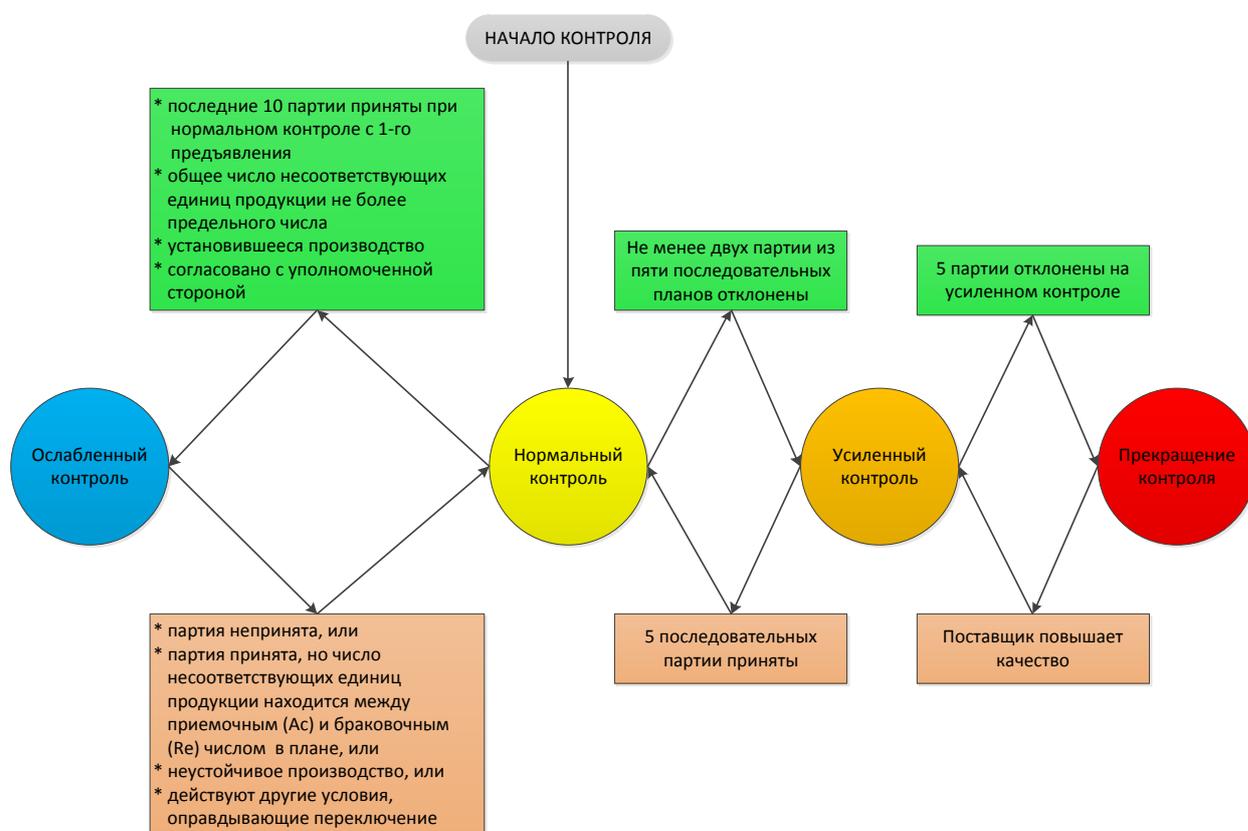


Рисунок 3.1.4.1 – Схема переключений при входном выборочном контроле

На рисунке 3.1.4.1 представлена схема переключений при выборочном (однократном) входном контроле.

На начальном этапе должен быть установлен нормальный контроль, если уполномоченной стороной особо не оговорено иное.

При нормальном контроле партии переключают на усиленный контроль в том случае, если две из пяти или менее последовательных партий не прошли приемку с первого предъявления (при этом не учитывают партии, предъявленные на контроль).

При усиленном контроле партии переключают на нормальный контроль в том случае, если пять последовательных партий были приняты с первого предъявления.

При нормальном контроле переключение на ослабленный контроль производят, если выполнены все следующие условия:

- a) 10 последних партий (или более, как указано в примечании в таблице VIII) были предъявлены на нормальный контроль и приняты с первого предъявления;
- b) общее число несоответствующих единиц продукции (или несоответствий) в выборках из 10 последних партий (или другое такое число, используемое для выполнения условия а) не превышает предельное число. При использовании двух- и многоступенчатых планов должны быть учтены несоответствия, обнаруженные во всех выборках;
- c) производство находится в установившемся режиме;
- d) ослабленный контроль уполномоченная сторона рассматривает как предпочтительный.

При ослабленном контроле партии переключают на нормальный контроль при выполнении одного из следующих условий:

- a) партия не прошла приемку;
- b) партия признана приемлемой по процедурам ослабленного контроля;
- c) изменились условия установившегося режима производства или производство было приостановлено;
- d) возникли иные условия, оправдывающие возвращение на нормальный контроль.

Если общее число партий, не принятых с первого предъявления, в серии последовательных партий на усиленном контроле, достигает пяти, то процедуры приемки должны быть приостановлены. Контроль партий по выборочным планам не возобновляют до тех пор, пока поставщик не примет меры по улучшению качества поставляемой продукции или услуг и уполномоченная сторона не признает эти меры эффективными. Контроль партий должен быть возобновлен на усиленном контроле.

3.1.5 Алгоритм решения задачи входного контроля

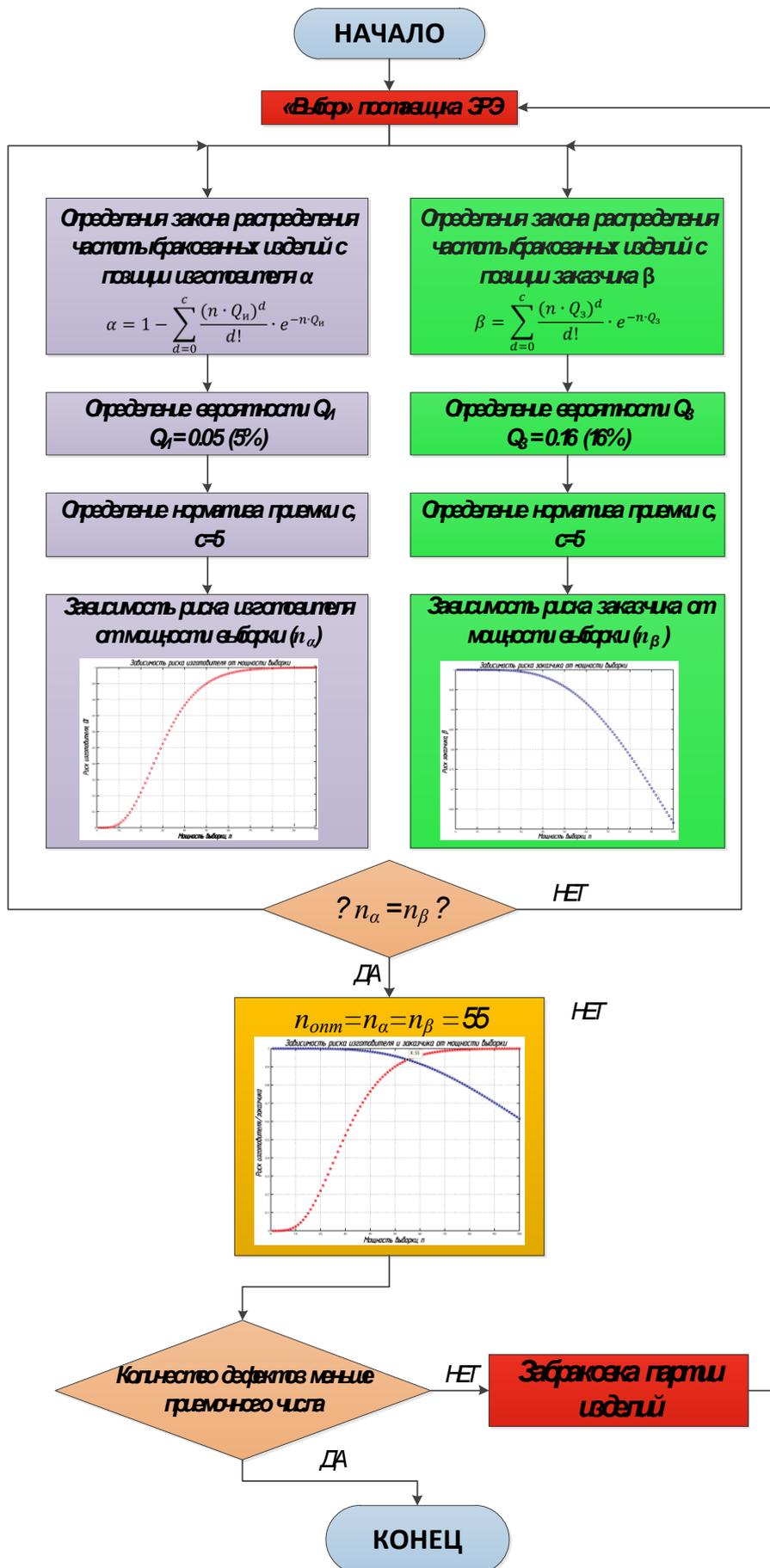


Рисунок 3.1.5.1 – Алгоритм решения задачи входного контроля

3.1.6 Стоимость оценка входного контроля

Себестоимость входного контроля важна для оценки продуктивности введения метода контроля на данной операции. Чтобы выяснить, оправдывает ли внедрение системы входного контроля затраченные средства, следует провести предварительный (ориентировочный) расчет стоимости спроектированной системы входного контроля.

Затраты на контроль собираемых модулей рассчитываются из соотношения:

$$C = A + \frac{B}{N}, \text{ где}$$

A – текущие (переменные) затраты, руб

B – единовременные (постоянные) затраты, руб (3000)

N – годовая программа выпуска изделий (N = 10 000 шт/год)

A рассчитывается по формуле:

$$A = C_M + C_3 + C_{H.P.}$$

где C_M – затраты на материал, руб (2000);

C_3 – затраты на зарплату основных рабочих, руб (15000);

$C_{H.P.}$ – накладные расходы, руб (ориентировочно берется $C_{H.P.} = 70..300 \% C_3$)

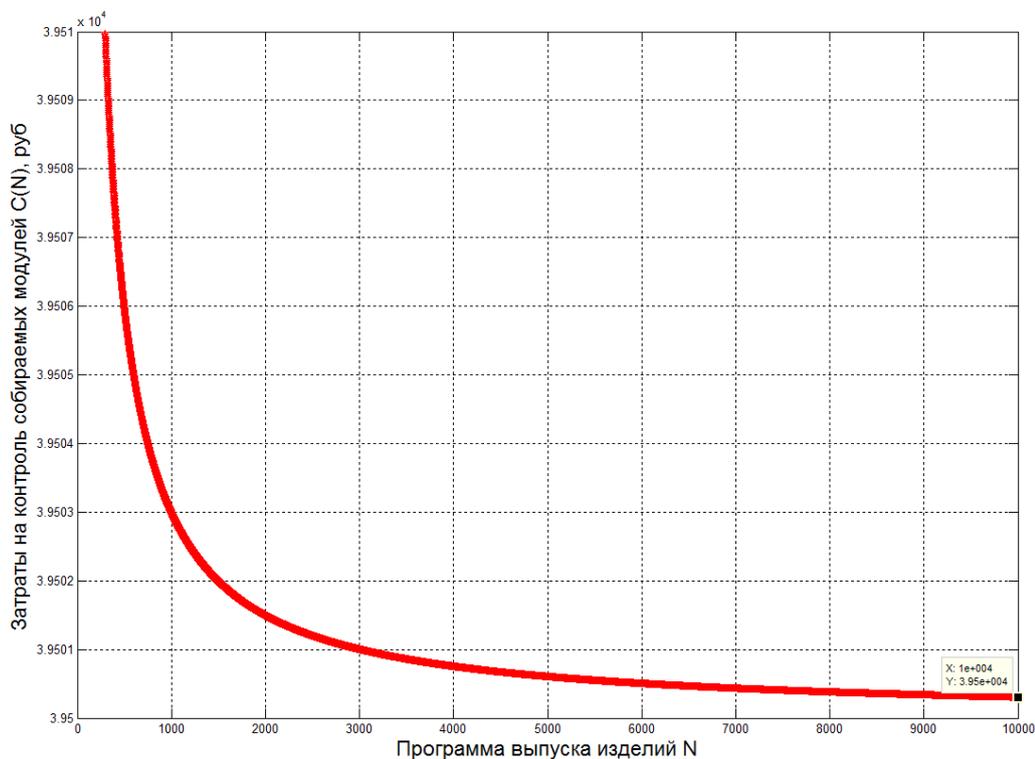


Рисунок 3.1.6.1 – График зависимости себестоимости контроля C(N) от программы выпуска изделий N

Как показывает рис. 3.2.6.1, для годовой программы выпуска изделий N = 10 000 шт/год себестоимость контроля составляет 39 500 (руб/год).

Выводы

Входной контроль как инструмент обеспечения качества позволяет произвести оценку качества комплектующих и сборочных единиц, поступающих на производство. В данном параграфе был разработан алгоритм выполнения задачи входного контроля, произведен расчет оптимальной мощности выборки ($n = 55$), при которой обеспечивается равный риск заказчика и изготовителя, определена стоимость проведения входного контроля (39500 руб/год при программе выпуска 10 000 шт/год), а также разработана подсистема управления качеством ТП сборки стробоскопа на светодиодах на этапе входного контроля.

3.2 Операционный контроль

При изготовлении ЭВА кроме контроля качества самого объекта производства (микросборка, печатная плата, ячейка, блок) операционный контроль включает в себя контроль технологического режима операции и контроль технологических сред.

Целью операционного контроля может быть как оценка качества продукции, так и оценка качества технологического процесса. В первом случае измеряют параметры, характеризующие качество изделия, и определяют по ним соответствие качества требуемым значениям; во втором случае измеряют параметры технологического режима, технологической среды элементов физической структуры и по ним или по результатам их обработки выработывают управляющие воздействия на контролируемые операции технологического процесса.

Проведение операционного контроля позволяет выявить брак уже на ранних стадиях изготовления ЭС, обеспечить устранение некоторых причин появления этого брака и тем самым обеспечить соответствующий уровень эффективности производственного процесса. При помощи операционного контроля выявляют отклонения режимов технологической операции, отклонения свойств исходных материалов, свойств окружающей среды, ошибки операторов, а также характеристики качества настройки технологического оборудования.

3.2.1 Выбор показателя качества

В качестве **показателя качества** при операционном контроле выбрано смещение и поворот SMD компонентов при монтаже (частные случаи дефекта «надгробного камня»). В пункте 2.4 тщательно проанализированы причины, влияющие на возникновения данного дефекта. К управляемым в процессе сборки устройства относятся смещение отпечатка паяльной пасты и смещение компонента при установке (использование отмывной паяльной пасты также снижает объем дефектов).

3.2.2 Методы определения показателя качества

При операционном контроле продукции применяют широкий спектр методов. Чаще всего применяют методы неразрушающего контроля (оптические, рентгенотелевизионные, тепловые методы, а также методы электронной микроскопии, электрических измерений).

Для анализа операционного контроля можно использовать один из следующих статистических методов:

- причинно-следственные диаграммы (диаграммы Исикавы);

- контрольные листки;
- гистограммы;
- диаграммы Парето;
- диаграмма разброса;
- стратификация (расслоение);
- контрольные карты.

Выбор метода зависит от требуемой точности и трудоемкости контроля операции ТП, а также от имеющихся в распоряжении средств и времени.

Операционный контроль можно проводить в процессе выполнения контролируемой операции или после её окончания.

Необходимость операционного контроля обуславливается тем, что дефект, возникающий в ходе какой-то операции очень трудно, а порой и невозможно определить на последующих операциях. Также необходимо учитывать то, что ранее обнаружение дефектов на ранних стадиях производства более выгодно с материальной точки зрения.

Для контроля ТП будем использовать контрольные карты (карты Шухарта), позволяющие точно судить о стабильности рассматриваемого технологического процесса. Контрольная карта – это графическое средство, использующее статистические подходы, важность которых для управления производственными процессами была впервые показана доктором У. Шухартом в 1924г.

При организации любого процесса возникает задача контроля показателя качества, как самого процесса, так и продукции. Графическое отображение динамики процесса, характера изменения показателей, параметров или любых других характеристик во времени называется картой контроля процесса.

Основным предназначением контрольных карт является определение контролируемого процесса. Контрольные карты позволяют различать влияния особых факторов от естественной вариации процесса.

В случае, когда процесс статистически определен как контролируемый, можно с уверенностью предвидеть будущую способность процесса. Если же процесс статистически определен как не контролируемый, то можно легко найти и устранить причину аномального поведения.

Использование контрольных карт является ключевым фактором эффективного контроля и постоянного улучшения процесса.

На рисунке 3.3.1 показаны основные типы контрольных карт (весь набор контрольных карт не ограничивается вышеперечисленным).

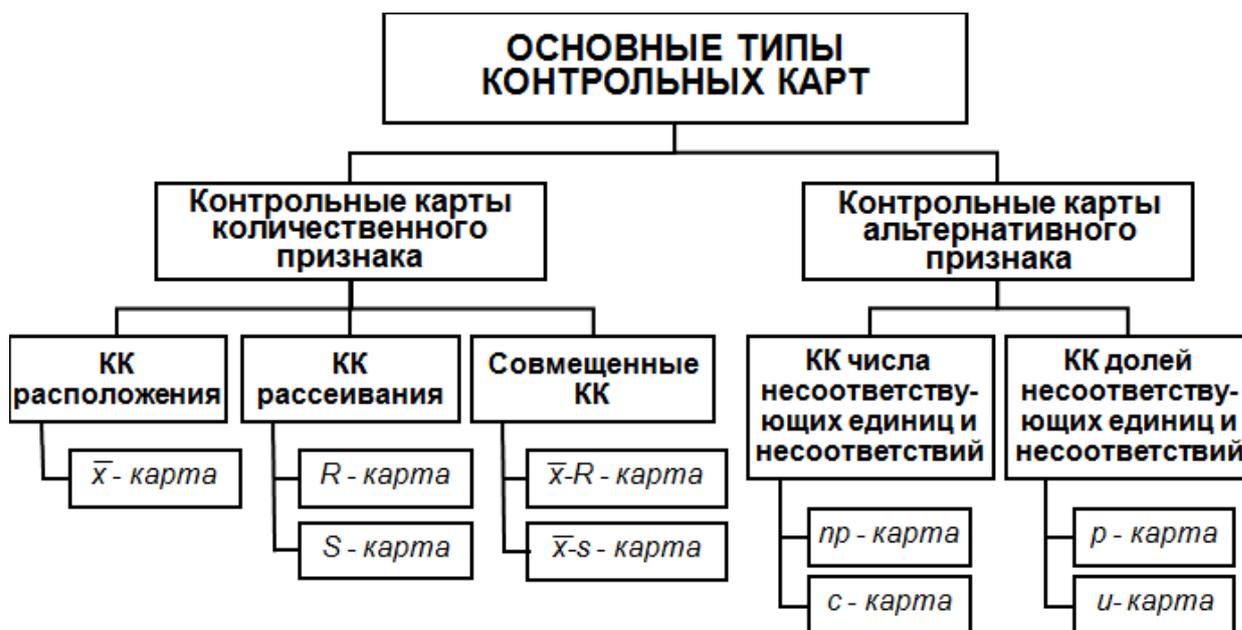


Рисунок 3.2.1 – Основные типы контрольных карт (карт Шухарта)

Контрольные карты строят по двум признакам:

По количественным признакам:

- \bar{X} -карты (карты средних значений)
- S-карты (карты стандартных отклонений)
- R-карты (карты размахов)
- I-карты (карты индивидуальных значений)
- А также их комбинации в виде двойных карт

По альтернативным (качественным) признакам:

- p-карты (карта доли дефектных изделий)
- np-карты (карта числа дефектных изделий)
- с-карты (карта числа дефектов в выборке)
- u-карты (карта числа дефектов на одно изделие)

Принципиально, построение двойных карт ничем не отличается от построения обычных. Проще говоря, двойные карты являются лишь совокупностью двух карт.

3.2.3 Выбор и обоснование видов контрольных карт

Для контроля смещения и поворота SMD компонентов при монтаже выберем контрольные карты для количественных данных.

Количественные данные представляют собой наблюдения, полученные с помощью измерения и записи некоторой характеристики для каждой единицы, рассматриваемой в подгруппе, например длина в метрах. Карты для количественных данных, и особенно

простейшие из них (\bar{X} - и R -карты) – это классические контрольные карты, применяемы для управления процессами.

Контрольные карты для количественных данных имеют следующие преимущества:

а) большинство процессов и их продукция на выходе имеют характеристики, которые могут быть измерены, так что применимость таких карт потенциально широка;

б) измеренное значение содержит больше информации, чем простое утверждение «да – нет»;

в) характеристики процесса могут быть проанализированы безотносительно установленных требований. Карты запускают вместе с процессом и дают независимую картину того, на что процесс способен. После этого характеристики процесса можно сравнить или нет с установленными требованиями;

г) хотя получение количественных данных дороже, чем альтернативных, объемы подгрупп для количественных данных почти всегда гораздо меньше и при этом намного эффективнее. Это позволяет в некоторых случаях снизить общую стоимость контроля и уменьшить временной разрыв между производством продукции и корректирующим воздействием.

Таким образом в качестве контрольных карт выберем \bar{X} -, R - и S -карты.

Построение \bar{X} -карты (карты средних значений):

Для построения \bar{X} -карты рекомендуется брать не менее 20-30 выборок по 5-10 образцов. В каждой выборке рассчитывается среднее арифметическое и стандартное отклонение соответственно:

$$\bar{x}_i = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad S_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

где n – количество образцов.

Рассчитывается среднее арифметическое средних значений выборок (показатель образует центральную линию на карте) и среднее арифметическое всех стандартных отклонений:

$$\bar{\bar{x}} = \sum_{i=1}^k \bar{x}_i / k \quad \bar{S} = \sum_{i=1}^k S_i / k$$

где k - количество выборок.

Рассчитываются нижняя и верхняя контрольные границы:

$$K_{U,L} = \bar{\bar{x}} \pm 3\bar{S} / \sqrt{n}$$

где n – число степеней свободы.

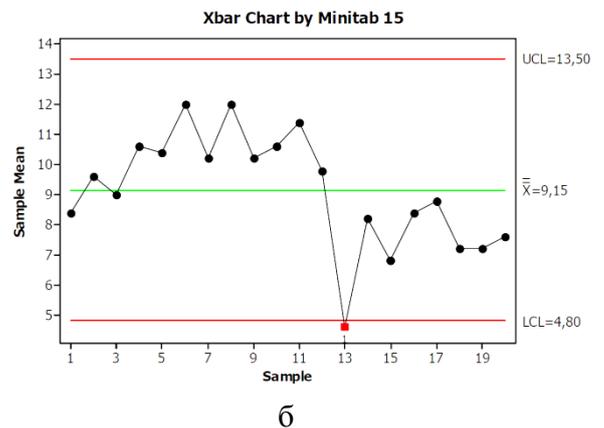
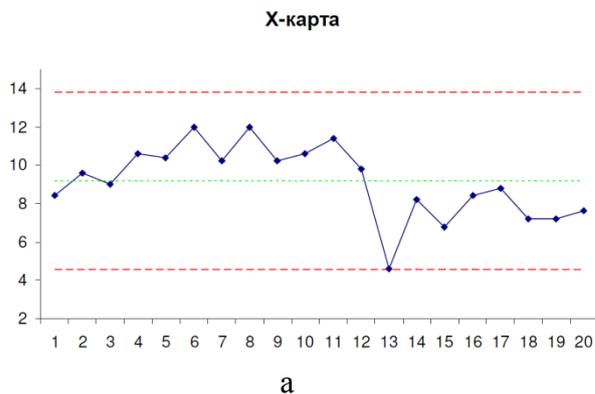


Рисунок 3.2.3.1 – Карты средних значений: а – построены в MS Excel; б – построена в Minitab 15

На рисунке 3.2.3.1 изображены карты средних значений, построенные в MS Excel и Statistica 6.0. Важно отметить, что при использовании статистического программного обеспечения как Minitab или Statistica, позволяют построить карту, не прибегая к вычислениям вручную. Безусловным плюсом использования статистического программного обеспечения является автоматический анализ стабильности процесса. К примеру, указанная на рисунке 3.2.3.1б карта сигнализирует о выходе процесса за контрольные границы.

Построение карты стандартных отклонений (S-карты):

Находим стандартное отклонение и среднее арифметическое стандартных отклонений, как в предыдущем случае. Среднее арифметическое стандартных отклонений, в этом случае, образует центральную линию на карте.

Контрольные границы:

$$K_L = \bar{S} \sqrt{\frac{\chi_{\alpha/2}^2; n-1}{n-1}} \quad K_U = \bar{S} \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha/2}^2; n-1}{n-1}},$$

где χ – табличное значение при заданной степени свободы n и первородном риске α .

Построение карт размахов (R-карты):

Находим размах в каждой выборке:

$$R_i = x_{max} - x_{min}$$

Рассчитываем среднее арифметическое размахов:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^k R_i / k$$

Рассчитываем контрольные границы:

$$K_U = D_4 \bar{R} \quad K_L = D_3 \bar{R},$$

где D_3 и D_4 – табличные значения

3.2.4 Графическое представление решения задачи операционного контроля

Для построения контрольных карт будет использоваться программное обеспечение StatSoft Statistica 6.1.

Таблица 3.2.4.1 – Данные отклонений SMD компонентов в мкм по координате X

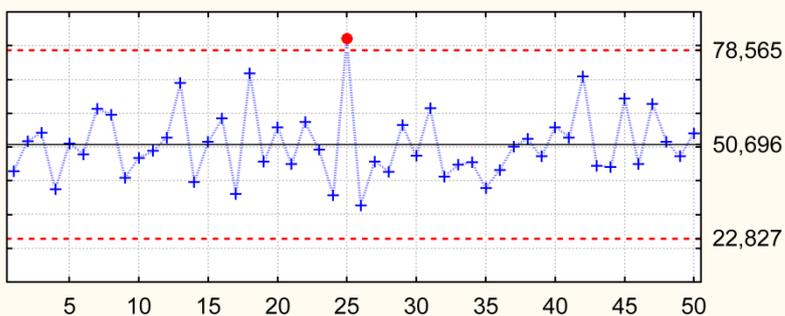
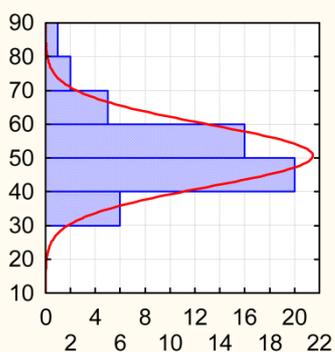
№ выборки	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
1	18	56	67	55	88	9	3	66	18	49
2	59	32	36	98	12	90	85	13	16	76
3	18	60	46	79	77	56	87	23	81	15
4	58	39	66	55	39	16	23	32	11	35
5	38	29	94	99	92	27	7	34	89	1
6	15	29	14	5	91	97	43	16	99	70
7	69	40	100	91	15	44	41	94	40	80
8	1	53	72	23	29	81	90	82	66	99
9	68	21	15	21	10	63	68	32	19	92
10	12	98	21	92	67	23	16	72	10	57
11	53	22	67	46	50	47	78	37	72	16
12	50	20	19	68	90	61	26	59	48	87
13	68	61	89	81	60	19	94	66	70	81
14	38	25	33	98	25	40	3	78	45	12
15	100	68	45	16	32	54	44	90	16	51
16	73	73	81	70	55	14	45	50	70	53
17	23	48	5	82	20	53	73	6	43	8
18	52	57	30	87	74	67	97	89	93	72
19	9	26	35	90	72	27	13	76	81	27
20	80	43	89	78	27	21	38	80	25	78
21	28	52	27	62	42	32	31	47	83	45
22	91	45	7	20	56	95	62	82	57	54
23	1	29	66	88	72	74	76	7	78	2
24	35	67	59	80	9	8	50	18	9	22
25	56	69	115	94	51	99	72	72	98	95
26	41	10	5	40	60	2	31	35	69	34
27	13	54	91	29	53	80	31	2	75	29
28	93	1	48	14	29	54	34	82	53	19
29	89	6	54	64	89	76	38	85	50	14
30	47	12	29	41	8	40	77	94	94	32
31	65	92	65	19	86	98	33	26	57	74
32	63	3	30	13	15	74	47	54	29	85
33	16	3	60	65	49	100	52	39	55	8
34	84	26	18	48	24	31	50	85	83	6
35	15	26	89	25	38	31	43	13	78	21
36	80	86	1	83	29	11	42	17	6	77
37	87	80	30	87	74	7	67	8	10	52
38	74	29	99	58	94	24	85	46	7	8
39	79	11	99	50	75	36	8	83	25	6
40	6	71	43	70	85	38	54	75	40	77
41	47	89	28	72	14	35	53	34	70	86
42	92	88	78	75	71	60	68	30	55	93
43	71	78	58	97	4	53	27	20	18	19
44	30	38	64	39	47	76	26	69	5	46
45	80	57	61	76	68	74	37	90	98	2
46	55	71	93	4	92	58	15	31	25	5
47	20	30	99	98	51	59	74	100	96	1
48	90	25	9	90	90	27	75	40	69	1
49	85	80	28	85	31	15	70	21	19	38
50	72	43	30	68	34	95	12	92	93	2

В таблице 3.2.4.1 приведены отклонение SMD компонентов по оси X в мкм.

X-bar и S карты; переменная: Смещение по X

Гистограмма средних

X-bar: 50,696 (50,696); Сигма: 29,377 (29,377); n: 10,



Гистограмма ст. отклонений

Ст.откл.: 28,573 (28,573); Сигма: 6,8223 (6,8223); n: 10,

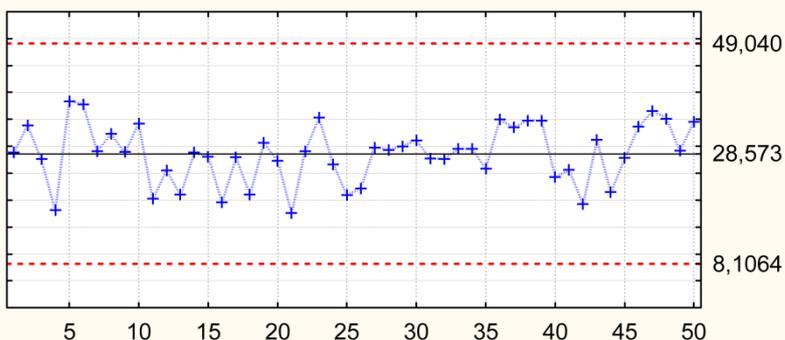
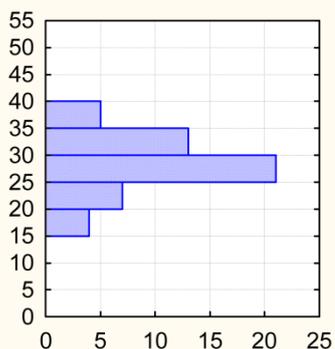
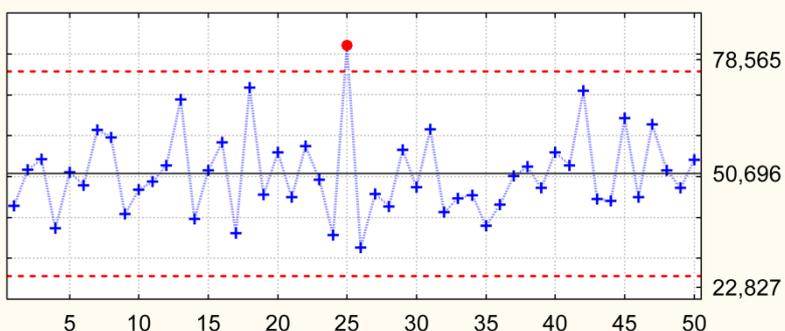
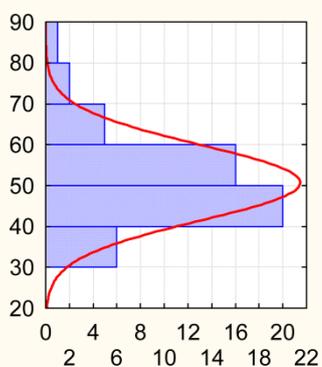


Рисунок 3.2.4.1 – \bar{X} S-карты смещения SMD компонентов по координате X

X-bar и R карты; переменная: Смещение по X

Гистограмма средних

X-bar: 50,696 (50,696); Сигма: 29,377 (29,377); n: 10,



Гистограмма размахов

Размах: 81,100 (81,100); Сигма: 21,004 (21,004); n: 10,

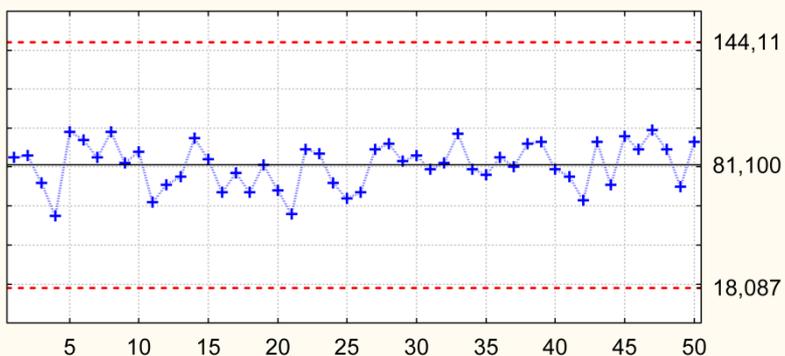
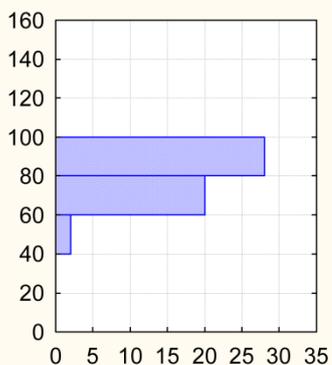


Рисунок 3.2.4.2 – \bar{X} R-карты смещения SMD компонентов по координате X

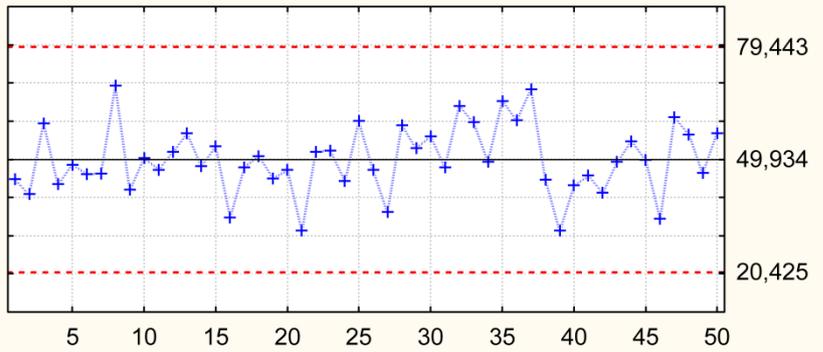
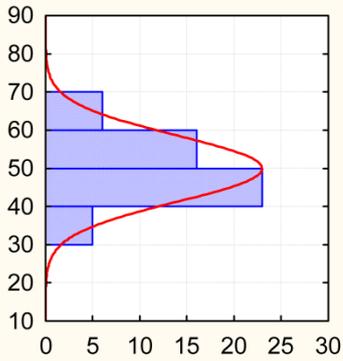
Таблица 3.2.4.2 – Данные отклонений SMD компонентов по координате Y

№ выборки	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉	Y ₁₀
1	21	64	25	19	91	10	27	21	96	74
2	93	67	36	71	20	45	9	50	1	17
3	68	83	66	90	78	18	80	16	83	13
4	55	14	8	94	0	73	43	48	48	51
5	59	88	9	94	40	25	79	14	7	71
6	94	72	21	10	54	19	8	71	56	56
7	10	20	96	81	11	68	25	31	75	46
8	44	4	93	29	80	90	88	98	89	78
9	12	12	51	10	89	12	66	72	19	77
10	66	35	79	12	62	25	76	82	55	11
11	19	5	89	71	15	48	62	96	48	20
12	69	72	99	89	42	1	8	56	78	5
13	44	21	68	77	86	92	59	9	63	49
14	70	45	39	12	62	87	18	23	29	98
15	10	84	23	99	39	97	98	39	25	20
16	25	85	15	77	18	10	90	24	1	3
17	49	71	6	1	70	43	20	75	67	78
18	49	7	98	6	16	55	97	49	91	41
19	42	74	13	22	15	56	18	96	19	95
20	87	37	18	12	93	62	46	32	72	13
21	83	25	7	75	5	2	17	28	46	25
22	81	16	51	85	36	91	61	33	63	2
23	90	17	78	80	51	2	44	83	49	29
24	45	30	5	32	97	96	16	16	8	99
25	71	41	91	82	33	74	58	25	71	54
26	89	67	62	41	22	10	56	11	71	43
27	5	47	64	78	14	91	48	5	8	2
28	70	92	11	8	77	95	50	94	61	32
29	46	57	87	70	57	32	78	5	8	89
30	3	78	47	68	36	98	69	32	96	34
31	12	88	35	71	90	55	5	56	58	10
32	7	76	37	89	68	86	78	37	66	96
33	82	67	80	30	55	31	92	53	14	83
34	80	29	59	56	80	43	40	3	93	11
35	65	96	66	97	38	48	57	32	94	60
36	76	62	92	97	60	65	60	36	9	46
37	71	26	82	81	91	94	74	98	35	32
38	8	87	54	15	86	88	53	21	1	34
39	54	5	7	6	79	4	94	24	28	12
40	60	20	43	10	72	47	57	59	20	44
41	56	14	40	7	4	86	63	35	75	78
42	61	98	83	5	14	49	32	9	2	60
43	26	97	69	40	62	50	66	68	9	6
44	34	75	48	85	47	16	43	45	87	68
45	34	71	47	21	3	10	52	95	91	74
46	25	31	2	41	90	34	1	4	83	33
47	12	46	77	41	76	79	95	87	14	83
48	29	46	76	7	84	52	29	80	71	91
49	40	88	4	14	53	40	78	72	32	43
50	59	34	97	32	23	90	82	85	20	47

X-bar и S карты; переменная: Смещение по Y

Гистограмма средних

X-bar: 49,934 (49,934); Сигма: 27,470 (27,470); n: 10,



Гистограмма ст. отклонений

Ст.откл.: 30,255 (30,255); Сигма: 7,2238 (7,2238); n: 10,

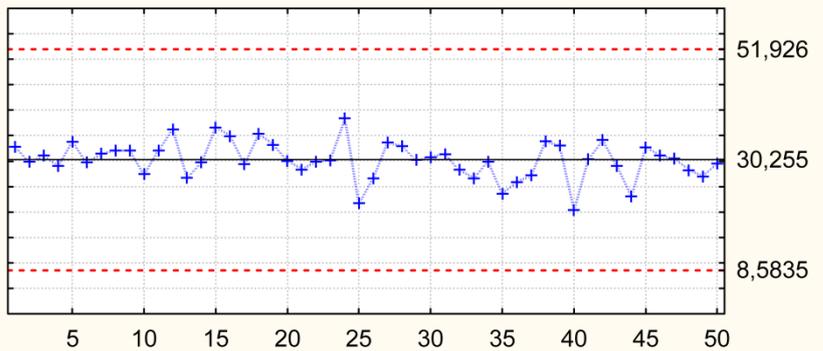
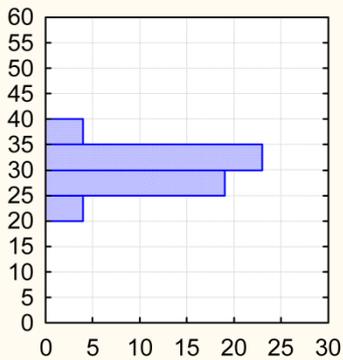
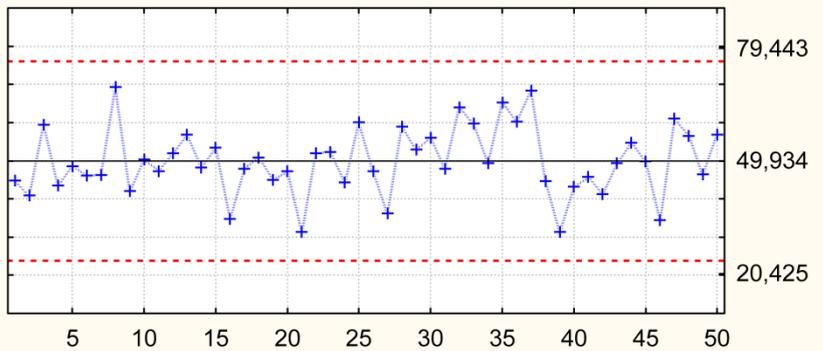
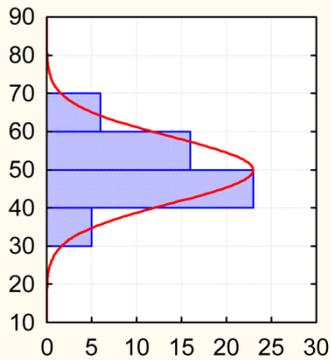


Рисунок 3.2.4.3 – \bar{X} S-карты смещения SMD компонентов по координате Y

X-bar и R карты; переменная: Смещение по Y

Гистограмма средних

X-bar: 49,934 (49,934); Сигма: 27,470 (27,470); n: 10,



Гистограмма размахов

Размах: 84,540 (84,540); Сигма: 21,895 (21,895); n: 10,

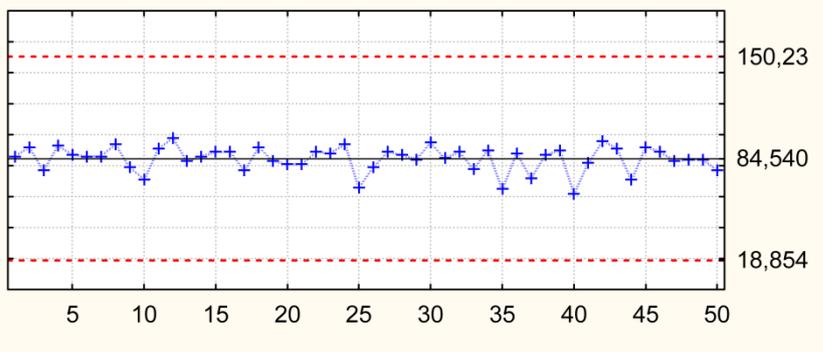
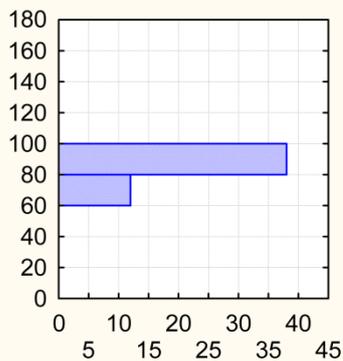


Рисунок 3.2.4.4 – \bar{X} R-карты смещения SMD компонентов по координате Y

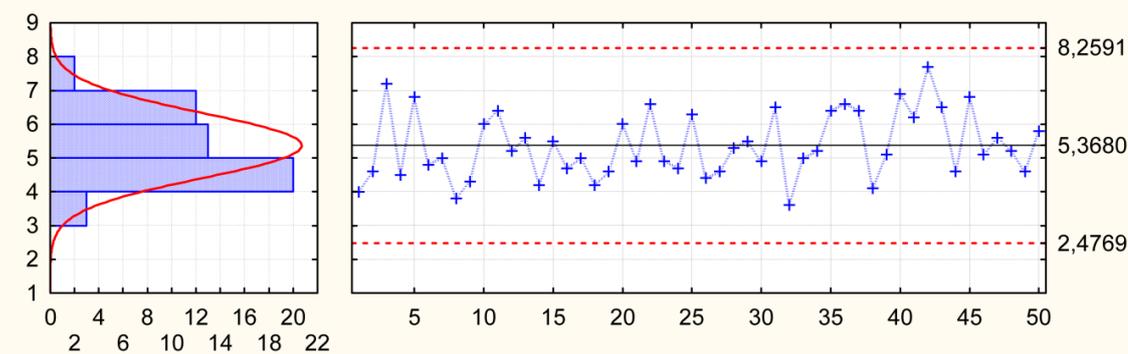
Таблица 3.2.4.3 – Данные поворотов SMD компонентов на угол α°

№ выборки	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}
1	1	1	7	2	4	10	8	1	4	2
2	2	3	1	10	8	5	5	3	1	8
3	7	1	10	5	10	10	3	9	10	7
4	10	4	6	2	4	1	1	4	7	6
5	9	7	9	1	4	7	6	9	9	7
6	4	10	4	6	2	1	6	2	10	3
7	1	3	2	2	9	3	9	10	7	4
8	3	4	1	2	3	5	7	3	1	9
9	7	7	9	4	1	2	6	1	5	1
10	6	8	1	10	10	7	6	6	2	4
11	3	3	6	4	10	6	5	10	7	10
12	4	2	2	10	8	8	3	9	4	2
13	6	6	1	5	2	2	9	10	7	8
14	9	3	1	3	2	4	5	5	9	1
15	8	5	3	3	3	2	7	6	8	10
16	2	1	6	2	7	5	6	7	4	7
17	3	10	3	6	10	5	2	2	7	2
18	3	2	3	2	5	9	3	9	1	5
19	3	6	3	1	3	6	4	5	9	6
20	9	8	4	4	1	9	1	9	8	7
21	8	4	10	3	2	8	8	2	1	3
22	6	7	4	7	9	1	8	10	6	8
23	5	1	1	5	2	2	10	9	10	4
24	1	1	3	10	8	3	1	9	3	8
25	5	1	9	5	7	6	7	5	10	8
26	3	9	5	7	3	2	2	1	2	10
27	4	9	6	1	4	7	4	7	3	1
28	2	4	3	1	8	7	5	10	9	4
29	8	8	10	2	8	4	1	5	8	1
30	4	9	2	2	8	3	7	2	7	5
31	7	1	3	5	6	9	6	9	9	10
32	7	7	1	5	3	4	4	2	2	1
33	6	9	5	8	6	7	1	1	2	5
34	6	2	4	6	6	4	7	9	3	5
35	8	1	10	3	4	9	4	10	6	9
36	10	6	3	9	2	1	10	8	9	8
37	10	7	3	10	6	4	9	8	6	1
38	1	1	1	7	2	6	5	6	4	8
39	1	10	2	4	10	2	6	7	7	2
40	10	2	10	10	8	10	10	2	1	6
41	4	1	9	7	10	5	10	7	3	6
42	6	7	9	9	6	10	6	9	6	9
43	6	9	9	2	3	7	10	8	2	9
44	5	5	3	10	3	5	8	2	3	2
45	6	9	7	2	4	3	10	10	9	8
46	4	9	3	2	4	2	5	4	9	9
47	9	2	8	3	10	6	2	4	2	10
48	6	2	9	4	2	2	9	10	4	4
49	2	5	8	1	9	5	10	1	4	1
50	8	10	7	2	3	7	9	8	2	2

X-bar и S карты; переменная: Поворот

Гистограмма средних

X-bar: 5,3680 (5,3680); Сигма: 3,0475 (3,0475); n: 10,



Гистограмма ст. отклонений

Ст.откл.: 2,9642 (2,9642); Сигма: ,70774 (,70774); n: 10,

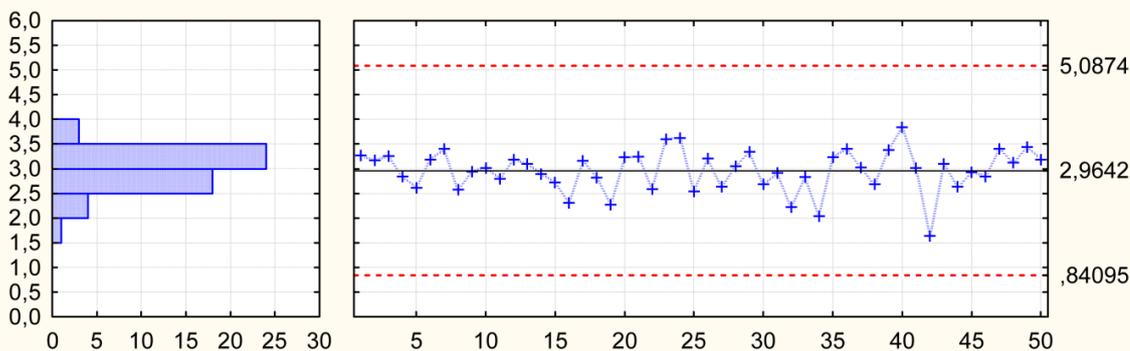
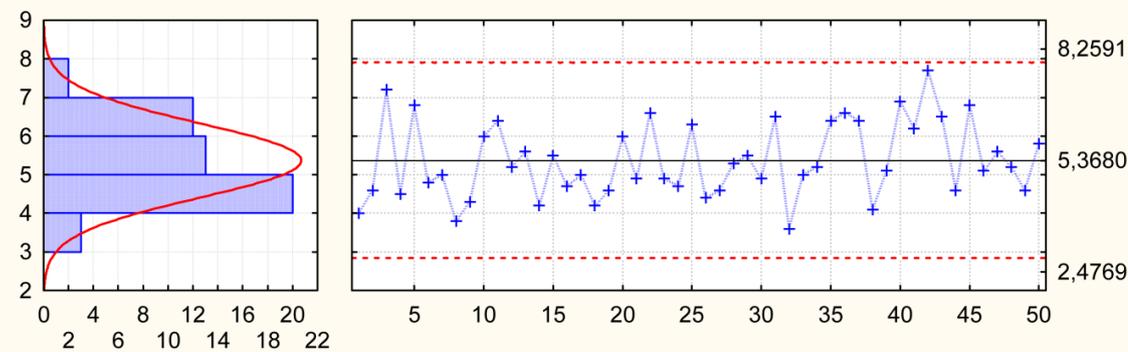


Рисунок 3.2.4.5 – \bar{X} S-карты поворота SMD компонентов

X-bar и R карты; переменная: Поворот

Гистограмма средних

X-bar: 5,3680 (5,3680); Сигма: 3,0475 (3,0475); n: 10,



Гистограмма размахов

Размах: 8,2200 (8,2200); Сигма: 2,1289 (2,1289); n: 10,

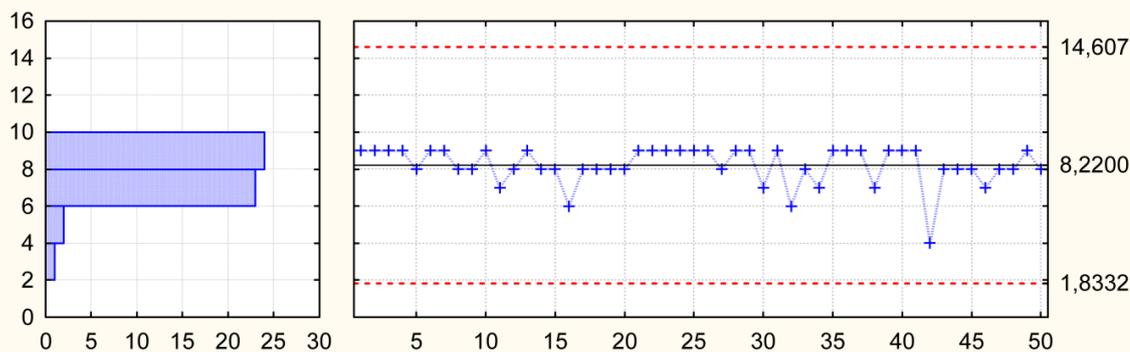


Рисунок 3.2.4.6 – \bar{X} R-карты поворотов SMD компонентов

3.2.5 Алгоритм решения задачи операционного контроля

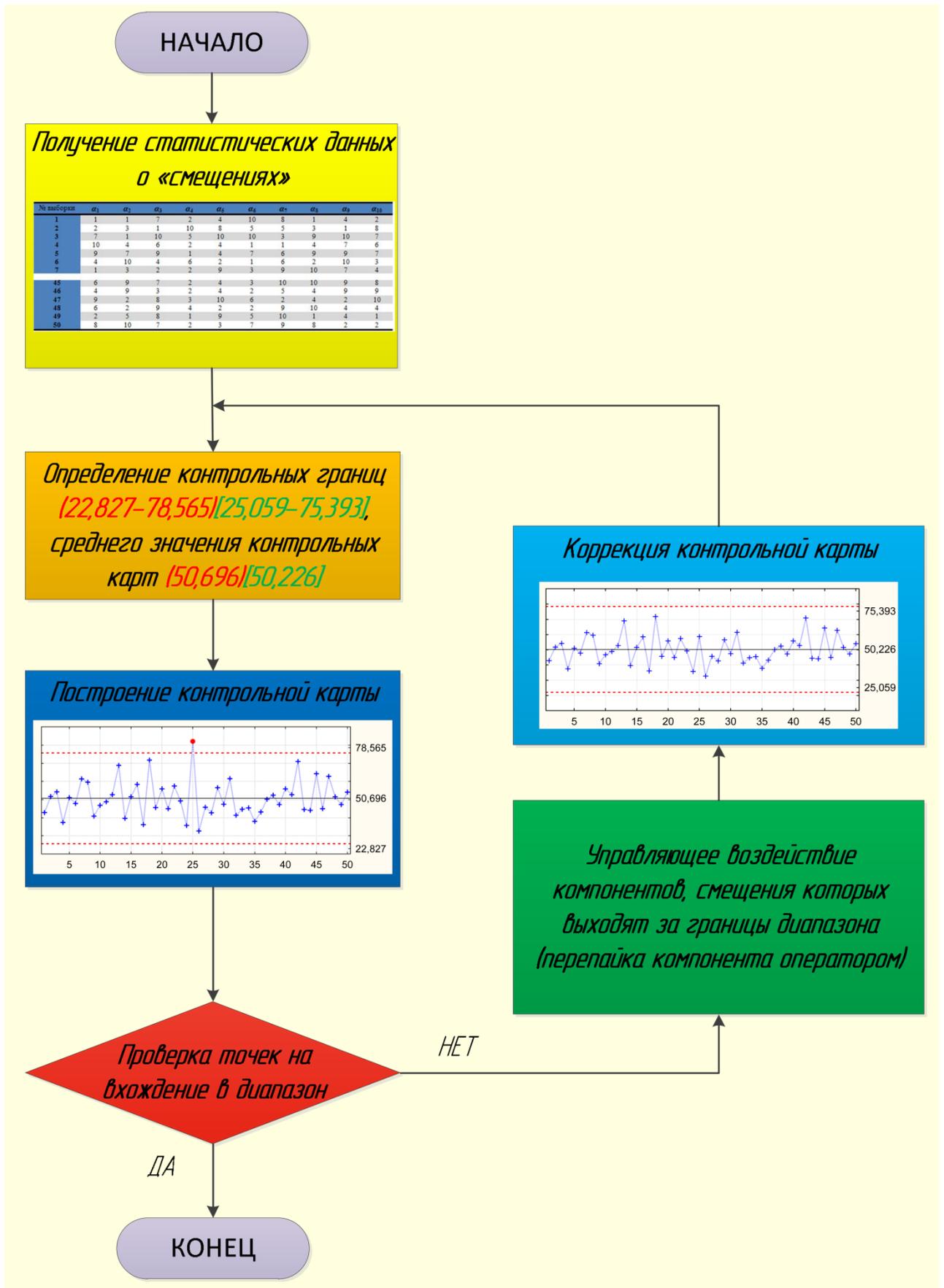


Рисунок 3.2.5.1 – Алгоритм решения задачи операционного контроля

3.2.6 Критическое состояние технологического процесса с последующей выработкой управляющего воздействия

На рисунках 3.2.4.1 и 3.2.4.2 видно, что одна «точка» на карте выходит за пределы допуска. Это означает, что смещение компонента (в данном случае по оси X) превысило допустимое значение и необходима выработка управляющего воздействия – перепайка смещенного элемента работником предприятия, осуществляющим контроль, с последующим занесением новых «данных» в карту. На рисунке 3.6.1 предоставлена карта после выработки управляющего воздействия.

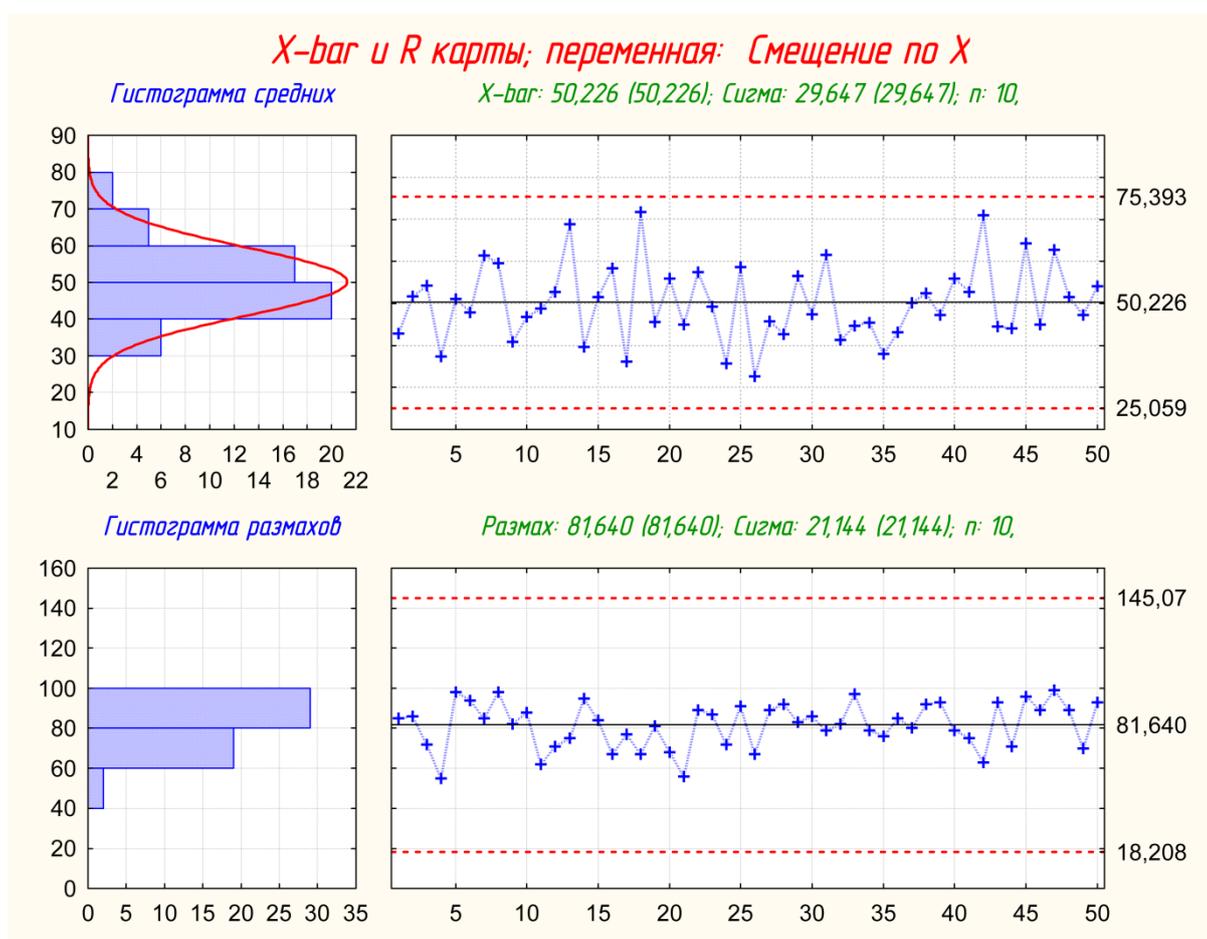
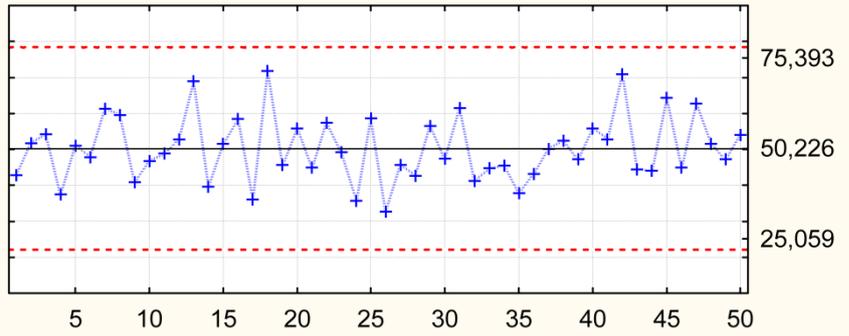
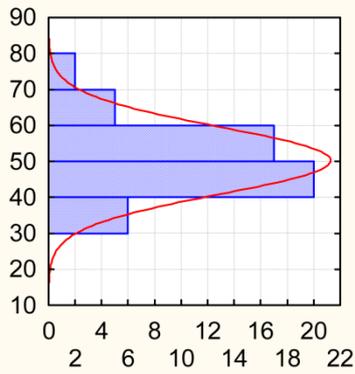


Рисунок 3.2.6.1 – \bar{X} R-карта смещения SMD компонента по X после выработки управляющего воздействия

X- и S- карты; переменная: Смещение по X

Гистограмма средних

X-bar: 50,226 (50,226); Сигма: 29,647 (29,647); n: 10,



Гистограмма ст. отклонений

Ст.откл.: 28,837 (28,837); Сигма: 6,8851 (6,8851); n: 10,

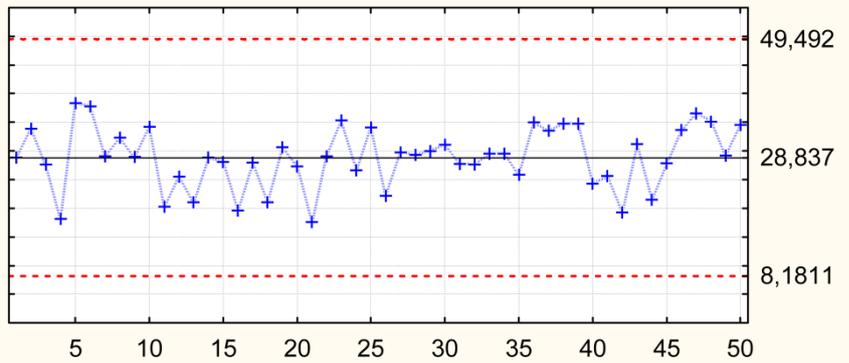
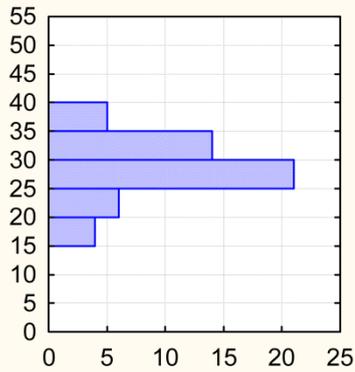


Рисунок 3.2.6.2 – \bar{X} S-карта смещения SMD компонента по X после выработки управляющего воздействия

3.2.7 Подсистема управления качеством при операционном контроле

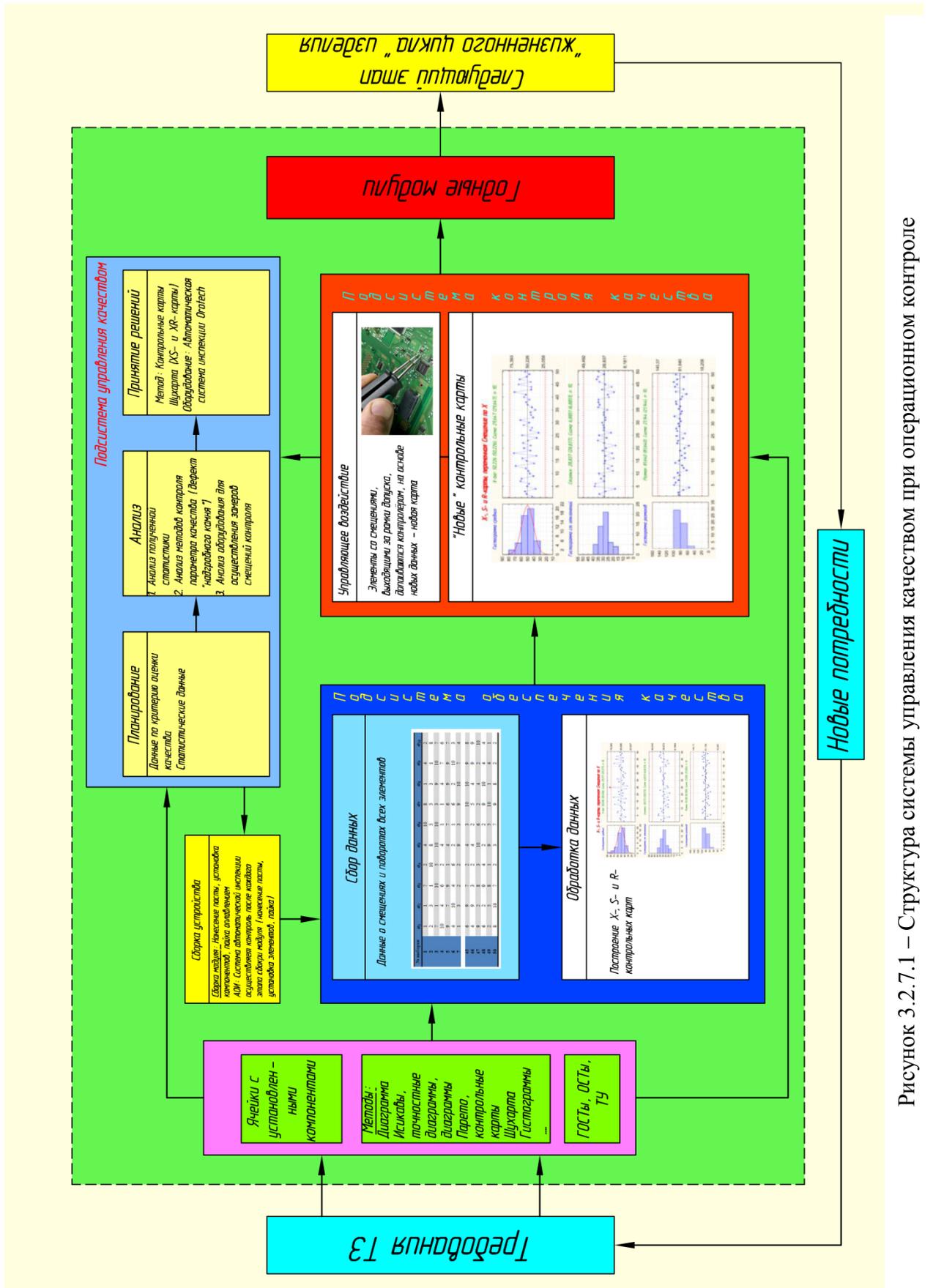


Рисунок 3.2.7.1 – Структура системы управления качеством при операционном контроле

Выводы

В данном разделе произведен контроль параметров смещения SMD компонентов при помощи контрольных карт Шухарта, а именно \bar{X} -, S - и R -карт. При контроле был обнаружен компонент, смещение по координате X которого не укладывалось в допуск. Было выработано управляющее воздействие и последующая его реализация, скорректирована контрольная карта.

3.3 Приемочный контроль

Приемочный контроль является завершающим этапом производственного цикла.

Целью приемочного контроля является проверка соответствия устройств ЭВА требованиям ТЗ по окончании всех технологических операций.

Основные задачи, решаемые на этом этапе:

- наличие механических повреждений конструкции;
- проверка качество исполнения защитных и декоративных покрытий;
- проверка работоспособности;
- оценка точностных характеристик;
- поиск неисправностей и диагностика.

3.3.1 Подсчет процента выхода годных изделий

В ходе приёмочного контроля будем проводить испытание изделий на соответствие частоты вспышек светодиодов частотам, заданным в ТЗ. Из задач технического задания имеем, что частота должна быть от 1,3-10Гц. Будем измерять на соответствие 1,3Гц.

Проведем испытания с количеством выборки 25 по 15 устройств. Результаты измерений занесены в таблицу 3.3.1.1.

В таблице 3.3.1.2 приведена группировка исходных статистических данных. По данным таблицы 3.3.1.2 построена гистограмма (Рис.3.3.1.1).

Таблица 3.3.1.1 – Статистические данные по отклонению частоты вспышек стробоскопа

№ выборки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,313	1,303	1,310	1,305	1,362	1,297	1,352	1,330	1,335	1,297	1,333	1,251	1,263	1,336	1,291
2	1,301	1,303	1,274	1,317	1,252	1,304	1,314	1,217	1,243	1,331	1,267	1,216	1,307	1,239	1,279
3	1,253	1,332	1,351	1,333	1,290	1,358	1,289	1,254	1,308	1,243	1,295	1,284	1,261	1,320	1,345
4	1,320	1,342	1,278	1,266	1,340	1,309	1,343	1,296	1,308	1,327	1,311	1,327	1,315	1,265	1,322
5	1,251	1,332	1,297	1,314	1,223	1,295	1,339	1,231	1,294	1,327	1,426	1,272	1,313	1,285	1,374
6	1,364	1,281	1,286	1,410	1,325	1,303	1,296	1,282	1,336	1,265	1,349	1,320	1,352	1,332	1,289
7	1,321	1,298	1,340	1,239	1,330	1,330	1,352	1,344	1,285	1,240	1,393	1,322	1,344	1,312	1,343
8	1,311	1,314	1,317	1,317	1,309	1,272	1,371	1,293	1,267	1,317	1,317	1,340	1,326	1,293	1,216
9	1,284	1,250	1,260	1,291	1,269	1,318	1,297	1,297	1,311	1,332	1,308	1,340	1,280	1,324	1,326
10	1,213	1,259	1,275	1,267	1,300	1,237	1,290	1,260	1,318	1,323	1,325	1,272	1,281	1,365	1,315
11	1,252	1,283	1,258	1,267	1,304	1,297	1,316	1,278	1,291	1,331	1,279	1,266	1,218	1,275	1,285
12	1,315	1,303	1,320	1,320	1,337	1,262	1,314	1,246	1,332	1,253	1,350	1,302	1,282	1,246	1,328
13	1,396	1,372	1,313	1,393	1,327	1,274	1,332	1,315	1,239	1,323	1,294	1,273	1,238	1,254	1,335
14	1,330	1,332	1,235	1,268	1,286	1,311	1,290	1,282	1,257	1,277	1,245	1,358	1,337	1,262	1,341
15	1,312	1,282	1,224	1,322	1,365	1,255	1,329	1,331	1,177	1,278	1,335	1,355	1,336	1,273	1,317
16	1,278	1,275	1,298	1,278	1,298	1,260	1,342	1,349	1,321	1,238	1,237	1,304	1,306	1,323	1,324
17	1,305	1,361	1,328	1,379	1,267	1,239	1,307	1,343	1,260	1,344	1,226	1,283	1,285	1,217	1,273
18	1,338	1,409	1,307	1,322	1,282	1,211	1,306	1,299	1,290	1,307	1,312	1,320	1,306	1,309	1,256
19	1,290	1,307	1,238	1,294	1,334	1,294	1,250	1,280	1,340	1,340	1,262	1,274	1,364	1,269	1,289
20	1,376	1,281	1,238	1,325	1,308	1,347	1,253	1,251	1,302	1,360	1,264	1,295	1,354	1,344	1,307
21	1,251	1,243	1,335	1,300	1,336	1,293	1,242	1,305	1,282	1,255	1,294	1,279	1,282	1,266	1,338
22	1,285	1,339	1,294	1,344	1,303	1,291	1,250	1,338	1,266	1,326	1,280	1,304	1,307	1,300	1,268
23	1,302	1,312	1,285	1,293	1,399	1,258	1,294	1,286	1,290	1,299	1,291	1,345	1,255	1,262	1,280
24	1,222	1,347	1,353	1,255	1,233	1,363	1,235	1,293	1,324	1,337	1,311	1,330	1,316	1,273	1,419
25	1,323	1,264	1,268	1,310	1,283	1,290	1,390	1,325	1,239	1,344	1,253	1,346	1,330	1,290	1,275

Таблица 3.3.1.2 – Группировка исходных статистических данных

Средна интервала, Гц	1.15	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.27	1.29	1.31	1.33	1.35	1.37	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47
Кол-во	0	0	1	5	15	36	59	68	71	56	30	21	6	6	0	1	0

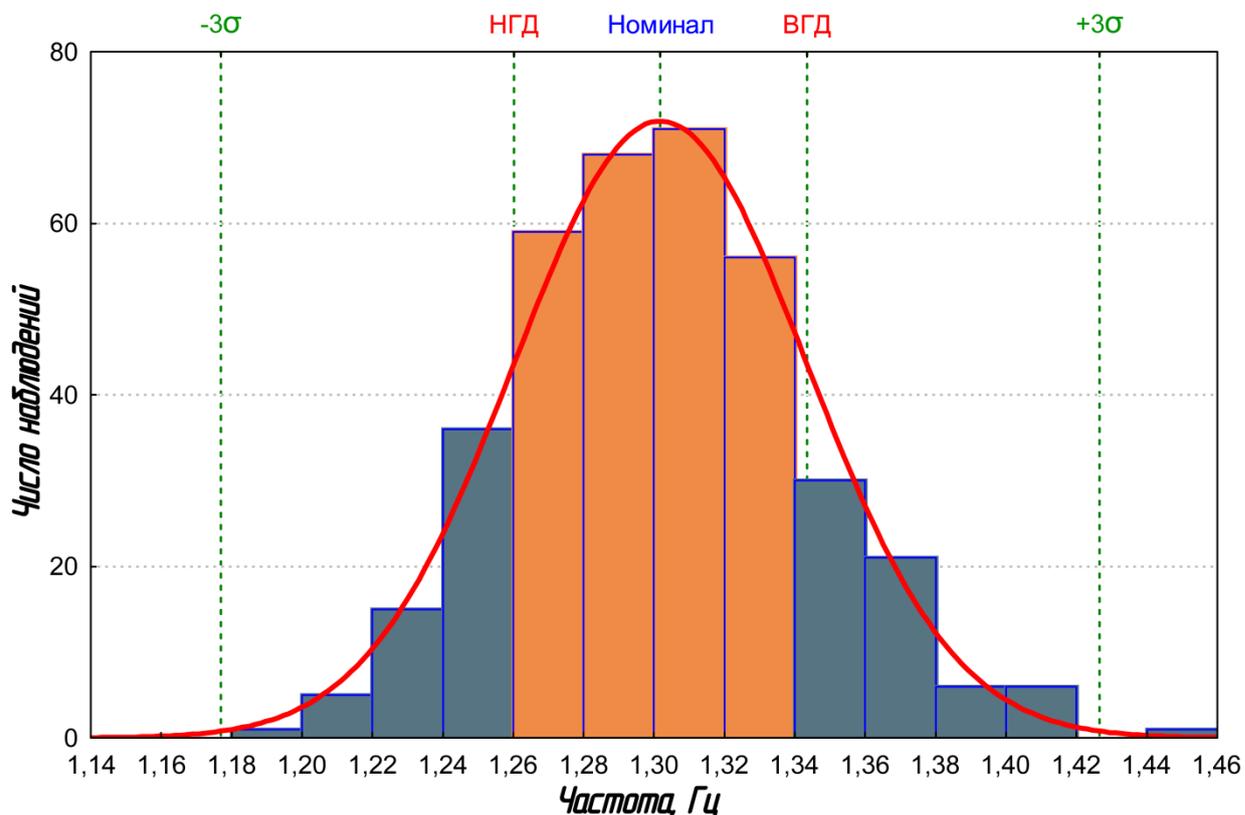


Рисунок 3.3.1.1 – Распределение значений частот

Как видно из рисунка 3.3.1, распределение является нормальным:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

где μ – математическое ожидание (мера положения),

σ – среднеквадратическое отклонение (мера рассеяния).

Для исходного случая :

$$\mu = 1,302, \quad \sigma = 0,0416.$$

Процент выхода годных изделий можно рассчитать как площадь под графиком распределения, ограниченную полем допуска – интервала между НГД-ВГД (Нижняя и верхняя границы допуска - $\pm 5\%$ от номинала).

Процент выхода годных в данном случае можно посчитать:

$$O_{\%ВГ} = \frac{Q_D}{Q} \cdot 100\% = \frac{254}{375} \cdot 100\% = 67,6\%$$

где Q_D – количество наблюдений, вошедших в допуск (254)

Q – общее количество наблюдений (375)

Так как $O_{\%ВГ} < 95\%$, то необходима корректировка ТП.

Отклонение параметра качества от номинального вызвано сбоем технологического процесса. Анализ причины сбоя технологического процесса показал, что причиной является некачественная пайка, а также дефекты резисторов и конденсаторов в некоторых партиях, получаемых от поставщика. Учитывая соответствующие причины, технологический процесс был скорректирован, улучшен температурный профиль в конвекционной печи, а также ужесточены требования при договоренности с поставщиком ЭРЭ. После коррекции ТП, измерения были произведены заново (Табл. 3.3.3).

В таблице 3.3.1.4 приведена группировка исходных статистических данных после корректировки. По данным таблицы 3.3.1.4 построена гистограмма после корректировки (Рис.3.3.1.2)

Как видно из рисунка 3.3.1.2, распределение после корректировки также является нормальным. Математическое ожидание осталось прежним $\mu = 1,302$,

Процент выхода годных в этом случае (после корректировки):

$$O_{\%ВГ} = \frac{Q_D}{Q} \cdot 100\% = \frac{362}{375} \cdot 100\% = 96,5\%$$

Итак, процент выхода годных после корректировки стал равным 96,5%, требования ТЗ выполнены, продукцию (устройства) можно продвигать на рынок.

На рисунке 3.3.1.3 представлена динамика изменения распределения значений частот стробоскопа при коррекции.

Таблица 3.3.1.3 – Статистические данные по отклонению частоты вспышек стробоскопа после коррекции технологического процесса

№ выборки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,338	1,273	1,311	1,310	1,325	1,326	1,307	1,321	1,304	1,311	1,319	1,314	1,300	1,282	1,315
2	1,319	1,300	1,311	1,302	1,329	1,297	1,308	1,336	1,280	1,300	1,288	1,317	1,293	1,313	1,318
3	1,289	1,301	1,293	1,269	1,258	1,288	1,303	1,289	1,288	1,312	1,277	1,309	1,311	1,321	1,273
4	1,298	1,253	1,315	1,337	1,296	1,270	1,311	1,267	1,287	1,303	1,288	1,295	1,321	1,326	1,270
5	1,296	1,325	1,323	1,303	1,287	1,313	1,277	1,332	1,283	1,314	1,283	1,318	1,300	1,290	1,310
6	1,309	1,356	1,303	1,269	1,303	1,300	1,320	1,305	1,308	1,274	1,317	1,282	1,332	1,300	1,306
7	1,327	1,295	1,339	1,309	1,283	1,276	1,302	1,277	1,278	1,304	1,310	1,303	1,284	1,297	1,281
8	1,267	1,306	1,313	1,302	1,306	1,293	1,315	1,289	1,313	1,269	1,306	1,328	1,260	1,288	1,325
9	1,340	1,291	1,298	1,289	1,312	1,263	1,280	1,284	1,316	1,316	1,308	1,296	1,285	1,305	1,301
10	1,316	1,308	1,307	1,310	1,305	1,309	1,301	1,323	1,321	1,294	1,301	1,283	1,296	1,307	1,302
11	1,289	1,292	1,322	1,286	1,298	1,297	1,318	1,312	1,300	1,313	1,281	1,339	1,293	1,293	1,305
12	1,297	1,298	1,292	1,273	1,274	1,333	1,320	1,305	1,312	1,289	1,311	1,295	1,283	1,303	1,315
13	1,306	1,332	1,298	1,265	1,301	1,273	1,298	1,305	1,336	1,307	1,284	1,309	1,327	1,353	1,330
14	1,306	1,283	1,347	1,293	1,290	1,319	1,263	1,284	1,301	1,321	1,279	1,284	1,268	1,300	1,295
15	1,324	1,288	1,291	1,287	1,274	1,303	1,278	1,320	1,296	1,260	1,279	1,306	1,290	1,314	1,265
16	1,322	1,298	1,319	1,309	1,299	1,302	1,304	1,307	1,335	1,263	1,317	1,309	1,281	1,291	1,320
17	1,293	1,297	1,316	1,270	1,296	1,314	1,316	1,295	1,250	1,263	1,320	1,300	1,291	1,289	1,281
18	1,297	1,329	1,332	1,296	1,304	1,324	1,309	1,296	1,291	1,317	1,265	1,307	1,287	1,293	1,325
19	1,315	1,341	1,311	1,270	1,320	1,279	1,288	1,298	1,349	1,308	1,297	1,324	1,310	1,311	1,288
20	1,302	1,280	1,251	1,336	1,312	1,326	1,345	1,282	1,291	1,286	1,305	1,272	1,279	1,284	1,330
21	1,323	1,287	1,283	1,298	1,326	1,276	1,301	1,315	1,289	1,330	1,288	1,304	1,284	1,263	1,284
22	1,286	1,310	1,310	1,325	1,285	1,279	1,317	1,328	1,275	1,303	1,315	1,260	1,302	1,301	1,278
23	1,309	1,292	1,305	1,310	1,283	1,287	1,292	1,349	1,316	1,268	1,305	1,301	1,322	1,291	1,319
24	1,306	1,340	1,339	1,318	1,298	1,315	1,278	1,310	1,258	1,280	1,297	1,339	1,263	1,306	1,273
25	1,328	1,333	1,328	1,277	1,328	1,279	1,314	1,284	1,284	1,272	1,289	1,319	1,336	1,302	1,314

Таблица 3.3.1.4 – Группировка исходных статистических данных после корректировки ТП

Средняя интервала, Гц	1,225	1,235	1,245	1,255	1,265	1,275	1,285	1,295	1,305	1,315	1,325	1,335	1,345	1,355	1,365	1,375	1,385
Кол-во	0	0	1	4	23	29	58	57	80	59	37	19	6	2	0	0	0

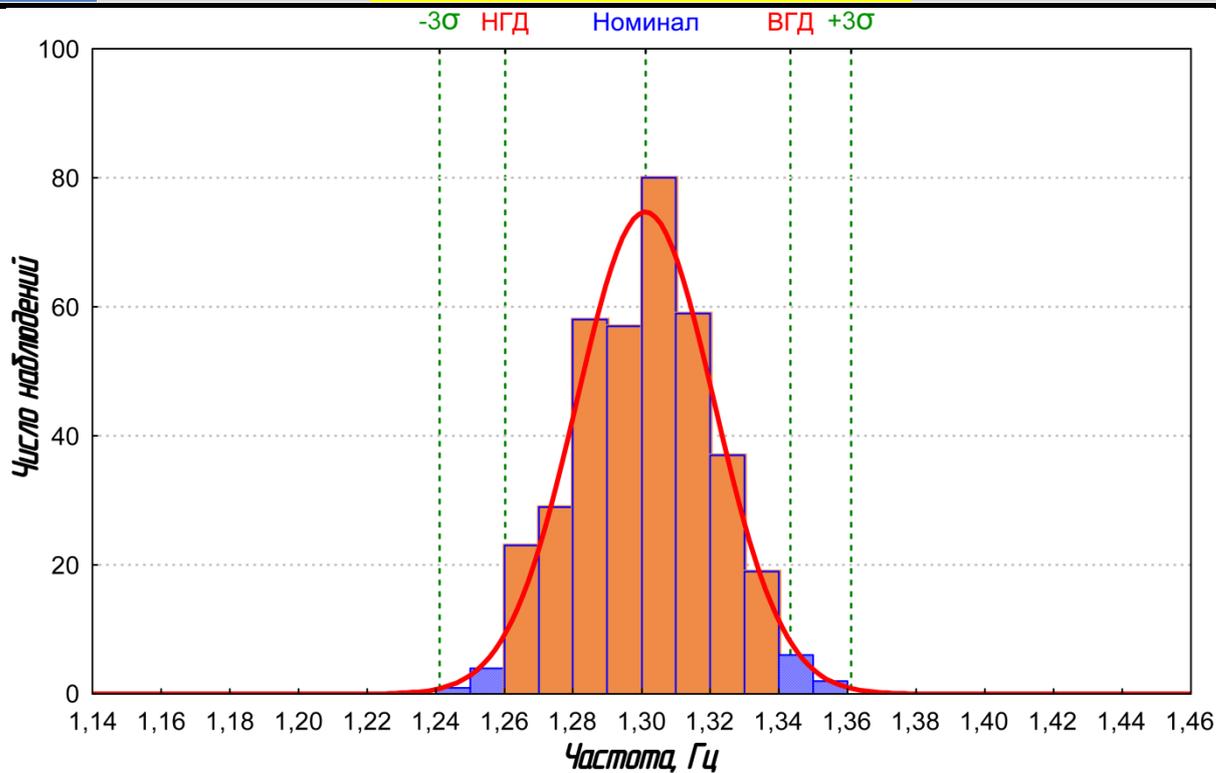


Рисунок 3.3.1.2 – Распределение значений частот стробоскопа после корректировки ТП

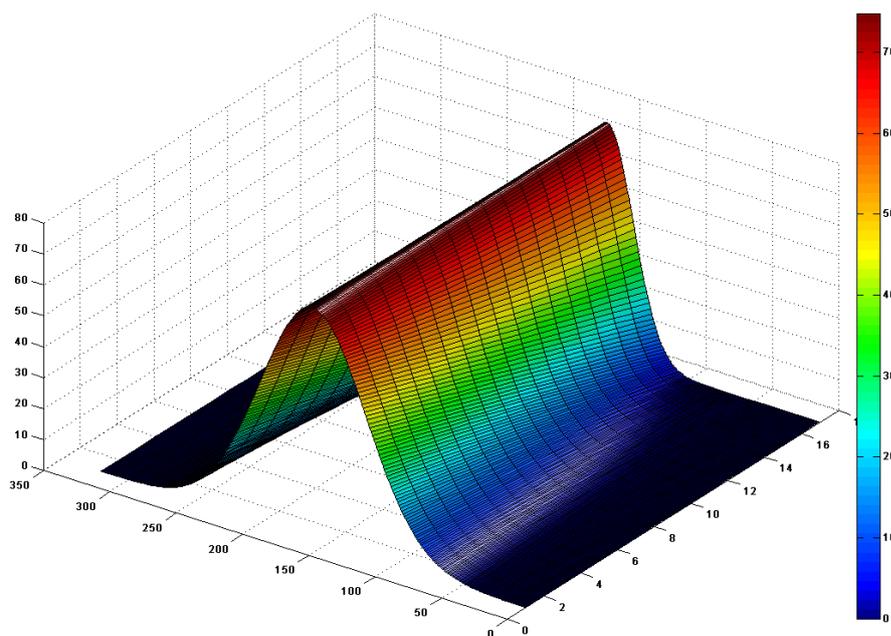


Рисунок 3.3.1.3 – Динамика изменения периода повторения при проведении приёмочного контроля

3.3.2 Алгоритм решения задачи приемочного контроля

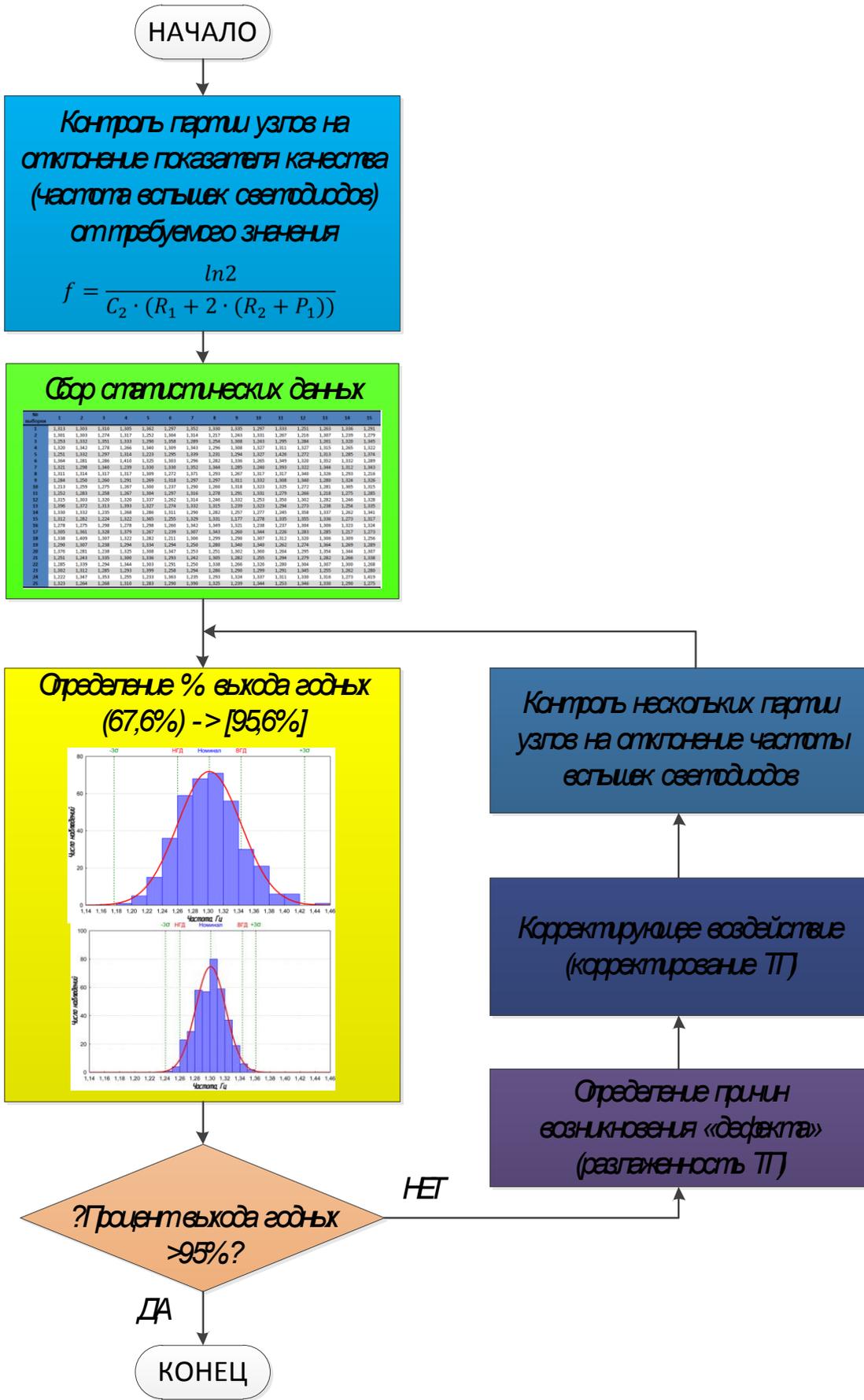


Рисунок 3.3.2.1 – Алгоритм решения задачи выходного контроля

3.3.3 Подсистема управления качеством при приемочном контроле

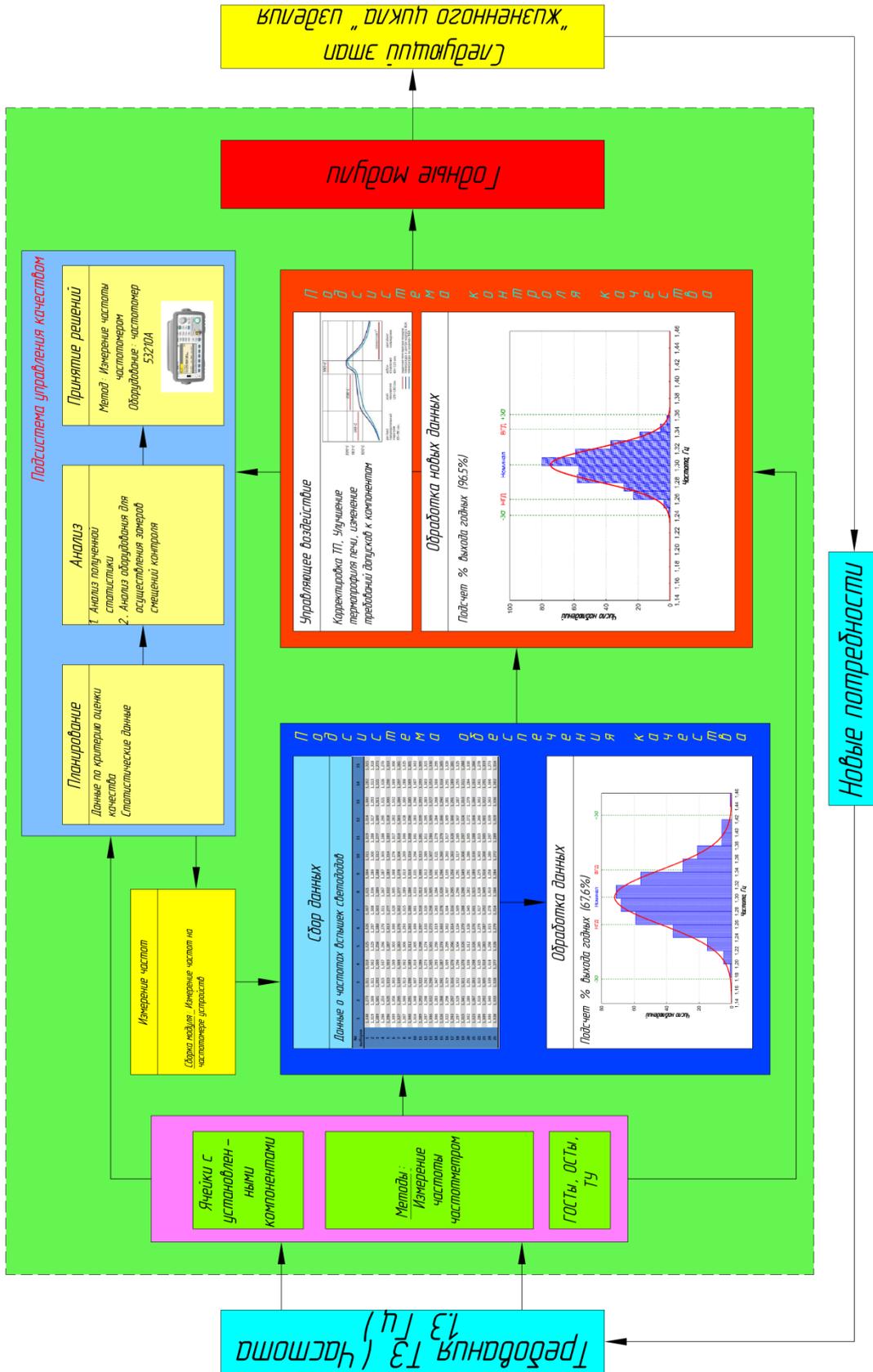


Рисунок 3.3.3.1 – Структура системы управления качеством при приемочном контроле

Выводы

В данном разделе была решена задача приемочного контроля. В результате были определены проценты выхода годных, причины низкого процента выхода годных и меры по увеличению показателей. После применения соответствующих мер, были проведены повторные измерения и было выявлено, что скорректированный техпроцесс более эффективен, т.к. процент выхода годных возрос с 67,6% до 96,5%.

4. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

4.1 Описание структуры системы управления качеством

Для построения система управления качеством технологического процесса сборки светодиодного стробоскопа, необходимо: сформулировать цель, стоящую перед системой; выделить подсистемы, входящие в данную систему управления качеством; определить, входит ли рассматриваемая система управления качеством в другую систему в качестве подсистемы.

В соответствии с циклом Деминга, систему управления качеством можно сопоставить с жизненным циклом изделия, выделяя на каждом этапе цикла меры по управлению качеством. В соответствии с циклом Деминга вся система управления качеством и ее составляющие по отдельности могут быть описаны в виде схемы «Планирование-Действие-Контроль-Реализация».

Система качества, основанная на цикле Деминга предполагает внесение творческих изменений, в связи с этим, при проектировании системы управления качеством производства стробоскопа, было решено разделить всю систему на четыре этапа жизненного цикла, каждый этап, в свою очередь, разделить на процессы получения входной информации и принятия решений исходя из полученных данных.

Структурная схема системы управления качеством технологического процесса изготовления светодиодного стробоскопа представлена на рисунке 4.1.1.

4.2 Содержание блоков, входящих в структуру системы управления качеством

Опишем каждый блок, входящий в структуру системы управления качеством.

Общим элементом для всех этапов управления качеством в разработанной системе являются исходные данные. В системе использована уникальная композиция управления данными, в соответствии с которой система исходных данных подразделяется на четыре подсистемы, это:

1-ая подсистема (Данные с ТЗ): Здесь хранятся относительно статичные данные. Сюда также вносятся изменения по ходу набора статистики на предприятии: информация о браке, о внесении изменений в ТЗ и технологический процесс.

2-я подсистема: Динамически пополняемый источник информации. В данной подсистеме хранятся данные о методах контроля, виды дефектов, наиболее часто встречающиеся в процессе жизненного цикла изделия.

3-я подсистема (ГОСТы, ОСТы): В данной подсистеме хранятся с ГОСТов и ОСТов, участвующие в процессе жизненного цикла изделия.

4-ая подсистема (Статистические данные): Здесь хранятся все статистические данные, получаемые в процессе изготовления устройства.

Этап планирования (Plan) – это такой этап в жизненном цикле изделия, на котором закладываются основы последующего производства. Здесь выбираются какими должны быть начальные режимы работы оборудования, проверяемые показатели, контролируемые операции и т.п.

Фундамент, закладываемый на этапе планирования состоит из:

- Тип производства
- Типы оборудования
- Тип элементной базы
- Режимы оборудования
- Контролируемые операции
- Контролируемые параметры

Этап действий (Do) – на этом этапе проводятся действия по физическому осуществлению контроля. На данном этапе не проводится анализ, либо математическая обработка информации. Здесь происходит получение информации рабочими на местах для последующей аналитической обработки.

Работа на этапе действий делится на два подэтапа:

- Подготовительные операции. На данных операциях осуществляется подготовка измерительных приборов, а также самих контролируемых изделий к проведению измерений.
- Измерение параметров. На данных операциях осуществляется непосредственно измерение контролируемых параметров: количества дефектов, неисправностей и т.п. Данные заносятся в статистические таблицы, которые в дальнейшем передаются для проведения аналитических расчетов.

Этап контроля (Check) – на данном этапе производится непосредственно контроль измеренных параметров, а именно построение зависимостей, определение точностных и вероятностных характеристик и сравнение полученных результатов с заданными по ТЗ. Здесь выносятся решения о годности предлагаемых методик и режимов. Происходит построение аналитических зависимостей, графиков, диаграмм. Применение методик обработки измерений, и в конечном итоге – вынесение решений о годности предложенного технологического процесса.

Этап реализации (Action) – на данном этапе осуществляется приведение в действие мер по улучшению технологического процесса, реорганизации производства, изменению отношений с клиентами и поставщиками.

При приведении в действие мер реорганизации, участвуют:

- **Предприятие.** Реорганизация в первую очередь ведется внутри предприятия. Изменяется технологический процесс, перенастраивается оборудование, вносятся изменения в штат сотрудников. Также ведется работа с разработчиками по улучшению изделия на этапе проектирования устройства.
- **Заказчик.** Перед введением некоторых изменений, необходимо консультироваться с заказчиком, например при кардинальных изменениях в техническом задании, либо при изменении допустимого риска для заказчика.
- **Поставщик.** Для изменения техпроцесса могут потребоваться серьезные меры, такие как закупка нового оборудования, либо изменение используемой номенклатуры ЭРЭ. В данном случае необходимо изменять договоренности с поставщиком, либо искать новых поставщиков.

4.3 Описание процесса управления

Процесс управления качеством на предприятии является циклическим процессом. В нашем случае был выбран цикл Деминга, как один из наиболее эффективных в теории и практике управления качеством.

Управление качеством должно быть непрерывным и это реализуется путем создания обратной связи действие-планирование, которая замыкает цикл.

Для наглядности рассмотрим один из вариантов цикла управления качеством, осуществляемых на нашем производстве:

На рассматриваемом производстве необходимо осуществить контроль готового узла в сборе. Исходя из данных, которые имеются в исходных данных в 1-ой подсистеме, получаем, что в данном случае контролируемым параметром является частота, с которой «моргают» светодиоды.

Эти данные поступают на этап планирования, где выносится решение о том, что на данной операции выход годных должен быть не менее 95% при количестве изделий в контролируемой партии равном 15 штукам. Также выбирается необходимое для контроля оборудование – частотомер 543210А.

После этапа планирования, осуществляется этап действий, где после подготовки частотомера и его соединения с устройством, происходит измерение частоты «моргания» светодиодов. Полученная информация сводится в статистические таблицы.

После получения предварительных статистических данных, строятся графики распределения и выявляется, что при данном технологическом процессе, невозможно достичь требуемого процента выхода годных.

В связи с этим на этапе реализации изменений, принимается решение о реорганизации внутри предприятия, а именно – изменении температурного профиля в печи. Ведутся переговоры с поставщиками о повышении точности поставляемых ЭРЭ.

После принятия надлежащих мер по реорганизации предприятия, цикл контроля повторяется заново для того чтобы убедиться в правильности принятых решений и выявить следующие недостатки в ТП. Таким образом, управление качеством осуществляется непрерывно и циклически.

Выводы

В данном разделе была рассмотрена система управления качеством в комплексе, в том виде, в котором она развернута на предприятии по производству светодиодных стробоскопов. Было доказано, что разработанная система управления качеством является эффективной, так как успешно устраняет неполадки и несоответствия в технологическом процессе, является циклической и непрерывной, а следовательно позволяет получать высокие показатели качества и осуществлять постоянное улучшение качества выпускаемой продукции, что является основной целью предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для повышения качества производства светодиодных стробоскопов уже на стадии проектирования технологического процесса сборки необходимо разработать систему контроля и управления качеством данного ТП. При разработке системы управления качеством, необходимо использовать различные методы анализа и статистические методы. Также необходимо руководствоваться существующими наработками в области управления качеством, такими как всеобщее управление качеством, цикл Деминга и т.п.

В ходе работы разработана система управления качеством технологического процесса изготовления светодиодного стробоскопа для предприятия, занимающегося изготовлением электронных устройств, в частности светодиодного стробоскопа.

Для построения системы управления качеством, был проведен анализ и исследование объекта. В этом разделе был описан объект (стробоскоп), проведен анализ дефектов на различных этапах технологического процесса, выбраны показатели качества для различных этапов контроля, тщательно проанализированы причины, влияющие на выбор показателя качества и как итог, обосновано применение различных видов контроля в процессе жизненного цикла изделия.

Далее рассмотрены основные этапы элемента управления качеством. В этом разделе описаны: входной контроль, в ходе которого была обработка статистики, на основе обработанной статистики – решение задачи входного контроля аналитической, разработан план испытаний, графическое представление входного контроля, представлены алгоритм решения задачи входного контроля и подсистема управления качеством при входном контроле; операционный контроль, в ходе которого были рассмотрены метода анализа показателей качества, в ходе которого выбраны контрольные карты Шухарта, на основе статистических данных построены контрольные карты, представлены алгоритм решения задачи операционного контроля и подсистема управления качеством при операционном контроле; приемочный контроль, в ходе которого производился подсчет процента выхода годных изделий, также представлены алгоритм решения задачи приемочного контроля и подсистема управления качеством при приемочном контроле.

В последнем разделе приведена разработанная система управления качеством, способная решить проблемы производства светодиодных стробоскопов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глудкин О.П., Методы и устройства испытаний РЭС и ЭВС: Учеб. для вузов.–М.: Высш. шк., 1991. –336с.: ил. – ISBN 5-06-001891-1
2. Всеобщее управление качеством: Учебник для вузов/ О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин: под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 600 с.: ил. – ISBN 5-93208-087-6, ISBN 5-93517-047-7
3. Прохоров Ю.К. , Управление качеством: Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2007. – 144с.
4. Муромцев Д.Ю., Управление качеством электронных средств: Учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – Ч. 2. – 96 с. – 100 экз. – ISBN 978-58265-0655-4.
5. Системы управления. Инжиниринг качества / А.Г. Варжапетян, В.В. Анохин и др.; Под ред. А.Г. Варжапетяна. – 3-е изд. – М.: Вузовская книга, 2006. – 320 с.: ил. – ISBN 5-9502-0192-2
6. Стивенсон В. Дж., Управление производством / Пер. с англ. – М.: БИНОМ; Лаборатория Базовых знаний, 2002 – 928 с.: ил. – ISBN 5-93208-002-7
7. Журнал «Технологии в электронной промышленности», №2'2005, №5'2007, №1'2008, №4'2008.
8. Бюллетени ЗАО Предприятие Остек.
9. Soldering & Surface Mount Technology, Volume 21 · Number 3 · 2009 · 39–46.
10. ГОСТ Р 50779.42-99 (ИСО 8258-91) – Статистические методы, Контрольные карты Шухарта.
11. ГОСТ Р 50779.70-99 (ИСО 2859.0-95) – Статистические методы. ПРОЦЕДУРЫ ВЫБОРОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПО АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПРИЗНАКУ