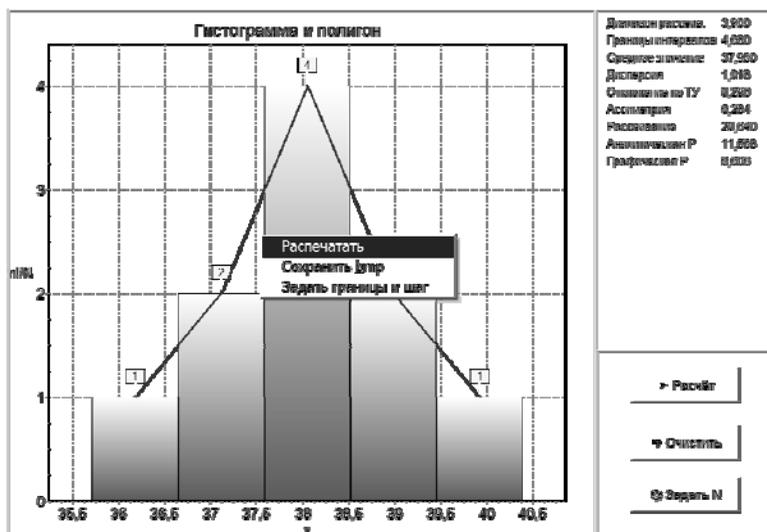


3. М. СЕЛИВАНОВА

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»

З. М. Селиванова

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию
в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники
и автоматизации в качестве учебного пособия*



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2017

УДК 621.396.6(075.8)
ББК з844-06-5-05я73
С29

Р е ц е н з е н т ы:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Теоретическая и экспериментальная физика» ФГБОУ ВО
«Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина»
И. И. Пасечников

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Мехатроника и технологические измерения» ФГБОУ ВО «ТГТУ»
А. А. Чуриков

Селиванова, З. М.

С29 Технология производства электронных средств : учебное посо-
бие / З. М. Селиванова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
2017. – 80 с. – 100 экз.
ISBN 978-5-8265-1734-5

Приведены теоретические сведения по основным направлениям тех-
нологической подготовки и автоматизации производства изделий элек-
тронных средств, оценке технологичности электронных устройств, разра-
ботке технологических процессов сборки и контроля блоков, оценке
их точности изготовления.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 11.03.03
«Конструирование и технология электронных средств».

УДК 621.396.6(075.8)
ББК з844-06-5-05я73

ISBN 978-5-8265-1734-5

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический
университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2017

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие посвящено изложению теоретических основ технологической подготовки производства изделий электронных средств (ЭС), методических указаний и порядку выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Технология производства электронных средств».

Цель пособия – получить знания студенту в области технологической подготовки производства электронных средств.

Рассмотрена методика оценки технологичности конструкции электронного блока по обеспечению экономичного выпуска качественного изделия в соответствии с техническими и эксплуатационными требованиями, указанными в нормативных документах и ГОСТах.

В лабораторном практикуме приводятся сведения для выполнения лабораторных работ по разработке технологических процессов сборки электронных блоков, технологической инструкции и методики контроля, настройки и регулировки изделий электронных средств.

Для использования статистического метода оценки точности производства электронных средств и проверки исправности цифровых устройств применяется современная измерительная аппаратура и предлагается применение персонального компьютера и разработанных на кафедре «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ФГБОУ ВО «ТГТУ» программ Tehnology.exe и Stat.exe для выполнения лабораторных работ в автоматизированном режиме.

Учебное пособие «Технология производства электронных средств» рекомендуется студентам дневного, очно-заочного, ускоренного и дистанционного обучения направления 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», изучающих дисциплину «Технология электронных средств» в соответствии с образовательной программой профиля «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования направления подготовки бакалавра.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ БЛОКА ЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

Цель работы: для оценки технологичности конструкции электронных и радиотехнических блоков электронных средств по приведённой методике осуществить расчёт комплексного показателя технологичности на персональном компьютере с использованием программы Tehnology.exe, выполнить анализ и сформировать соответствующий вывод об уровне технологичности блока.

Краткие теоретические сведения

Технологичность изделия – это совокупность конструктивно-технологических требований к электронным средствам, позволяющих обеспечить конструктивно простое и экономичное изготовление изделия в соответствии с техническими и эксплуатационными требованиями [1].

Внедрение на производство изделий электронных средств автоматических и автоматизированных, механизированных устройств, применение программных продуктов при осуществлении технологической подготовки производства электронных средств, разработке технологических процессов изготовления печатных плат, сборки блоков ЭС, контроля, настройки и регулировки изделий возможно при оценке и соответствующем уровне технологичности конструкции блока электронного средства.

Конструкция блока считается технологичной, если она соответствует требованиям, которые изложены в нормативных документах на изготавливаемое изделие ЭС, при выбранном типе производства и заданном объёме выпуска изделия применяются экономически целесообразные технологические процессы.

Целью оценки технологичности конструкции блока электронного средства является минимизация временных и финансовых ресурсов на технологическую подготовку производства, разработку технологических процессов изготовления деталей, сборки блоков и печатных узлов, контроля, настройки и регулировки блоков и узлов электронных средств при выпуске продукции на предприятии надлежащего качества.

Расчёт и анализ технологичности конструкции блока выполняется в соответствии с ГОСТ 14.201–83 «Обеспечение технологичности конструкции изделия. Общие требования» [2] и ОСТ 4.ГО.091.219.

На основе базовых показателей выполняется расчёт комплексного показателя технологичности по формуле [3]

$$K_{\text{T}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i},$$

где K_i – базовый показатель технологичности; φ_i – весовой коэффициент базового показателя технологичности; n – число базовых показателей технологичности (при оценке технологичности конструкции блока принимают $n = 7$).

Значение весового коэффициента определяется его порядковым номером, который устанавливается в результате ранжирования их последовательности, определяемой экспериментальным путём.

Весовой коэффициент рассчитывается по зависимости

$$\varphi = \frac{i}{2^{i-1}},$$

где i – порядковый номер базового показателя в полученной их последовательности.

Рассмотрим расчёт базовых показателей технологичности для электронного, радиотехнического, электромеханического и механического блоков.

Расчёт базовых показателей технологичности электронного блока выполняется с использованием следующих формул [3]:

1. Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок

$$K_{\text{ИСИМС}} = \frac{N_{\text{ИМС}}}{N_{\text{ИМС}} + N_{\text{ЭРЭ}}},$$

где $N_{\text{ИМС}}$ – число интегральных микросхем (ИМС) и микросборок; $N_{\text{ЭРЭ}}$ – число электрорадиоэлементов (ЭРЭ).

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа электрорадиоэлементов

$$K_{\text{АиМ}} = \frac{N_{\text{АиМ}}}{N_{\text{М}}},$$

где $N_{\text{АиМ}}$ – число монтажных соединений, выполняемых с применением средств автоматизации и механизации; $N_{\text{М}}$ – число всех осуществляемых монтажных соединений.

3. Коэффициент механизации подготовки электрорадиоэлементов к монтажу

$$K_{\text{МП}} = \frac{N_{\text{МП}}}{N_{\text{ЭРЭ}}},$$

где $N_{\text{МП}}$ – число ЭРЭ, подготовка которых к монтажу выполняется с применением средств механизации; $N_{\text{ЭРЭ}}$ – общее число применяемых электрорадиоэлементов.

4. Коэффициент механизации контроля и настройки параметров электронного блока

$$K_{\text{МКН}} = \frac{H_{\text{МКН}}}{H_{\text{КН}}},$$

где $H_{\text{МКН}}$ – количество операций контроля и настройки параметров электронных блоков, которые выполняются с использованием средств механизации; $H_{\text{КН}}$ – общее количество операций контроля и настройки электронного блока.

5. Коэффициент повторяемости электрорадиоэлементов

$$K_{\text{пов}} = 1 - \frac{H_{\text{ТЭРЭ}}}{H_{\text{ЭРЭ}}},$$

где $H_{\text{ТЭРЭ}}$ – общее число типоразмеров ЭРЭ в электронном блоке; $H_{\text{ЭРЭ}}$ – общее число ЭРЭ в электронном блоке.

6. Коэффициент применяемости электрорадиоэлементов

$$K_{\text{ПЭРЭ}} = 1 - \frac{H_{\text{ТОРЭРЭ}}}{H_{\text{ТЭРЭ}}},$$

где $H_{\text{ТОРЭРЭ}}$ – число типоразмеров оригинальных ЭРЭ в электронном блоке; $H_{\text{ТЭРЭ}}$ – общее число типоразмеров ЭРЭ в электронном блоке.

7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей электронного блока

$$K_{\text{ф}} = \frac{D_{\text{пр}}}{D},$$

где $D_{\text{пр}}$ – число деталей, изготавливаемых прогрессивными методами формообразования; D – общее число деталей в электронном блоке.

Расчёт базовых показателей технологичности радиотехнического блока выполняется с использованием следующих зависимостей:

1. Коэффициент механизации подготовки электрорадиоэлементов к монтажу

$$K_{\text{МП}} = \frac{H_{\text{МП}}}{H_{\text{ЭРЭ}}},$$

где $H_{\text{МП}}$ – число ЭРЭ, подготовка которых к монтажу выполняется с применением средств механизации; $H_{\text{ЭРЭ}}$ – общее число применяемых электрорадиоэлементов.

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа электрорадиоэлементов

$$K_{\text{АиМ}} = \frac{H_{\text{АиМ}}}{H_{\text{М}}},$$

где $H_{\text{АиМ}}$ – число монтажных соединений, выполняемых с применением средств автоматизации и механизации; $H_{\text{М}}$ – число всех осуществляемых монтажных соединений.

3. Коэффициент сложности сборки радиотехнического блока

$$K_{\text{сл.сб}} = 1 - \frac{E_{\text{с.сл}}}{E_{\text{с}}},$$

где $K_{\text{сл.сб}}$ – коэффициент сложности сборки; $E_{\text{с.сл}}$ – число соединений, выполняемых различными способами; $E_{\text{с}}$ – число неразъёмных соединений.

4. Коэффициент механизации контроля и настройки параметров

$$K_{\text{МКН}} = \frac{H_{\text{МКН}}}{H_{\text{КН}}},$$

где $H_{\text{МКН}}$ – количество операций контроля и настройки параметров электронных блоков, которые выполняются с использованием средств механизации; $H_{\text{КН}}$ – общее количество операций контроля и настройки радиотехнического блока.

5. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{пр}}}{D},$$

где $D_{\text{пр}}$ – число деталей, изготавливаемых прогрессивными методами формообразования; D – общее число деталей в радиотехническом блоке.

6. Коэффициент повторяемости электрорадиоэлементов

$$K_{\text{пов}} = 1 - \frac{H_{\text{ТЭРЭ}}}{H_{\text{ЭРЭ}}},$$

где $H_{\text{ТЭРЭ}}$ – общее число типоразмеров ЭРЭ в радиотехническом блоке; $H_{\text{ЭРЭ}}$ – общее число ЭРЭ в радиотехническом блоке.

7. Коэффициент точности обработки деталей

$$K_{\text{т.об}} = 1 - \frac{D_{\text{т}}}{D},$$

где $K_{\text{т.об}}$ – коэффициент точности обработки деталей; $D_{\text{т}}$ – число деталей с допусками по 10-му качеству и выше; D – общее число деталей.

Для расчёта базовых показателей технологичности электромеханического и механического блоков применяются следующие зависимости [3]:

1. Коэффициент точности обработки деталей

$$K_{т.об} = 1 - \frac{D_t}{D},$$

где $K_{т.об}$ – коэффициент точности обработки деталей; D_t – число деталей с допусками по 10-му качеству и выше; D – общее число деталей.

2. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{ф} = \frac{D_{пр}}{D},$$

где $D_{пр}$ – число деталей, изготавливаемых прогрессивными методами формообразования; D – общее число деталей в электромеханическом и механическом блоках.

3. Коэффициент сложности обработки деталей

$$K_{сл.об} = 1 - \frac{D_m}{D},$$

где $K_{сл.об}$ – коэффициент сложности обработки; D_m – число деталей, при обработке которых снимается слой стружки.

4. Коэффициент повторяемости деталей

$$K_{пов.д} = 1 - \frac{D_t + L_{тип}}{D + L},$$

где $D_t, L_{тип}$ – общее число типоразмеров деталей и сборочных единиц без учёта нормализованного крепежа; D, L – общее число деталей и сборочных единиц.

5. Коэффициент сборности электромеханического и механического блоков

$$K_{сб} = \frac{L_{тип}}{L_{тип} + D}.$$

6. Коэффициент использования материалов

$$K_{ис.м} = \frac{P}{P_{к.м}},$$

где P – масса блока без учёта тары и комплектующих деталей; $P_{к.м}$ – масса конструкционного материала.

Расчёт базовых показателей технологичности соединительного, коммутационного и распределительного блоков выполняется по формулам [3]:

1. Коэффициент повторяемости материалов

$$K_{пов.м} = 1 - \frac{D_m}{D_{тип}},$$

где D_m – число сортамента материалов с учётом его марки и профиля поставки; $D_{тип}$ – число типоразмеров оригинальных деталей.

2. Коэффициент сложности сборки блока

$$K_{с.сб} = 1 - \frac{E_{тип.сл}}{E_{тип}},$$

где $K_{с.сб}$ – коэффициент сложности сборки; $E_{тип.сл}$ – число типоразмеров сборочных единиц в блоке, которые следует настраивать при сборке; $E_{тип}$ – число типоразмеров деталей и сборочных единиц в блоке.

3. Коэффициент точности обработки деталей

$$K_{т.об} = 1 - \frac{D_t}{D},$$

где $K_{т.об}$ – коэффициент точности обработки деталей; D_t – число деталей с допусками по 10-му качеству и выше; D – общее число деталей.

4. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{ф} = \frac{D_{пр}}{D},$$

где $D_{пр}$ – число деталей, изготавливаемых прогрессивными методами формообразования; D – общее число деталей в электромеханическом и механическом блоках.

5. Коэффициент использования материалов

$$K_{ис.м} = \frac{P}{P_{к.м}},$$

где P – масса блока без учёта тары и комплектующих деталей; $P_{к.м}$ – масса конструкционного материала.

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Согласно заданию для заданного варианта в прил. А к данной лабораторной работе рассмотреть и проанализировать принципиальную электрическую схему устройства ЭС [4, 5].

2. В соответствии с вариантом задания изучить сборочный чертёж блока, сборочный состав: детали, сборочные единицы, способы их соединения и крепления.

3. В соответствии с существующей классификацией блоков ЭС установить вид блока: электронный, радиотехнический, электромеханический или коммутационный, соединительный, коммутационный или распределительный.

4. Составить перечень элементов к принципиальной электрической схеме, образец выполнения которого приведён в прил. Б.

5. Создать чертёж печатной платы в соответствии с принципиальной электрической схемой устройства.

6. Разработать сборочный чертёж печатного узла для принципиальной электрической схемы заданного варианта, образец выполнения которого представлен в прил. Г.

7. Разработать спецификацию на печатный узел, пример которой представлен в прил. Д.

8. Разработать сборочный чертёж блока электронного устройства в соответствии с вариантом задания прил. В.

9. Разработать спецификацию на блок электронного средства, образец которой приведён в прил. Е.

10. Из литературного источника [3, 4] базовые показатели технологичности и их весовые коэффициенты для соответствующего вида блока (электронный, радиотехнический, электромеханический и механический, соединительный, коммутационный или распределительный) и типа производства, где предполагается их изготовление, в соответствии с индивидуальным заданием на выполнение лабораторной работы внести, соответственно, в табл. 1.1 – 1.4.

После расчёта базовых показателей с использованием программы Technology.exe полученные значения внести в соответствии с типом блока в табл. 1.1 – 1.4.

В таблицах 1.1 – 1.4 представлены базовые показатели и их весовые коэффициенты для соединительного, коммутационного или распределительного блоков.

1.1. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности электронного блока

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок	$K_{ИСМС}$		1
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий	$K_{АиМ}$		1
Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{МП}$		0,75
Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров	$K_{МКН}$		0,5
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{пов}$		0,31
Коэффициент применяемости ЭРЭ	$K_{ПЭРЭ}$		0,187
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$		0,11

1.2. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности радиотехнического блока

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{МП}$		1
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий	$K_{АиМ}$		1
Коэффициент сложности сборки	$K_{сл.сб}$		0,75
Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров	$K_{МКН}$		0,5
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$		0,31
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{пов}$		0,187
Коэффициент точности обработки	$K_{т.об}$		0,11

1.3. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности электромеханического и механического блоков

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент точности обработки деталей	$K_{т.об}$		1
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$		1
Коэффициент сложности обработки	$K_{сл.об}$		0,75
Коэффициент повторяемости деталей	$K_{пов.д}$		0,5
Коэффициент сборности изделия	$K_{сб}$		0,31
Коэффициент сложности сборки блока	$K_{сл.сб}$		0,187
Коэффициент использования материалов	$K_{ис.м}$		0,11

1.4. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности соединительного, коммутационного и распределительного блоков

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент повторяемости материалов	$K_{пов.м}$		1
Коэффициент сложности сборки блока	$K_{сл.сб}$		1
Коэффициент точности обработки деталей	$K_{т.об}$		0,8
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$		0,5
Коэффициент использования материалов	$K_{ис.м}$		0,3

1.5. Исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности

Наименование показателя	Обозначение	Значение
Количество монтажных соединений, которые осуществляются автоматизированным или механизированным способом	$H_{АиМ}$	
Общее количество монтажных соединений	$H_{м}$	
Общее число ЭРЭ	$H_{ЭРЭ}$	
Число ЭРЭ, подготовка которых осуществляется механизированным способом	$H_{МП}$	
Количество операций контроля и настройки, которые можно осуществлять механизированным способом	$H_{МКН}$	
Общее количество операций контроля и настройки	$H_{КН}$	
Общее число типоразмеров ЭРЭ в изделии	$H_{ТЭРЭ}$	
Число деталей, полученных прогрессивными методами формообразования	$D_{пр}$	
Общее число деталей в блоке	D	
Число интегральных микросхем	$H_{ИМС}$	
Число типоразмеров оригинальных ЭРЭ	$H_{ТОРЭРЭ}$	

11. Исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности занести в табл. 1.5.

В таблицу 1.5 студент вносит значения величин для расчёта базовых и комплексного показателей на основе анализа принципиальной электрической схемы в соответствии вариантом своего задания, составленного перечня элементов, спецификации на сборочный чертёж печатного узла и блока (электронного, радиотехнического, электромеханического и механического, соединительного, коммутационного или распределительного).

Степень применения средств автоматизации и механизации при производстве блоков электронных средств определяется студентом в результате изучения процессов технологической подготовки производства соответствующего блока на предприятии-изготовителе, наличия на предприятии технологического оборудования и оснастки.

12. Базовые и комплексный показатели технологичности рассчитываются с использованием программы Tehnology.exe на персональном компьютере (ПК).

Для применения программы Tehnology.exe следует:

1. Рассмотреть принцип построения программы и инструкцию по её применению.

2. Из таблицы 1.6 использовать приведённые варианты заданий для расчёта базовых и комплексного показателей для различных видов блоков электронных средств. В соответствии с заданным вариантом студент на персональном компьютере выполняет расчёт показателей. На основе полученного значения комплексного показателя технологичности студент делает вывод о степени технологичности конструкции исследуемого блока электронного средства.

Коэффициенты K , приведённые в табл. 1.6, обозначают соответствующие виды блоков ЭС:

$K = 1$ – блок электронный;

$K = 2$ – блок радиотехнический;

$K = 3$ – блок электромеханический или механический;

$K = 4$ – блок соединительный, коммутационный или распределительный.

В таблице 1.6 приведены пояснения параметров, которые используются для расчёта базовых показателей технологичности:

$E_{\text{сл}}$ – число узлов, входящих в состав блока, которые требуют регулировки, как сложного оборудования;

E – число узлов в блоке;

$D_{\text{рд}}$ – число деталей в блоке, которые имеют размеры с допусками не меньше 10-го квалитета и более;

$D_{\text{сс}}$ – число деталей, которые обрабатываются со снятием слоя металлической стружки;

$D_{\text{т}}$ – число типоразмеров деталей;

E_T – число типоразмеров узлов;

M – масса блока за вычетом веса комплектующих деталей;

M_M – масса материалов, которые использованы на производство блока;

N_{CM} – число сортментов материалов, применяемых в блоке;

$D_{ТОРД}$ – число типоразмеров оригинальных деталей в блоке.

1.6. Примеры вариантов заданий для расчёта базовых и комплексного показателей на персональном компьютере

Базовые показатели технологичности и данные для их расчёта	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Значение показателей и данных для видов блоков							
	$K = 1$	$K = 2$	$K = 3$	$K = 4$				
$N_{ИМС}$	1449	50	0	0	0	0	0	0
$N_{АиМ}$	1200	40	36	24	0	0	0	0
$N_{ЭРЭ}$	1861	100	12	15	0	0	0	0
N_M	1700	60	50	40	0	0	0	0
$N_{МП}$	1051	10	8	5	0	0	0	0
$N_{МКН}$	26	2	2	1	0	0	0	0
$N_{КН}$	62	6	5	3	0	0	0	0
$N_{ТЭРЭ}$	60	10	10	12	0	0	0	0
$N_{ТОРЭРЭ}$	10	5	0	0	0	0	0	0
$D_{пр}$	25	8	12	15	3	18	6	8
D	40	30	18	21	60	20	50	18
$E_{сл}$	0	0	5	8	21	3	4	5
D_T	0	0	0	0	30	12	0	0
$D_{РД}$	0	0	8	11	2	2	7	9
$D_{СС}$	0	0	0	0	6	3	0	0
E	0	0	0	0	12	6	0	0
E_T	0	0	12	18	9	5	8	7
M	0	0	0	0	20	23	15	12
M_M	0	0	0	0	28	31	18	15
N_{CM}	0	0	0	0	0	0	3	1
$D_{ТОРД}$	0	0	0	0	0	0	6	3

Инструкция по работе с программой Tehnology.exe

Запуск программы Tehnology.exe сопровождается появлением на экране компьютера основного окна программы (рис. 1.1).

В открывшемся окне отображены четыре вида блоков электронных средств. В соответствии с вариантом задания, приведенным в табл. 1.6, или с индивидуальным заданием студента для оценки технологичности блока, рассматриваемого при разработке технологического процесса сборки блока, следует кликнуть по активному полю с указанием соответствующего вида блока. При этом на экране монитора откроется окно для введения исходных данных при расчёте базовых и комплексного показателей технологичности блока электронного средства, приведённое на рис. 1.2. Численные величины частных показателей и данных для заполнения окна, указанного на рис. 1.2, приведены в табл. 1.5. Если оценивается уровень технологичности блока по индивидуальному заданию преподавателя в рамках курсового проектирования по дисциплине «Технология электронных средств», то предварительно заполняются исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности конструкции определённого вида блока в табл. 1.5, а затем эти данные вносят в окно программы, приведённое на рис. 1.2. В качестве примера на рис. 1.2 представлено окно программы, открывающееся, если кликнуть по полю блок «Электронный». При нажатии на поля «Радиотехнический», «Электромеханический и механический» и «Соединительный, коммутационный, распределительный» в открывшихся окнах указаны перечни показателей и данных, которые необходимо внести для расчёта базовых и комплексного показателей технологичности для указанных видов блоков электронных средств.

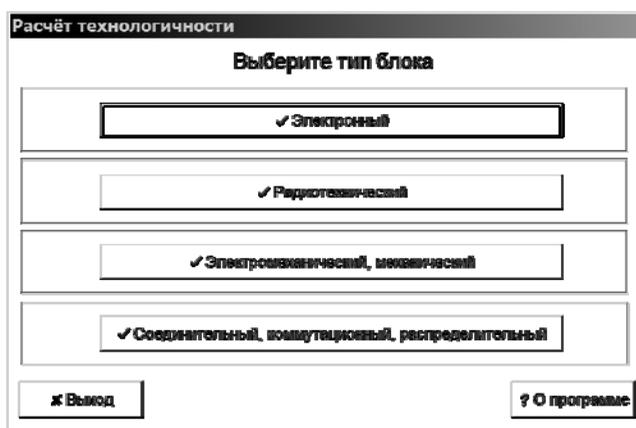


Рис. 1.1. Основное окно программы

Расчёт технологичности электронного блока

Введите данные

Количество микросхем и микросборок	$N_{\text{микс}} =$ <input type="text" value="1449"/>
Количество монтажных соединений, которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом шт.	$N_{\text{монтаж}} =$ <input type="text" value="1200"/>
Общее количество ЭРЭ шт.	$N_{\text{ЭРЭ}} =$ <input type="text" value="1861"/>
Общее количество монтажных соединений шт.	$N_{\text{м}} =$ <input type="text" value="1700"/>
Количество ЭРЭ, подготовка которых к монтажу осуществляется механизированным способом шт.	$N_{\text{ЭРЭм}} =$ <input type="text" value="1051"/>
Количество операций контроля и настройки, которые осуществляются механизированным способом шт.	$N_{\text{опер}} =$ <input type="text" value="26"/>
Общее количество операций контроля и настройки шт.	$N_{\text{оп}} =$ <input type="text" value="62"/>
Общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии шт.	$N_{\text{типораз}} =$ <input type="text" value="60"/>
Количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии шт.	$N_{\text{оригинал}} =$ <input type="text" value="10"/>
Количество деталей полученных прогрессивными методами формообразования шт.	$D_{\text{пр}} =$ <input type="text" value="25"/>
Общее количество деталей в изделии шт.	$D =$ <input type="text" value="40"/>

Рис. 1.2. Окно для внесения исходных данных для расчёта базовых и комплексного показателей электронного блока

На рисунке 1.2 для расчёта комплексного показателя технологичности в открывшемся окне для электронного блока указаны базовые показатели технологичности и исходные данные для их расчёта и комплексного показателя технологичности, а также их обозначение в соответствии с указанными аналогичными показателями, приведёнными в табл. 1.1 – 1.4. Справа в окне на рис. 1.2 в одной строке для каждого показателя или исходных для расчёта предназначено активное поле, в которое студент вносит значение этого показателя или величины из перечня исходных данных из табл. 1.5 или 1.6.

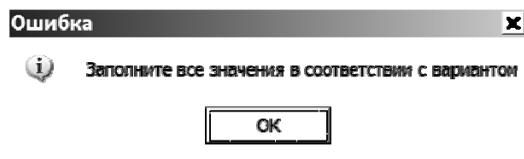


Рис. 1.3. Окно с указанием ошибки при вводе исходных данных для расчёта комплексного показателя технологичности

В нижней части окна на рис. 1.2 расположены активные кнопки «Расчитать» и «Очистить». Базовые и комплексный показатели технологичности при выбранном определённом виде блока электронного средства рассчитываются, если нажать на кнопку «Расчитать». При наличии во введённых данных в активные поля на рис. 1.2 некорректных данных или незаполненных полей, то откроется окно «Ошибка», в котором указывается, что необходимо заполнить все значения активных полей в соответствии с заданным вариантом рассматриваемого блока электронного средства, а также информация о неверно заданном значении показателя. На рисунке 1.3 приведён пример открывающегося окна программы Tehnology.exe при наличии ошибки при вводе исходных данных при расчёте комплексного показателя технологичности оцениваемого блока электронного средства.

Если все исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности конструкции блока электронного средства введены верно, то в программе Tehnology.exe откроется окно с рассчитанными значениями базовых и комплексного показателей технологичности, представленное на рис. 1.4.

В открывшемся окне студенту надо обратить внимание на цвет поля, где приведено значение комплексного показателя оцениваемого блока ЭС. Если поле зелёного цвета, то значение комплексного показателя технологичности соответствует нормативному диапазону для рассматриваемого блока и типа производства. В противном случае цвет поля будет красным. При этом студенту необходимо пересмотреть и проанализировать исходные данные для расчёта базовых и комплексного показателей. Следует обратить внимание на количество технологических операций выполнения монтажных соединений и при необходимости скорректировать, подготовки к монтажу электрорадиоэлементов и интегральных микросхем, которые осуществляются автоматизированным или механизированным способом, а также операций контроля различных видов блоков с применением средств автоматизации.



Рис. 1.4. Окно с приведёнными результатами расчёта базовых и комплексного показателей технологичности конструкции электронного блока

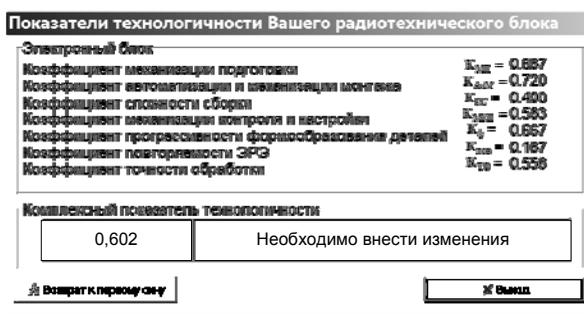


Рис. 1.5. Окно с примером результата расчёта комплексного показателя технологичности, значение которого не соответствует нормативному диапазону

При нажатии кнопки «Выход» будет завершена работа всей программы. Или же можно вернуться к первому окну с выбором типа блока при нажатии на кнопку «Возврат к первому окну». Комплексный показатель размещён на зелёном поле, если он удовлетворяет табл. 1.4, иначе он будет приведён на красном поле (рис. 1.5).

13. После завершения расчёта базовых и комплексного показателей технологичности необходимо сохранить скриншот диалогового окна программы Tehnology.exe, приведённого на рис. 1.4, с результатами расчётов и включить его в отчёт по выполненной лабораторной работе.

Если необходимо выполнить оценку технологичности электронного средства, которое состоит из нескольких видов блоков (электронного, радиотехнического, электромеханического или механического, соединительного, коммутационного или распределительного), то при расчёте комплексного показателя технологичности электронного средства необходимо следовать следующим правилам:

а) подготовить исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности для всех видов блоков, входящих в состав оцениваемого электронного средства, в соответствии с табл. 1.5 и затем ввести их поочерёдно в диалоговое окно программы Tehnology.exe, пример которого приведён на рис. 1.2;

б) для расчёта комплексного показателя технологичности рассматриваемого электронного средства следует найти среднее значение полученных значений комплексных показателей для каждого блока, входящего в электронное средство.

14. В соответствии с полученным значением комплексного показателя необходимо сделать вывод о технологичности конструкции оцениваемого блока электронного средства. Если рассчитанный комплексный показатель технологичности соответствует нормативному диапазону для рассматриваемых видов блока и типа производства, то конструкция блока технологична.

В противном случае производство блока считается нецелесообразным и необходимо повысить уровень технологичности электронного средства.

Нормативные диапазоны комплексного показателя технологичности конструкций существующих блоков электронных средств и соответствующих типов производств, которые позволяют сделать вывод об уровне технологичности изготавливаемого блока, приведены в табл. 1.7.

1.7. Нормативные диапазоны комплексных показателей технологичности конструкций блоков

Виды блоков	Нормативные диапазоны комплексного показателя технологичности для приведённых типов производств		
	Опытный образец (партия)	Установочная серия	Установившееся серийное производство
Электронные	0,30...0,60	0,40...0,70	0,50...0,75
Электромеханические	0,20...0,50	0,40...0,60	0,45...0,65
Механические	0,10...0,30	0,25...0,35	0,30...0,40
Радиотехнические	0,20...0,50	0,25...0,35	0,30...0,60
Соединительные, коммутационные, распределительные	0,20...0,60	0,25...0,65	0,30...0,70

Содержание отчёта

1. Принципиальная электрическая схема устройства, входящего в состав блока электронного средства (прил. А).
2. Перечень элементов к электрической схеме устройства (прил. Б).
3. Чертёж печатной платы в соответствии с электрической схемой устройства.
4. Сборочный чертёж функционального узла на печатной плате блока ЭС (прил. Г).
5. Спецификация блока электронного средства (прил. Е).
6. Сборочный чертёж блока электронного средства (прил. В).
7. Таблица величин базовых показателей технологичности и весовых коэффициентов для оцениваемого блока электронного средства (табл. 1.1 – 1.4).
8. Таблица исходных данных для расчёта базовых и комплексного показателей технологичности конструкции блока ЭС (табл. 1.5).

9. Скриншот таблицы с рассчитанными базовыми и комплексным показателями технологичности с использованием программы Tehnology.exe на персональном компьютере.

10. Вывод о технологичности конструкции блока электронного средства на основе анализа соответствия полученного комплексного показателя технологичности конструкции блока ЭС нормативному диапазону для рассматриваемого блока и соответствующего типа производства, представленным в табл. 1.7.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях конструкция блока электронного средства считается технологичной?

2. По какой методике проводится оценка технологичности конструкции блоков электронных средств?

3. Назовите перечень базовых показателей технологичности для каждого вида блоков электронных средств.

4. В чём заключается расчёт комплексного показателя технологичности?

5. Что означает величина весового коэффициента базовых показателей технологичности блоков ЭС?

6. Назовите виды блоков электронных средств в соответствии с их классификацией.

7. Что позволяют установить нормативные диапазоны комплексного показателя технологичности видов блоков электронных средств?

8. Приведите сравнительную характеристику существующих типов производств.

9. Каков порядок работы с программой оценки технологичности конструкции блоков ЭС?

10. Как оценивается уровень технологичности конструкции блоков электронных средств?

Лабораторная работа 2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ БЛОКА ЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

Цель работы: выполнить анализ сборочного состава блока и разработать технологический процесс сборки блока электронного средства.

Краткие теоретические сведения

Согласно рекомендациям Р 50-54-93–88 осуществляется разработка технологических процессов сборки и монтажа блока электронного средства на предприятиях.

Основные этапы сборки и монтажа блока ЭС определяются в соответствии с видом изготавливаемого блока и типом производства.

Разработка технологического процесса сборки и монтажа блоков электронных средств является одним из основных этапов технологической подготовки производства изделия ЭС и включает следующие направления [3]:

1. Анализируются исходные данные на разработку блока ЭС, выполняется подробное изучение технического задания на разработку изделия, конструкторской документации, осуществляется расчёт и анализ технологичности конструкции блока ЭС, определяются объём выпуска изделия и тип производства.

2. Выбор типового технологического процесса (ТП) – выбирается код изделия по классификатору, изделие относится к определённой классификационной группе. Для данной классификационной группы проводится выбор типового технологического процесса сборки и монтажа блока, а также при сборке применяется использующийся на предприятии технологический процесс.

3. Для разработки технологической схемы сборки блока осуществляется выбор состава деталей и сборочных единиц изделия, комплектующих: печатных плат, интегральных микросхем, электрорадиоэлементов. Определяется способ сборки и монтажа блока ЭС: с базовой деталью или веерного типа. При способе с базовой деталью выбирается базовая деталь или сборочная единица. В соответствии с этим осуществляется разработка схемы технологического процесса сборки блока.

4. При разработке маршрутного технологического процесса устанавливается последовательность выполнения технологических операций, проводится выбор технологического оборудования и оснастки. Разрабатывается техническое задание при необходимости заказа нового оборудования.

5. Разрабатываются технологические операции: выбирается структура операции и определяется её точность; создаются последовательности переходов при выполнении технологических операций, схемы базирования деталей при монтаже и сборке блока электронного средства; выполняется расчёт и анализ применяемых режимов и определяется уровень загрузки оборудования.

6. Проводится технико-экономическое обоснование разрабатываемых технологических процессов сборки блока и технологических операций, по результатам которого определяются оптимальные варианты по выбранным критериям: технологической себестоимости и трудоёмкости, а также устанавливается разряд работ в соответствии с классификатором профессий и разрядов.

7. Для обеспечения техники безопасности технологического процесса сборки и монтажа блока электронного средства необходимо определить

требования по вибрации, радиации, шуму, способы защиты от влияния опасных веществ, применять наиболее эффективные методы сохранения экологической среды.

8. Разработка последовательности технологических операций, маршрутного и операционного технологических процессов, изложенных, соответственно, в маршрутных и операционных картах, технологической документации в полном объёме согласно требованиям.

9. Если при реализации технологического процесса необходимо применение специальной оснастки, то разрабатывается техническое задание с указанием точности приспособлений, числа заготовок и метода их закрепления, схем базирования заготовок и погрешностей базирования.

Существуют два способа реализации технологических процессов сборки блока электронного средства: схемы с базовой деталью и веерного типа [5, 6].

При разработке технологических процессов сборки первоначально составляется схема сборочного состава блока ЭС, при этом указываются сборочные единицы, детали и уровень их сложности.

В технологической схеме с базовой деталью определяется базовая деталь, на которую в процессе сборки устанавливаются все детали, сборочные единицы и остальные комплектующие блока. Для модулей первого уровня базовой деталью служит печатная плата (ПП). В модулях второго уровня в качестве базовой детали применяются каркас, рамка, основание и др. Преимуществом схемы с базовой деталью является указание наименования технологических операций при сборке и монтаже блока ЭС, а также последовательности осуществления технологического процесса сборки изделия.

Схема технологического процесса сборки веерного типа показывает этапы сборки, состав конструкции блока ЭС, наименование и число деталей и сборочных единиц, но не отражает название технологических операций при сборке и монтаже блока и последовательность их выполнения.

На рисунке 2.1 представлена структурная схема технологического процесса сборки блока электронного средства с базовой деталью, а на рис. 2.2 – структурная схема технологического процесса сборки блока ЭС веерного типа.

На рисунках 2.1 и 2.2 в схемах технологических процессов сборки блоков электронных средств приняты следующие обозначения: S – название сборочной единицы, m – номер позиции в ведомости спецификации, n – число сборочных единиц и деталей, D – обозначение детали в соответствии с ГОСТом и её наименование.

В приложении В представлен сборочный чертёж блока электронного средства – усилителя мощности. В приложении Д приведён пример спецификации комплектующих элементов сборочного чертежа блока регулирования температуры.

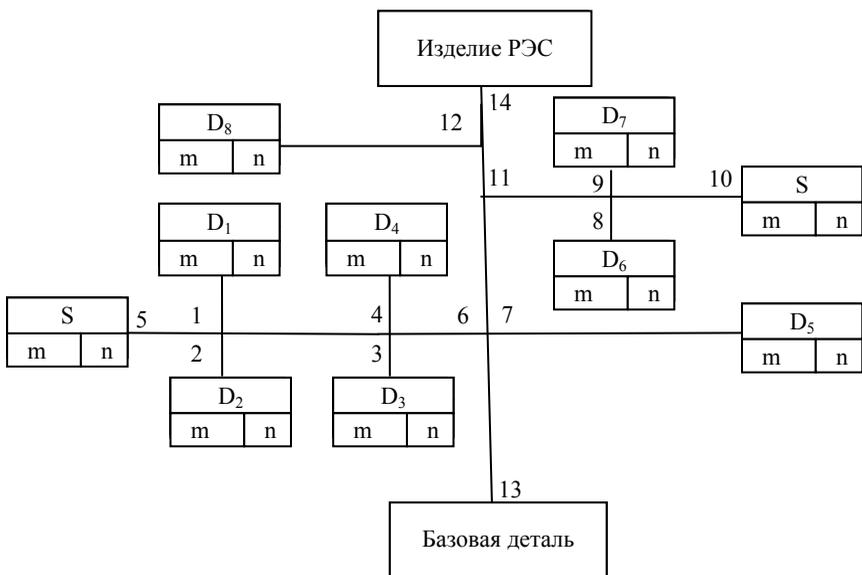


Рис. 2.1. Структурная схема технологического процесса сборки блока ЭС с базовой деталью

В качестве примера в прил. Ж изображена схема технологического процесса сборки блока усилителя. Проводится регулировка и настройка блока с последующим покрытием лаком в соответствии с техническими требованиями к блоку электронного средства. На заключительном этапе выполняется покраска и маркирование блока.

Последовательность выполнения типового технологического процесса сборки функционального узла электронного средства на печатной плате (печатный узел) приведена на структурной схеме (рис. 2.3) [3, 6].

Для автоматизации процессов сборки при комплектации компоненты (интегральные микросхемы и электрорадиоэлементы) помещаются в специализированные кассеты.

По электрическим параметрам и механической прочности, по геометрическим размерам, внешнему виду, форме проводится входной контроль интегральных микросхем и электрорадиоэлементов.

Процедура подготовки печатных плат к монтажу включает следующие технологические операции: промывка печатных плат, контроль печатного монтажа и паяемости, маркировка платы.

Подготовка электрорадиоэлементов к монтажу заключается в обрезке и рихтовке их выводов, формировании требуемого профиля выводов и лужении. При реализации указанных технологических операций применяются соответствующие средства автоматизации и механизации.

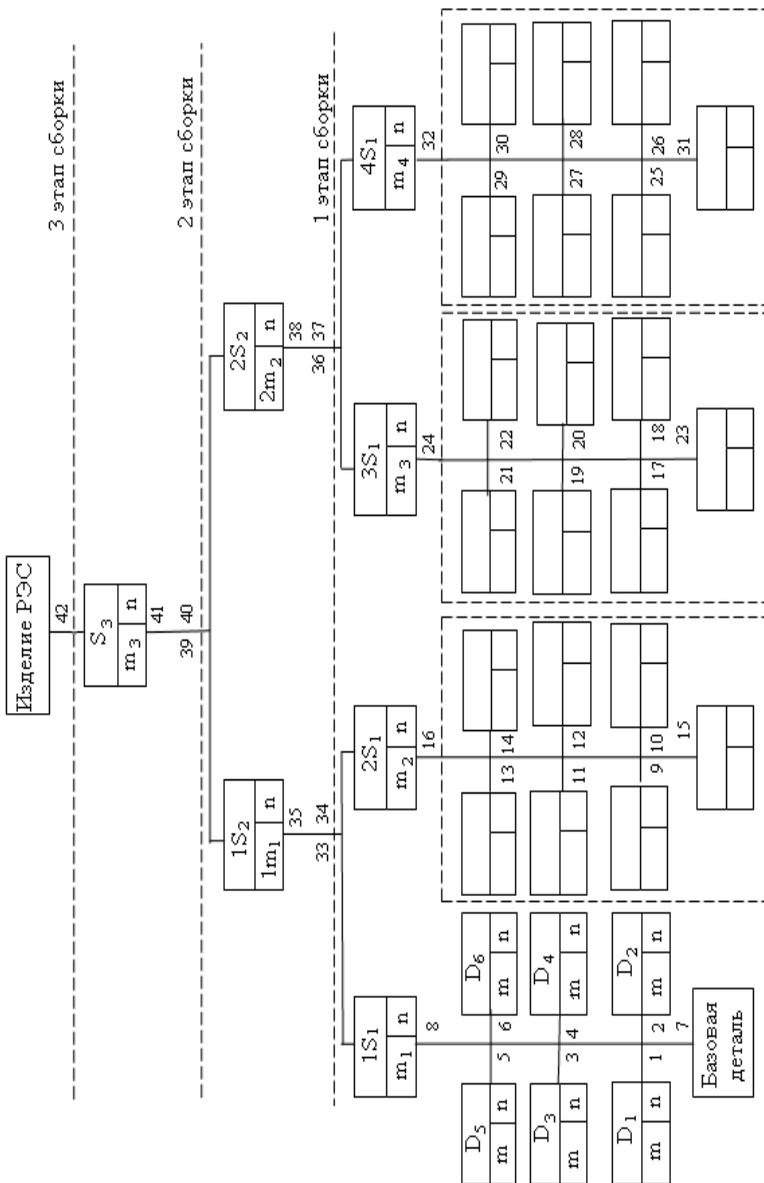


Рис. 2.2. Структурная схема технологического процесса сборки блока ЭС ввертного типа

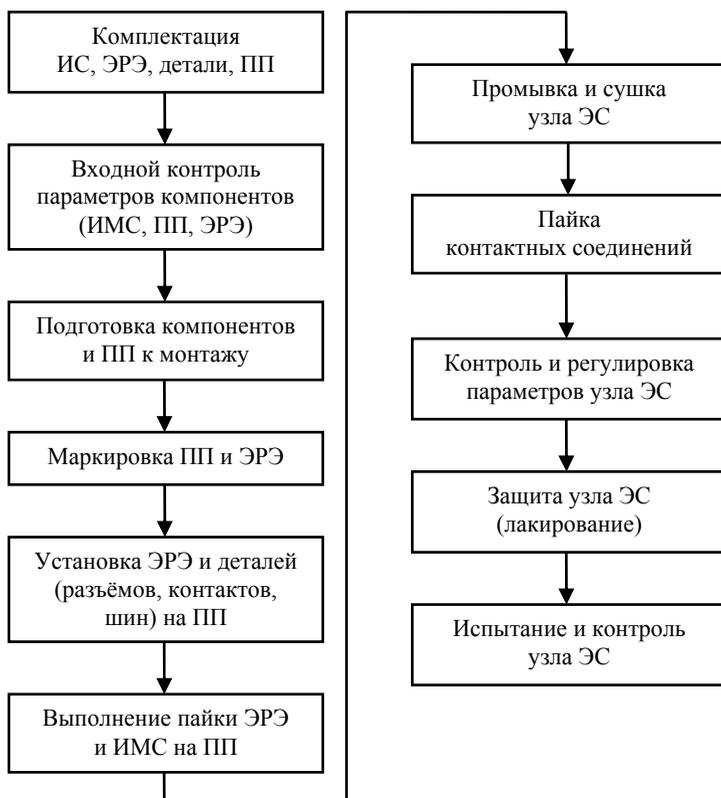


Рис. 2.3. Структурная схема последовательности выполнения типового технологического процесса сборки узла ЭС

Установка интегральных микросхем и электрорадиоэлементов и выполнение их контактных соединений на печатных платах проводятся методом расплавленного припоя при действии импульсного или постоянного нагрева области контакта. Для выполнения контактных соединений применяются автоматы и полуавтоматы непрерывной пайки, механизированная пайка волной припоя.

Применение специализированного оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) применяется для автоматизированной установки интегральных микросхем, электрорадиоэлементов и деталей. В этом случае необходимо обеспечить автоматизированную подачу электронных элементов при их установке на печатную плату в технологических кассетах соответствующего типоразмера и номинала, с ориентацией по ключу интегральных микросхем с помощью транспортёра.

Для удаления продуктов пайки и флюса на механизированных конвейерных линиях применяются технологические операции промывки и сушки функциональных узлов электронных средств.

На этапе выпуска изделий применяются измерительные электронные приборы, специальная аппаратура, испытательные стенды и системы автоматического контроля для испытания и контроля узлов электронных средств.

При разработке схемы технологического процесса сборки блока или функционального узла предусмотрено обозначение следующих технологических операций: механическое соединение – склеивание, расклёпка, свинчивание и др., монтаж электрический – сварка, накрутка, пайка и др.; герметизация и контроль – лакирование, сушка, промывка и др.

В прямоугольниках на схеме технологического процесса сборки изделия обозначаются электрорадиоэлементы, интегральные микросхемы, детали, технологические операции. Указывается их наименование, согласно спецификации приводится номер соответствующей позиции, число электрорадиоэлементов и деталей, название выполняемой технологической операции.

На рисунке 2.4 представлена схема технологического процесса сборки с базовой деталью функционального узла на печатной плате. Схема технологического процесса отражает последовательность выполнения технологического процесса установки деталей, электрорадиоэлементов и интегральных микросхем на базовую деталь, которой является печатная плата.

Маршрутный технологический процесс сборки блока электронного средства разрабатывается в соответствии со схемой технологического процесса сборки блока веерного типа или с базовой деталью. Описание маршрутного технологического процесса и последовательность его выполнения приводятся в маршрутных картах (МК), которые разрабатываются согласно ГОСТ 3.1118–82 [7, 8].

Маршрутная карта является основным технологическим документом для маршрутного изложения технологического процесса при детальном описании технологических операций и технологической последовательности их выполнения. Форма маршрутной карты выбирается в зависимости от типа технологического процесса, значимости формы МК в разрабатываемом комплекте технологических документов, а также от используемых способов и систем автоматизированного проектирования документов.

Маршрутная карта формы 5А приведена в прил. 3.

В обозначении технологических операций в маршрутной карте указывается её код (А, Б, О, Т, М), номер (№), наименование, состав и подробное описание последовательности выполнения операций.

Маршрутная карта содержит адресную информацию с указанием номера участка (участок), цеха (цех), операции (Опер), рабочего места (РМ).

В маршрутной карте в форме с горизонтальным расположением обозначены следующие служебные символы:

А – номер рабочего места, участка, цеха, в которых проводится технологическая операция, её название, код и номер, наименование документации, используемой при выполнении операции;

Б – название и код оборудования, полученная информация по затратам на операцию;

О – описание технологической операции (перехода) и др., которые изложены в ГОСТ 3.1118–82;

Т – сведения об используемой технологической оснастке для реализации операции;

М – данные об употребляемом материале.

В маршрутной карте формы 5А представлены также обозначения кодов документов, оборудования и операций:

СМ – степень механизации;

Проф. – профиль и указанные размеры;

Р – разряд выполняемой работы;

КТС – код технологической операции по технологическому классификатору;

КР – число исполнителей работы;

КОИД – количество одновременно изготавливаемых или обрабатываемых деталей при выполнении технологической операции;

ТПЗ – норма времени подготовительно-заключительного;

ЕН – единица нормирования (нормы расхода используемых материалов или времени выполнения технологической операции);

ОПЛ – обозначение подразделения, которое составляет комплектующие детали и компоненты (склад, кладовая);

ЕВ – код единицы величины;

КИ – число деталей и сборочных единиц изделия, применяемых при его разборке или сборке;

$N_{\text{рас}}$ – норма расхода материала при изготовлении комплектующих изделия электронного средства [7].

Методические указания и порядок выполнения работы

1. Выполнить анализ сборочный чертежа функционального узла на печатной плате, подготовленного к выполнению лабораторной работы 1.

2. Разработать схему технологического процесса сборки функционального узла на печатной плате.

3. Маршрутный технологический процесс сборки функционального узла описать в маршрутных картах, составленных по форме 5А, образец которых приведён в прил. 3.

4. Провести анализ сборочного состава блока: деталей и сборочных единиц, методы их соединения и крепления в соответствии со сборочным чертежом блока.

5. Разработать схему технологического процесса сборки блока электронного средства.

6. Маршрутный технологический процесс сборки блока ЭС привести в маршрутных картах, составленных по форме 5А, образец которых приведён в прил. 3.

7. Согласно разработанному технологическому процессу сборки функционального узла на печатной плате осуществить технологические операции:

а) выполнить комплектацию интегральных микросхем и электро-радиоэлементов согласно варианту электрической схемы;

б) провести входной контроль для проверки качества интегральных микросхем и электрорадиоэлементов;

в) осуществить подготовку интегральных микросхем и электро-радиоэлементов к монтажу в соответствии со способом их установки на печатную плату, установку проводить по ОСТ 45.010.030–93;

г) провести маркировку печатной платы и компонентов;

д) пайка интегральных микросхем и электрорадиоэлементов выполняется по следующей методике: на место установки компонентов наносится флюс, рабочей частью стержня паяльника берётся припой, затем стержень паяльника прикладывается к месту соединения компонентов на 3...5 с до момента обеспечения качественной пайки;

е) изготовленный печатный узел электронного устройства промывается и сушится на специальном оборудовании.

Содержание отчёта

1. Схема технологического процесса сборки функционального узла устройства, входящего в состав изготавливаемого блока электронного средства.

2. Схема технологического процесса сборки блока ЭС с базовой деталью или веерного типа.

3. Маршрутный технологический процесс сборки функционального узла электронного устройства на печатной плате, изложенный в маршрутных картах по форме 5А.

4. Маршрутный технологический процесс сборки блока электронного средства, приведённый в маршрутных картах по форме 5А.

К отчёту по данной лабораторной работе студент должен изготовить и представить макет собранного функционального печатного узла.

Контрольные вопросы

1. Назовите перечень этапов технологического процесса сборки и монтажа блока электронного средства.
2. Что необходимо выполнить при комплектации компонентов для сборки блока электронного средства?
3. Как необходимо осуществить подготовку печатных плат к монтажу интегральных микросхем и электрорадиоэлементов?
4. Поясните правила выполнения контактных соединений интегральных микросхем и электрорадиоэлементов на печатной плате.
5. Какие существуют правила контроля и испытания блока электронного средства?
6. В чём заключается технологический контроль сборки функционального печатного узла?
7. Назовите типы технологических процессов сборки блока электронного средства.
8. Чем отличается технологический процесс сборки блока с базовой деталью от техпроцесса сборки веерного типа?
9. Назовите вид технологической документации для описания технологического процесса сборки блока электронного средства.
10. Чем отличаются маршрутные карты для описания технологических процессов?

Лабораторная работа 3

НАСТРОЙКА, РЕГУЛИРОВКА И КОНТРОЛЬ БЛОКА ЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

Цель работы: разработать методику настройки, регулировки и контроля блока электронного средства, технологическую инструкцию и выполнить настройку и контроль изготовленного макета блока ЭС.

Краткие теоретические сведения

Для анализа качества электронного средства при изготовлении его на промышленном предприятии необходимо получить сведения о технических характеристиках изготавливаемого блока ЭС в результате контроля его выходных параметров.

Соответствие параметров и технических характеристик производимого блока ЭС техническому заданию на его изготовление и техническим условиям (ТУ) эксплуатации осуществляется на основе технологических операций регулировки и настройки блока электронного средства.

В соответствии с единой системой технологической документации (ЕСТД) необходимо разработать технологическую инструкцию для

осуществления технологических операций настройки, регулировки и контроля блока ЭС.

Содержание технологической инструкции включает следующее:

- 1) методику настройки, регулировки и контроля блока электронного средства;
- 2) состав и инструкцию по эксплуатации измерительной и регулировочной аппаратуры, испытательных стендов;
- 3) описание и оборудование рабочего места;
- 4) состав и перечень оснастки и инструментов;
- 5) выполнение контроля исправности и качества блока электронного средства;
- 6) правила безопасности жизнедеятельности и охраны труда на рабочем месте и предприятии.

Для технологических процессов, материалов, заготовок, деталей, сборочных единиц, комплектов и комплексов осуществляется технологический контроль на производстве.

Технологический контроль бывает следующих видов [3, 7]:

1. Качество выпускаемых изделий на предприятии оценивается при *входном контроле*, при котором проверяется соответствие требованиям, приведённым в техническом задании на изготовление, технических условиях, ГОСТах. Входной контроль осуществляется специальным отделом предприятия – Заказчика).

2. Процедуры определения соответствия или несоответствия технических характеристик и параметров изготавливаемого блока электронного средства заданным требованиям и нормативам при осуществлении технологического процесса изготовления и каждой технологической операции реализуются в течение *операционного контроля*. Операционный контроль проводится исполнителем технологической операции и в отделе технического контроля (ОТК).

3. Качество изготовленного блока электронного средства и проверка его параметров и технических характеристик соответствию ГОСТам, нормативам, техническому заданию и требованиям Заказчика устанавливается в результате *приёмочного контроля*, который проводится контролёром, мастером отдела технического контроля и представителем Заказчика.

При технологическом контроле на предприятии Отдел технического контроля предприятия осуществляет технологический контроль, который заключается в выборочной проверке и сплошном контроле выпускаемого изделия электронного средства и включает выборочный, летучий и непрерывный контроль в зависимости от вида изготавливаемого изделия и типа производства.

Регулировка и настройка электронных средств применяются двух видов: эксплуатационная и заводская.

Процесс регулировки электронных средств проводится двумя методами:

- 1) применение для регулировки блоков ЭС измерительных приборов и устройств;
- 2) использование метода электрического копирования в результате сравнения электрических сигналов в контрольных точках выпускаемого изделия с сигналами образцового изделия ЭС.

Регулировка и настройка электронных средств состоят из следующих этапов:

1. Контроль соответствия выполненного монтажа в изготовленном блоке ЭС созданным применяемым монтажным картам.
2. Для проверки дефектов монтажных соединений выпускаемый блок помещается на вибростенд и подвергается тряске в течение заданного времени.
3. По электрокалибровочным картам осуществляется контроль режимов работы интегральных микросхем и полупроводниковых приборов.
4. Выполняется регулировка и настройка изготовленного блока электронного средства.

Методические указания и порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы по настройке, регулировке и контролю блока электронного средства необходимо разработать технологическую инструкцию и выполнить настройку и контроль в соответствии с созданной методикой изготовленного макета функционального узла или блока электронного средства.

В лабораторной работе продолжают исследования электронных средств и проводятся эксперименты, а также используются материалы и данные уже выполненных лабораторных работ 1 и 2.

В рамках индивидуального задания или согласно заданному варианту из прил. А настоящего учебного пособия для выбранной принципиальной электрической схемы электронного устройства студенты изготавливают печатную плату или приобретают готовую макетницу для размещения на ней электрорадиоэлементов, интегральных микросхем и комплектующих деталей. В соответствии со спецификациями на функциональный печатный узел и блок электронного средства, представленными в лабораторной работе 1, студенты разработали технологические процессы сборки функционального узла на печатной плате и блока ЭС, изложенные в лабораторной работе 2, подготовили интегральные микросхемы и электрорадиоэлементы к монтажу и выполнили установку элементов на печатной плате методом контактной пайки. После этого студенты должны выполнить настройку, проверку и контроль изготовленного макета функционального узла электронного устройства на печатной плате или блока электронного средства.

Студенты должны составить технологическую инструкцию, в которой отразить технологические операции по настройке, проверке и функциональному контролю печатного узла или блока ЭС.

Технологическая инструкция включает необходимые следующие сведения, данные и технологические операции:

а) описание рабочего места, применяемого оборудования и измерительной аппаратуры: мультиметр GDM-8135, блок стабилизированного питания, генератор типа GFG-8216A, осциллограф типа GOS-620, принципиальная электрическая схема устройства;

б) инструкция по охране труда и безопасности жизнедеятельности:

– перед выполнением лабораторной работы следует внимательно изучить описание и инструкцию по эксплуатации измерительной аппаратуры;

– при использовании измерительного прибора недопустимо снятие его корпуса для избежания касания токопроводящих проводов и контактов;

– при подключении измерительного прибора к электрической сети следует выполнить заземление металлического корпуса прибора;

– запрещается касаться высоковольтных конденсаторов 10 мин после того, как прибор отключён от электрической сети;

– все измерительные приборы, применяемые для выполнения лабораторной работы, отключаются от электрической сети после завершения выполнения лабораторной работы;

– выполнение лабораторной работы с использованием измерительной аппаратуры проводится только при наличии на полу перед рабочим местом изолирующего материала (резинового коврика);

в) описание операции технологического процесса контроля при изготовлении изделия электронного средства типового исполнения, одного наименования, типоразмера:

– определяется комплектность интегральных микросхем и электро-радиоэлементов;

– устанавливаются вид и маркировка материала печатной платы;

– выполняется контроль функциональных параметров и геометрических размеров для сборочных единиц;

– проводится контроль соответствия необходимым требованиям нормативно-технической документации и соответствующим ГОСТам количественных и качественных характеристик выпускаемого изделия электронного средства;

г) методика технологических операций настройки, регулировки и контроля изготавливаемого блока ЭС:

– выполнить регулировку блока ЭС с использованием метода применения измерительных приборов;

– определить некачественно выполненные пайку и контактные соединения;

– до начала контроля составить таблицы и карты электрических связей согласно принципиальной электрической схеме, в том числе учитывая подключение к схеме источника питания, для проверки качества выполненных монтажных соединений;

– по справочным данным и предварительно составленным электрокалибровочным картам провести проверку режимов работы интегральных микросхем и полупроводниковых приборов;

– для выявления соответствия технических характеристик и параметров блока электронного средства техническому заданию на его изготовление осуществить настройку и регулировку блока и затем проверить работу блока ЭС согласно алгоритму его функционирования;

– в соответствии с техническим заданием и условиями эксплуатации выполняется настройка и регулировка блока электронного средства с использованием электрической схемы; так как технологический процесс настройки и регулировки блока ЭС единичный, то для формирования оптимальных параметров и характеристик изготавливаемого электронного устройства возможно осуществлять замену полупроводниковых приборов, интегральных микросхем, установленных элементов: резисторов, конденсаторов и др.

В соответствии с заданным вариантом или индивидуальным заданием выполнить настройку, регулировку и контроль блока электронного средства с использованием подготовленной технологической инструкции:

а) на источнике стабилизированного питания выставить необходимое для данного блока ЭС напряжение и соединить источник питания с соответствующими выводами для подключения напряжения питания к проверяемому блоку;

б) к обозначенным клеммам входа и выхода проверяемого блока электронного средства подключить измерительные приборы: цифровой генератор, осциллограф, цифровой мультиметр для контроля параметров и технических характеристик блока;

в) при подключении измерительных приборов на лицевой панели необходимо установить: вид измеряемой величины (ток, напряжение, сопротивление), постоянный или переменный сигнал, соответствующий предел измерений контролируемой величины;

г) на лицевой панели измерительных приборов и источников питания включить клавишу подключения электрической сети;

д) для электрических схем из прил. А с использованием измерительных приборов – генератора, осциллографа и мультиметра, записать параметры и технические характеристики входного и выходного сигналов (амплитуду, период следования сигнала и частоту);

е) с помощью осциллографа для электрических схем из прил. А изобразить осциллограммы входного и выходного сигналов блока исследуемого блока измерительного средства;

к) согласно техническому заданию для разработки и изготовления блоков электронных средств установить соответствие заданию выходных параметров и технических характеристик блоков, с которыми проводились технологические операции настройки, регулировки и контроля;

л) при несоответствии техническому заданию на разработку и изготовление блока электронного средства параметров и технических характеристик блока в результате его настройки, регулировки и контроля следует повторно провести контроль, регулировку и настройку блока ЭС в соответствии с разработанной технологической инструкцией, пунктами в – к;

м) в заключении студенту необходимо сформулировать вывод о том, что параметры и технические характеристики изготовленного блока электронного средства в результате его настройки, регулировки и контроля соответствуют техническому заданию, ГОСТам, нормативно-технической документации на производство данного блока ЭС.

Содержание отчёта

1. Цель лабораторной работы.
2. Принципиальная электрическая схема устройства, входящего в состав блока электронного средства.
3. Подробное описание электрической схемы и принципа действия устройства.
4. Технологическая инструкция и методика настройки, регулировки и контроля блока ЭС.
5. Сведения о технических характеристиках и параметрах входного сигнала проверяемого блока ЭС.
6. Информация о параметрах и технических характеристиках выходного сигнала блока электронного средства.
7. Выводы о соответствии параметров и технических характеристик изготовленного блока электронного средства требованиям технического задания на разработку и изготовление блока ЭС, нормативно-технической документации и соответствующим ГОСТам, а также о работоспособности блока ЭС.
8. В приложении к отчёту по лабораторной работе представить перечень элементов к электрической схеме устройства.

Контрольные вопросы

1. Назовите операции, которые осуществляются при проверке изготовленного блока согласно разработанной методике настройки, регулировки и контроля блока электронного средства.
2. Какие применяются методы для выполнения регулировки и настройки блока ЭС?

3. Назовите виды регулировок блоков ЭС.
4. Какие операции включает технологический процесс регулировки блока электронного средства?
5. С какой целью применяются технологические карты в процессе настройки блока ЭС?
6. Какую информацию содержит технологическая инструкция?
7. При выполнении лабораторной работы каким требованиям охраны труда и инструкции по технике безопасности необходимо следовать?
8. Назовите методику выполнения технологического контроля изготовленных блоков ЭС.
9. При изготовлении блоков электронных средств осуществляют какие виды технологического контроля?
10. Назовите параметры и технические характеристики, которые настраиваются, регулируются и контролируются при производстве блоков электронных средств.

Лабораторная работа 4

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ИСПРАВНОСТИ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Цель работы: провести автоматизированный контроль исправности цифрового устройства, применяя метод тестового контроля. Освоить устройство автоматизированного тестового контроля и его принцип действия.

Краткие теоретические сведения

Для обеспечения качества при изготовлении электронных средств широко применяются средства автоматизированного контроля технических характеристик и параметров комплектующих компонентов, применяемых материалов, интегральных микросхем, электрорадиоэлементов, режимных параметров технологических операций, качества монтажных соединений, а также средства автоматизированного контроля исправности узлов и блоков электронного средства.

Средства исправности электронных средств классифицируются в зависимости от вида контролируемого объекта, условий эксплуатации, обеспечения параметров надежности, точности, оперативности выполнения контроля, назначения средств контроля – производственные или лабораторные, типа производства на автоматизированные, автоматические и средства контроля с помощью оператора [9].

Технические характеристики и параметры модулей, узлов и блоков электронных средств для контроля качества ЭС исследуются и определяются в результате формирования и подачи тестовых сигналов заданного вида на контролируемое устройство.

При отличии технических характеристик и параметров электронного средства от приведённых в соответствующих ГОСТах и нормативно-технической документации для проверяемого ЭС проводится контроль и диагностика неисправностей модулей и узлов, входящих в состав контролируемого блока. Для установления их исправности в контрольных точках определяются технические характеристики, параметры и на основании полученных данных формируется вывод об исправности контролируемого электронного средства.

Контроль работоспособности блоков ЭС, включающих большое число узлов и модулей, проводится оператором, занимает значительное время, поэтому этот процесс связан с повышенными финансовыми расходами.

В лабораторных условиях для контроля исправности электронного средства применяются устройства контроля с участием оператора. Автоматические системы контроля применяются в массовых и крупносерийных производствах, при этом увеличивается надёжность контроля и уменьшаются финансовые затраты на процедуры контроля технических характеристик и параметров исследуемых блоков электронных средств.

К устройствам контроля технических характеристик и параметров блоков ЭС в настоящее время возрастают требования, так как большое применение находят гибкие автоматизированные производства. Для решения этой проблемы возможно проведение интеллектуализации средств контроля. При этом решается задача распознавания образов (объектов контроля) для существующей измерительной и информационной ситуации, а также разрабатывается алгоритм функционирования автоматической системы контроля на основе применения системы допускового контроля (СДК). В СДК вносятся требуемые допустимые диапазоны технических характеристик и параметров для контролируемого блока электронного средства. При проведении контроля выполняется сравнение измеренных значений технических характеристик и параметров блоков ЭС с допустимыми их значениями, указанными в СДК.

Контроль значений технических характеристик и параметров в модулях, узлах и блоках электронных средств выполняется специализированными измерительными датчиками, данные с которых регистрируются в СДК, затем с помощью персонального компьютера обрабатываются в автоматической системе контроля. Информация о контроле исправности блока электронного средства сообщается пользователю на основе сопоставления полученных результатов измерений с их допустимыми значениями.

Рентгеновские и оптические методы используются при контроле качества установки и пайки интегральных микросхем и электрорадиоэлементов, проведении жгутовых соединений, печатных плат.

Визуальный контроль наличия дефектов при выполнении монтажа компонентов и узлов осуществляется с помощью оптических методов [10].

Видеоконтроль в известных оптических установках проводится в результате сравнения изображений образцовой и контролируемой печатных плат.

Автоматизированные системы технического зрения, основанные на сравнении цифровых изображений, сканируемых системой, и контролируемого объекта, которые хранятся в памяти системы, используются в серийном и массовом производствах.

С помощью установок рентгеновского излучения реализуется рентгеновский метод контроля дефектов печатных плат.

Применяются следующие основные устройства для контроля технических характеристик и параметров электронных средств: с помощью приборов тестового контроля (ПТК), диагностических устройств и измерительных приборов.

Новые устройства – специальные зондовые головки-адаптеры и «летающие зонды» применяются для контроля параметров электронных компонентов на печатной плате [10], которые состоят более чем из 5000 зондов и помещаются с двух сторон печатной платы. Зондовые головки-адаптеры используются в массовом и серийном производствах, так как характеризуются высокой производительностью контроля (более 10 000 точек/с) и позволяют параллельно проводить монтажные, сборочные и контрольные операции.

Приборы тестового контроля реализуют программные и аппаратные методы и широко применяются для контроля качества цифровых устройств.

Цифровые устройства на интегральных микросхемах практически не требуют процедур регулировки и настройки. Работоспособность цифрового устройства, включающего конструктивно печатные платы, устанавливается при поочерёдном помещении каждой печатной платы в прибор тестового контроля. В приборе тестового контроля программным способом осуществляется алгоритм поиска неисправной печатной платы программным способом, который заключается в сравнении тестовых сигналов в устройстве и выходных сигналов с контрольных точек проверяемой печатной платы. Плата неисправна в случае несовпадения тестовых сигналов с сигналами с печатной платы.

Для установления работоспособности цифрового устройства также необходимо определить неисправные цифровые элементы на печатной плате, при контроле которой обнаружена её непригодность для применения.

В приборе тестового контроля используется алгоритм нахождения вышедшего из строя цифрового элемента (микросхемы) на печатной плате, который заключается в следующем. С помощью светодиодов выполняется индикация выходных сигналов с интегральных микросхем. Высокий логический уровень выходного сигнала (логическая единица) отображает-

ся светодиодной индикацией, низкий логический уровень – отсутствием индикации. В итоге неисправный элемент определяется на основе сравнения уровней сигналов проверяемых интегральных микросхем, указанных в контрольных картах нормативно-технической документации контролируемого цифрового устройства, с уровнями выходных сигналов интегральных микросхем по светодиодной индикации этих уровней сигналов.

Методические указания и порядок выполнения работы

Для контроля и проверки исправности блока электронного средства (на примере тестируемого цифрового устройства (ТЦУ)) создан прибор тестового контроля на базе микропроцессора [1], представленный на рис. 4.1. Прибор тестового контроля состоит из устройства индикации 1, состоящего из светодиодов для контроля уровней сигналов (логических единиц и нулей), тестируемого цифрового устройства 2, включающего логические элементы, расположенные на печатной плате с разъёмом 3. Тестируемое цифровое устройство 2 через разъём 3 и шлейф 4 подключается к микропроцессорному блоку управления 5, который с помощью разъёма USB 6 подсоединяется к персональному компьютеру.

Персональный компьютер осуществляет управление микропроцессорным блоком и реализует алгоритм работы прибора тестового контроля.

Проверка исправности тестируемого цифрового устройства осуществляется в результате подачи микропроцессорным блоком управления соответствующих логических уровней сигналов на входы тестируемого цифрового устройства и последующего контроля уровней логических сигналов на его выходах.

Входы тестируемого цифрового устройства X1 – X12 и выходы Y1 – Y6 отображаются соответствующей светодиодной индикацией. На рисунке 4.2 представлено тестируемое цифровое устройство.

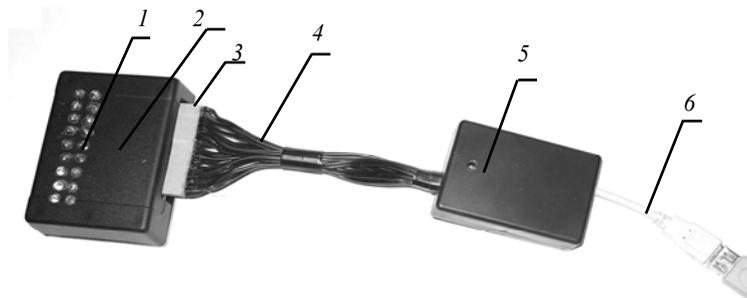


Рис. 4.1. Прибор тестового контроля

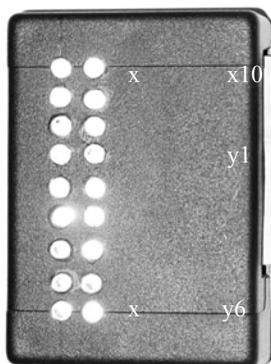


Рис. 4.2. Тестируемое цифровое устройство со светодиодной индикацией

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Изучить методику работы с прибором тестового контроля.
2. Подсоединить прибор тестового контроля к разъёму USB компьютера.

3. С помощью прибора тестового контроля определить неисправность тестируемого цифрового устройства.

4. Для этого запустить программу «Прибор тестового контроля» (РТК.exe).

Окно графического интерфейса программы управления прибором тестового контроля приведено на рис. 4.3.

5. Вариант выполнения задания по лабораторной работе, указанный в табл. 4.1, студент получает у преподавателя.

6. В соответствии с вариантом задания, указанным в табл. 4.1, с использованием кнопок, расположенных в тестируемом цифровом устройстве, как показано на рис. 4.3 в окне графического интерфейса программы, внести неисправность в тестируемое цифровое устройство. Для этого необходимо кликнуть по кнопкам 1–6 окна программы, соответствующим выходам цифрового устройства Y1–Y6. Замкнутый контакт кнопки соответствует уровню логической единицы, а разомкнутый – уровню логического нуля.

7. Согласно таблице истинности, приведённой в табл. 4.2, установить на входах тестируемого цифрового устройства X1–X12 логические уровни, указанные в четырёх строках таблицы (четыре комбинации входных сигналов задавать поочередно). Для этого необходимо кликнуть по кнопкам окна программы, приведённой на рис. 4.3. Красное поле соответствует уровню логической единицы, а синее – логическому нулю. Одновременно осуществляется светодиодная индикация в модуле цифрового тестируемого устройства его входных X1–X12 и выходных Y1–Y6 сигналов. Индикация светодиода означает наличие сигнала логической единицы, отсутствие индикации – наличие логического нуля.

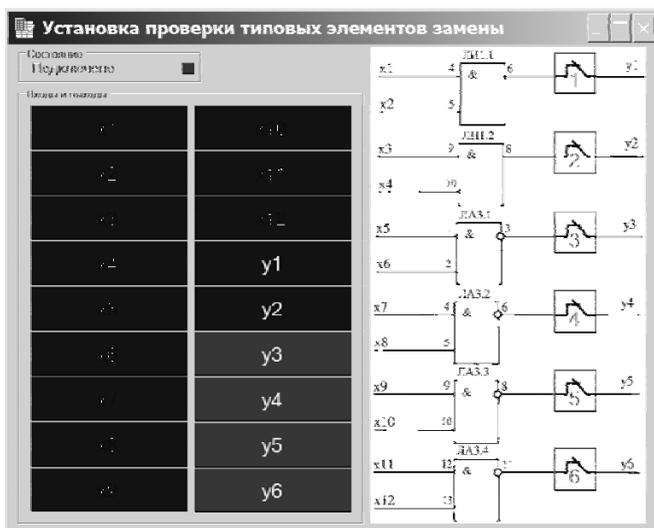


Рис. 4.3. Окно графического интерфейса программы управления прибором тестового контроля

4.1. Варианты заданий для выполнения лабораторной работы

Номер варианта	Номер кнопки						Номер варианта	Номер кнопки					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	1	16	1	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	0	17	1	0	1	0	1	1
3	1	1	1	1	0	1	18	1	0	1	0	1	0
4	1	1	1	0	0	0	19	0	0	1	1	0	1
5	1	1	0	0	1	1	20	0	0	1	1	0	0
6	1	0	0	0	1	0	21	0	1	0	1	1	1
7	0	0	0	1	0	1	22	0	1	0	0	1	0
8	0	0	0	1	0	0	23	0	1	0	0	0	1
9	0	0	1	1	1	1	24	0	1	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	0	25	1	1	1	1	1	1
11	0	1	1	0	0	1	26	1	0	1	1	1	0
12	0	1	1	0	0	0	27	1	0	1	1	0	1
13	1	1	0	1	1	1	28	1	0	1	0	0	0
14	1	1	0	1	1	0	29	1	0	0	0	1	1
15	1	1	0	1	0	1	30	1	0	0	0	1	0

4.2. Таблица истинности исправного тестируемого цифрового устройства

№	Номера входов												Номера выходов					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1
3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

4.3. Экспериментальные данные выходных сигналов тестируемого цифрового устройства

Выход ТЦУ Вход ТЦУ	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
1						
2						
3						
4						

8. Логические уровни на выходах тестируемого цифрового устройства в соответствии с нумерацией их выходных контактов согласно информации по индикации светодиодов и полям окна программы на рис. 4.3 для каждой комбинации входных сигналов из табл. 4.2 занести в табл. 4.3 полученных экспериментальных данных.

9. Сравнить полученные экспериментальные данные, занесённые в табл. 4.3, с данными таблицы истинности исправного тестируемого цифрового устройства, приведёнными в табл. 4.2, для каждого выхода Y1 – Y6. Если экспериментальные данные для какого-либо выхода тестируемого цифрового устройства Y1 – Y6 не совпадают с данными на определённых выходах исправного ТЦУ, то логический элемент, соответствующий выходу Y1 – Y6, является неисправным.

4.4. Соответствие выходов микросхем тестируемого цифрового устройства выходным контактам Y1 – Y6

Микросхема	Номер контакта
DD1.1	Y1
DD1.2	Y2
DD2.1	Y3
DD2.2	Y4
DD2.3	Y5
DD2.4	Y6

Содержание отчёта

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Таблица истинности исправного тестируемого цифрового устройства.
3. Таблица экспериментальных данных выходных сигналов тестируемого цифрового устройства.
4. Вывод о результатах сравнения полученных экспериментальных данных тестируемого цифрового устройства (табл. 4.4) с данными таблицы истинности исправного цифрового устройства и установления неисправных цифровых элементов.

Контрольные вопросы

1. Какие средства автоматизации применяются при контроле качества электронных средств?
2. Как осуществляется контроль исправности цифровых устройств?
3. Поясните принцип действия прибора тестового контроля.
4. В чём заключается оптический метод контроля дефектов при изготовлении электронного средства?
5. Как осуществляется контроль электрических параметров изготовленного электронного средства?
6. Какие устройства применяются при контроле параметров элементов на печатной плате?
7. На чём основан принцип действия автоматизированной системы технического зрения?
8. Поясните оптический метод контроля дефектов при изготовлении электронного средства.
9. Какие устройства применяются при контроле технических характеристик и параметров электронного средства?
10. Как осуществляется поиск неисправного цифрового элемента на печатной плате?

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: выполнить анализ погрешностей партии изделий и в соответствии с полученными результатами внести изменения в технологический процесс их изготовления.

Краткие теоретические сведения

Точность параметров электронных средств определяется степенью соответствия действительного (измеренного) параметра заданному номинальному. Отклонения от номинальных значений параметров, указанных в нормативно-технической документации, называются производственными погрешностями. Производственные погрешности зависят от ряда воздействующих дестабилизирующих факторов: неточности технологических операций при изготовлении ЭС, несоблюдения режимов работы оборудования, неточности инструментов и оснастки, комплектующих компонентов, влияния температуры, влажности и давления на процесс изготовления ЭС.

Для обеспечения допустимой производственной погрешности необходимо выполнить расчёт допусков на параметры полупроводниковых элементов, интегральных микросхем и электрорадиоэлементов, которые определяют заданные в нормативно-технической документации допуски на выходные параметры изделий ЭС [11]. Точность изготовления, а, следовательно, и надёжность ЭС повышаются при введении соответствующих электрических допусков на параметры элементов электрических и составляющих компонентов ЭС с учётом воздействия температуры окружающей среды, старения элементов, неточности технологических процессов, которые влияют на изменение выходных параметров и характеристик.

Выходные параметры имеют разброс из-за постоянных (систематических), закономерно изменяющихся и случайных погрешностей. Если погрешности партии деталей одинаковые, то они называются постоянными. При случайном характере появления погрешностей они называются случайными. Если значения погрешностей изменяются по определённому закону при изготовлении партии изделий, то они называются закономерно изменяющимися.

При производстве ЭС для оценки точности наиболее часто используются три метода: расчётно-аналитический, наблюдение в цехах и статистический [3].

Метод наблюдения в цехах реализуется на основе полученных данных о точности изделий при их обработке и сборке. При этом учитывается вид материала изделий, используемое оборудование и инструменты.

Статистический метод основан на положениях теории вероятности и математической статистики. Для оценки точности изготовления деталей ЭС используются следующие основные статистические методы: точечных и точностных диаграмм, кривых распределения.

Производственные погрешности исследуются в основном статистическими методами. При этом устанавливаются закономерности распределения этих погрешностей. Применение статистических характеристик (средних арифметических значений, средних квадратичных отклонений, кривых распределения отклонений) обусловлено тем, что производственные погрешности – это случайные величины, которые определяются на основе математической статистики и теории вероятности.

Предельное значение суммарной погрешности можно оценить с помощью метода кривых распределения. Используемый метод позволяет установить разброс погрешностей изготовления партии деталей и определить процент возможного брака. Для построения кривой распределения замеряется параметр A партии деталей в количестве N штук. Замеренный параметр A разбивается на равные интервалы и считается число параметров n в каждом интервале. Определяется частота повторений отклонений параметров в партии n/N . После этого строится гистограмма и полигон распределения параметра (рис. 5.1) [3]. Определяется характер кривой распределения исходя из критериев подобия Колмогорова.

Вид кривой распределения зависит от вида погрешностей. Например, случайная погрешность подчиняется закону нормального распределения Гаусса.

Кривая распределения погрешностей является наглядной диаграммой технологического процесса, которая позволяет судить о его стабильности и фиксировать различные изменения в нём. Пользуясь кривой распределения, можно определить количество возможного брака и соответствие между заданными допусками и возможностями применяемого оборудования или технологии.

Вероятность соблюдения заданного допуска может быть определена графически. Полная площадь S_1 кривой распределения, ограниченная от x_{\min} до x_{\max} , соответствует в некотором масштабе полному количеству изделий данной партии. А площадь S_2 кривой распределения, ограниченная полем допуска по ТУ, соответствует в том же масштабе числу изделий, имеющих размеры в пределах заданного допуска. Разделив значение площади S_2 на полную площадь S_1 , получим вероятность соблюдения заданного допуска. Для этого гистограмма и полигон распределения погрешности строятся в масштабе, а затем производится определение площадей S_1 и S_2 [12].

Определить эту вероятность можно аналитически. Для этого площадь S_2 определяем интегрированием уравнения кривой в соответствующих пределах.

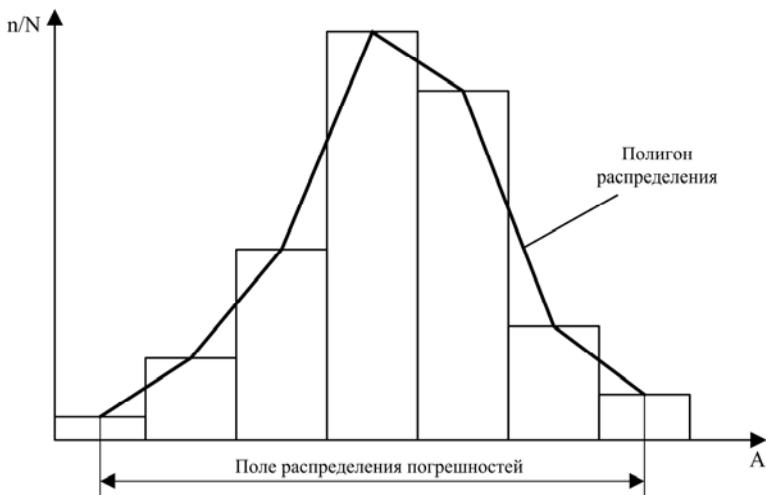


Рис. 5.1. Гистограмма и полигон распределения погрешностей

Выходной параметр изделия должен быть выполнен с определённой точностью, т.е. выходной параметр не должен иметь большего отклонения от номинального значения, чем допустимое $\pm\Delta$, где Δ – абсолютное допустимое значение отклонения параметра.

Вероятность того, что выходной параметр x будет лежать в допустимых пределах при законе нормального распределения, может быть определена по формуле

$$P(-\Delta < x < +\Delta) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\Delta}^{+\Delta} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx,$$

где σ_x и m_x – среднее квадратичное отклонение и математическое ожидание случайной величины соответственно.

Обозначим $z = \frac{x-m_x}{\sigma_x}$, тогда после преобразования получим

$$P(-\Delta < x < +\Delta) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{\Delta}{\sigma_x}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = 2\Phi(z),$$

здесь $\Phi(z)$ – функция Лапласа, определяющая площадь под одной половиной кривой нормального распределения, ограниченную с одной стороны средним значением размера (ось симметрии кривой), а с другой – допустимым значением отклонения. Значения функции Лапласа определяются по табл. 5.2 для различных отношений Δ/σ .

Методические указания и порядок выполнения работы

1. В соответствии с заданием для своего варианта из прил. Е к данной лабораторной работе определить параметр для измерения по эскизу детали приведённому на рис. Е1. Измерить параметр партии изделий.

2. По результатам измерений определить диапазон x_p рассеяния значений размеров изделий партии из N штук

$$x_p = x_{\max} - x_{\min},$$

где x_{\max} – наибольшее значение размера; x_{\min} – наименьшее значение размера.

3. Диапазон рассеяния размеров деталей разделить на m равных интервалов ($m = 5 \dots 10$). Рекомендуется границы первого интервала начинать со значения на 0,5 интервала меньше x_{\min} , а заканчивать последний интервал значением, превышающим x_{\max} также на 0,5 интервала.

4. Подсчитать число изделий n_i (частоту), входящих в каждый интервал.

5. Найти среднее арифметическое значение размеров деталей каждого интервала

$$x_{m\text{cp}} = \sum_{i=1}^n x_i / n_i.$$

6. Рассчитать среднее арифметическое значение размера параметра партии изделий, определяющее центр группирования его значений:

$$x_{\text{cp}} = \sum_{i=1}^n x_{m\text{cp}} n_i / N.$$

7. Найти отклонение Δx_{mi} значения размера $x_{m\text{cp}}$ интервала от среднего x_{cp} для всей партии изделий

$$\Delta x_{mi} = x_{m\text{cp}} - x_{\text{cp}}.$$

8. Результаты расчётов внести в табл. 5.1.

9. Рассчитать среднее квадратичное отклонение σ случайной величины

$$\sigma = \sum_{i=1}^m \Delta x_{mi}^2 n_i / N.$$

5.1. Результаты расчётов

Номер интервала	Границы интервалов x_{pni}	Число деталей в интервале (частота) n_i	Относительная частота (частность) n_i/N	Среднее значение размера детали в интервале $x_{m\text{ ср}}$	Отклонение Δx_{mi}
1	30,348 – 32,291	2	0,02	31,259	–5,428
2	32,291 – 34,233	6	0,06	33,349	–3,338
3	34,233 – 36,176	29	0,29	35,078	–1,609
4	36,176 – 38,119	45	0,45	37,284	0,597
5	38,119 – 40,061	14	0,14	39,066	2,379
6	40,061 – 42,004	3	0,03	40,336	3,649
7	42,004 – 43,946	1	0,01	43,096	6,409

10. Рассчитать допустимое значение отклонения Δ размера от номинального значения $x_{\text{ном}}$ по заданному допуску $\delta_{\text{ТУ}}$ (табл. И1, прил. И)

$$\Delta = x_{\text{ном}} \frac{\delta_{\text{ТУ}}}{100}.$$

11. Построить по данным табл. 5.1 гистограмму и полигон распределения погрешностей размеров параметров изделий $n_i = f(\Delta x_{mi})$. Для построения полигона необходимо из середины каждого интервала провести ординаты, высота которых пропорциональна частотам n_i или частностям n_i/N , и концы ординат соединить ломаной линией (рис. 5.2).

12. Вычислить относительный коэффициент асимметрии α , характеризующий собой отклонение среднего значения параметра от номинального, и коэффициент рассеяния K , определяющий, в какой степени закон распределения погрешностей отличен от закона нормального распределения:

$$\alpha = \frac{x_{\text{ср}} - x_{\text{ном}}}{0,5\delta}, \quad K = \frac{3\delta}{0,5\delta}.$$

При несущественных расхождениях между $x_{\text{ср}}$ и $x_{\text{ном}}$ принимают $\alpha = 0$. Для закона нормального распределения $\delta = 3\delta$ и $K = 1$, для закона равнобедренного треугольника $\delta = 4,9\delta$ и $K = 1,22$, для закона равной вероятности $\delta = 3,46\delta$ и $K = 1,73$.

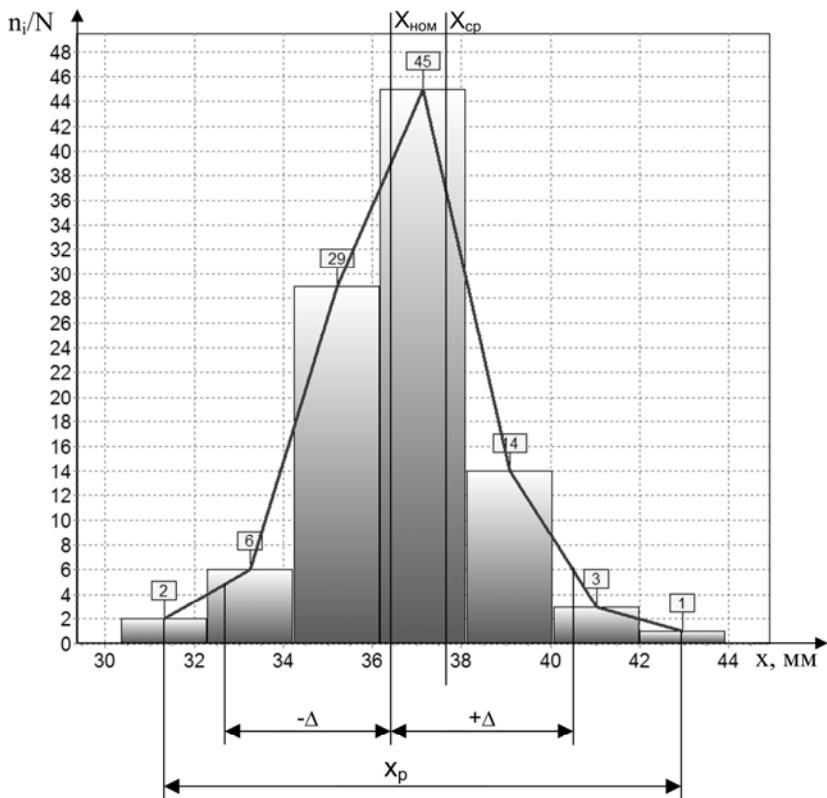


Рис. 5.2. Гистограмма и полигон распределения погрешностей

13. Определить аналитически вероятность P_A соблюдения заданного допуска Δ . Для этого рассчитать $z = 0,5\Delta/\sigma$ и определить значение функции $\Phi(z)$ по табл. 5.2. Вероятность соблюдения допуска равна $2\Phi(z) \cdot 100\%$.

14. Определить графически вероятность P_A соблюдения заданного допуска. Для этого замерить площадь S_2 под кривой фактического распределения (п. 11) в пределах допустимого отклонения $\pm\Delta/2$ и общую площадь S_1 под той же кривой. Рассчитать отношение S_2/S_1 , которое определит вероятность соблюдения заданного допуска.

15. Гистограмму и полигон распределения погрешностей построить с использованием персонального компьютера с помощью программы Stat.exe.

5.2. Значения функции Лапласа

z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$
0,00	0,0000	1,30	0,4032	2,60	0,4953
0,10	0,0398	1,40	0,4192	2,70	0,4965
0,20	0,0793	1,50	0,4332	2,80	0,4974
0,30	0,1179	1,60	0,4452	2,90	0,4981
0,40	0,1554	1,70	0,4554	3,00	0,49865
0,50	0,1915	1,80	0,4641	3,20	0,49931
0,60	0,2257	1,90	0,4713	3,40	0,49966
0,70	0,2580	2,00	0,4772	3,60	0,499841
0,80	0,2881	2,10	0,4821	3,80	0,499928
0,90	0,3159	2,20	0,4861	4,00	0,499968
1,00	0,3413	2,30	0,4893	4,40	0,4999946
1,10	0,3643	2,40	0,4918	4,80	0,4999992
1,20	0,3849	2,50	0,4938	5,00	0,4999997

Работа с программой.

При запуске программы Stat.exe на экране компьютера появляется главное окно программы (рис. 5.3).

Чтобы приступить к расчёту, необходимо нажать кнопку «Задать N», после этого появится окно, в которое необходимо ввести число N, например вводим 10 (рис. 5.4).

Затем следует закрыть это окно, а в главной таблице программы появятся два поля. В первом – показаны параметры для ввода, а во второе – необходимо ввести все исходные данные для расчёта (рис. 5.5).

Заполним таблицу и нажмём кнопку «Расчёт». При этом программа выполнит все пункты лабораторной работы. На рисунке 5.6 показаны построенные с помощью программы гистограмма и полигон распределения погрешностей. Результаты работы программы можно сохранить: таблицу в формате, пригодном для экспорта в Excel (рис. 5.7), а гистограмму и полигон можно распечатать или сохранить в виде картинки (рис. 5.8).

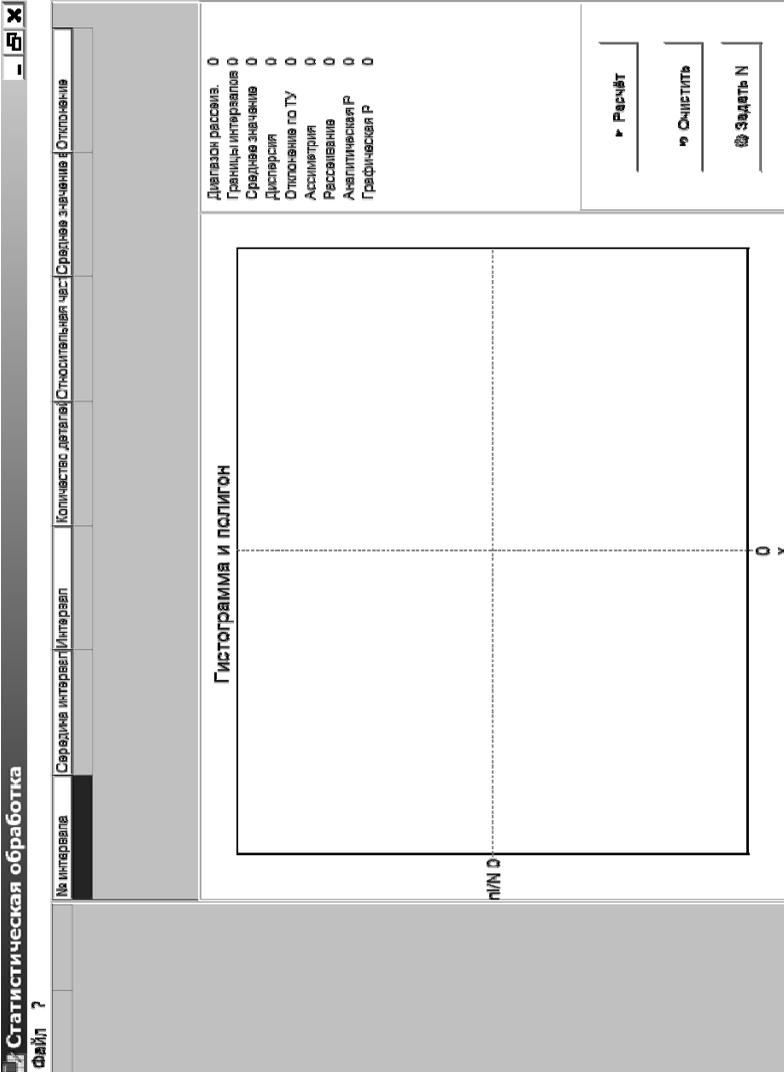


Рис. 5.3. Главное окно программы

№ интервала	Средние интервалы	Интервал	Количество данных	Относительная част.	Среднее значение	Отклонение
1	36,178	35,710-36,646	1	0,100	36,100	-1,830
2	37,114	36,646-37,582	2	0,200	37,050	-0,880
3	38,050	37,582-38,518	4	0,400	37,925	-0,005
4	38,986	38,518-39,454	2	0,200	38,700	0,770
5	39,922	39,454-40,390	1	0,100	40,000	2,070

x1	39,2
x2	37,1
x3	37,6
x4	38,7
x5	37,7
x6	38,7
x7	38,0
x8	36,1
x9	37,0
x10	40,0
N	10
m	5
х.ном	37
Допуск %	0,6

Диапазон рассвета. 3,900
 Границы интервалов 4,680
 Средняя величина 37,930
 Дисперсия 1,018
 Отклонение по ту 0,296
 Асимметрия 8,284
 Рассеивание 20,840
 Аварийность Р 11,568
 Гарантийная Р 6,606

- ▶ Расчет
- ☺ Сбросить
- 🔍 Задать N

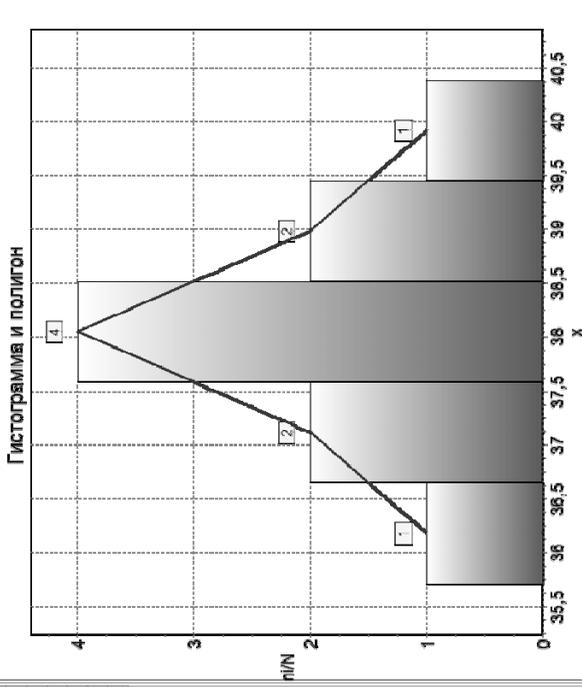


Рис. 5.6. Гистограмма и полигон распределения погрешностей

№ интервала	Середина интервала	Интервал	Количество деталей	Относительная частота	Среднее значение	Отклонение
1	36,178	35,710-36,646	1	0,100	36,100	-1,630
2	37,114	36,646-37,582	2	0,200	37,000	-0,980
3	38,050	37,582-38,518	4	0,400	38,000	0,000
4	38,986	38,518-39,454	2	0,200	38,700	0,770
5	39,922	39,454-40,390	1	0,100	40,000	2,070

сохранить для экспорта в EXCEL

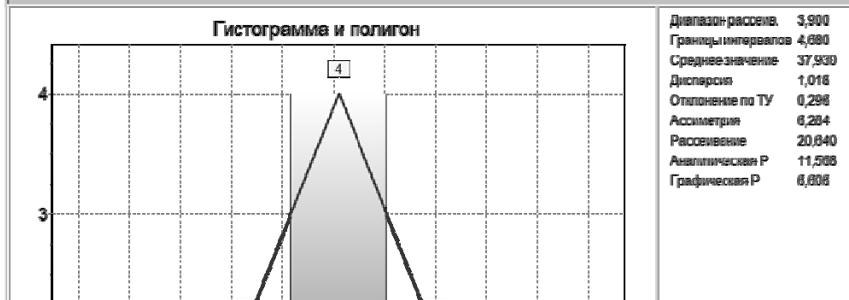


Рис. 5.7. Окно для сохранения таблицы при экспорте в Excel

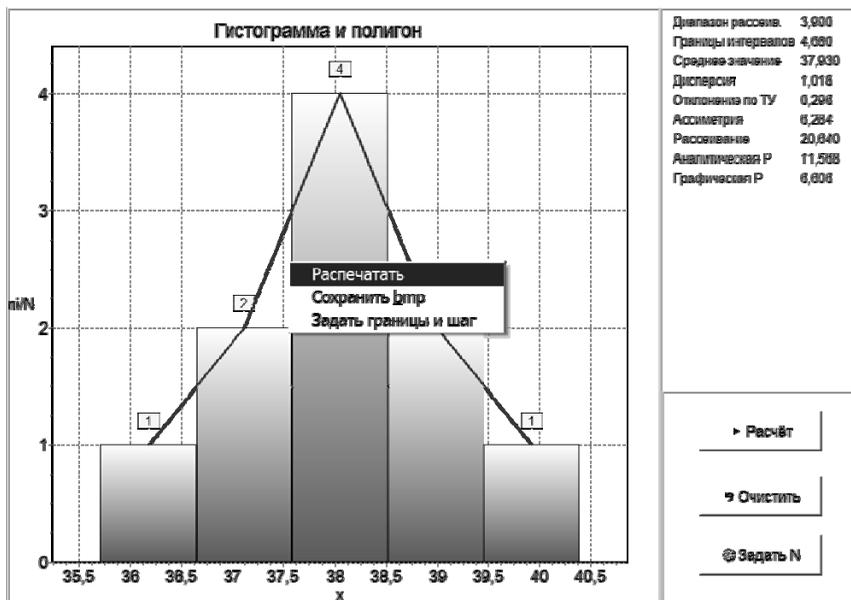


Рис. 5.8. Окно программы для сохранения (и реализации других функций) гистограммы и полигона

Содержание отчёта

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Эскиз детали партии изделий.
3. Результаты измерений параметров деталей партии изделий (в виде таблицы).
4. Результаты расчётов измерений (в виде таблицы).
5. Построенные по результатам измерений гистограмма и полигон распределения погрешностей.
6. Результаты определения вероятности соблюдения заданного допуска графическим и аналитическим методами.
7. Вывод о полученных результатах при измерении параметров партии изделий по соблюдению заданного допуска и технологическом процессе изготовления деталей, используемых в лабораторной работе.

Контрольные вопросы

1. Чем определяется точность параметров радиоэлектронных средств?
2. Что называется производственной погрешностью?
3. От каких дестабилизирующих факторов зависят производственные погрешности?
4. Как выполняется расчёт допусков на параметры компонентов РЭС?
5. Какие виды производственных погрешностей Вы знаете?
6. Какими методами исследуются производственные погрешности?
7. В чём заключается метод кривых распределения при оценке производственных погрешностей?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены основные теоретические и практические сведения по технологии изготовления изделий электронных средств и приведены рекомендации по выполнению лабораторного практикума.

Рассмотрена методика расчёта и анализа технологичности изделий электронных средств и программа реализации этой методики на персональном компьютере.

Приведены этапы технологического процесса сборки и монтажа блоков ЭС и разработки технологических операций.

Представлены примеры сборки блоков ЭС с базовой деталью и веерного типа, образец заполнения маршрутных карт технологического процесса сборки блока.

Даны рекомендации по проведению технологических процессов контроля блоков электронных средств с помощью прибора тестового контроля, разработке технологической инструкции по проверке и настройке блока ЭС.

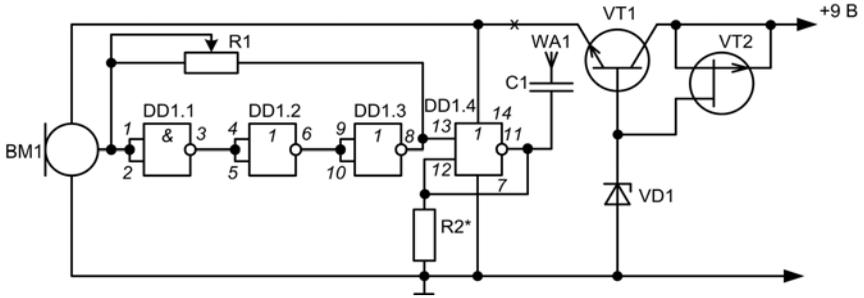
Предложена методика использования программного обеспечения для оценки точности изготовления партии изделий статистическим методом (программа Stat.exe), анализа технологичности конструкции изделий ЭС (программа Tehnology.exe).

Более подробно с технологией изготовления электронных средств студенты могут ознакомиться в рекомендуемой литературе [1 – 3, 6 – 12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Селиванова, З. М.** Технология радиоэлектронных средств : лабораторный практикум / З. М. Селиванова, А. В. Петров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.
2. **ГОСТ 14.201–83.** Обеспечение технологичности конструкции изделия. Общие требования.
3. **Конструкторско-технологическое** проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, А. В. Журавлёва и др. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 528 с.
4. **Шустов, М. А.** Практическая схемотехника. 450 полезных схем радиолюбителям / М. А. Шустов. – М. : Альтекс-А, 2001. – 352 с.
5. **Граф, Р. Ф.** Энциклопедия электронных схем / Р. Ф. Граф ; пер. с англ. – М. : ДМК, 2000. – Т. 7, Ч. 1. – 304 с.
6. **Павловский, В. В.** Проектирование технологических процессов изготовления РЭА : учебное пособие для вузов / В. В. Павловский. – М. : Радио и связь, 2000. – 160 с.
7. **Селиванова, З. М.** Технология радиоэлектронных средств : учебное пособие / З. М. Селиванова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 80 с.
8. **ГОСТ 3.1118–82.** Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.
9. **Технология** и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры : учебник для вузов / И. П. Бушминский, О. Ш. Даутов, А. П. Достанко и др. ; под ред. А. П. Достанко, Ш. М. Чабдарова. – М. : Радио и связь, 1989. – 624 с.
10. **Баканов, Г. Ф.** Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств : учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г. Ф. Баканов, С. С. Соколов, В. Ю. Суходольский ; под ред. И. Г. Мироненко. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.
11. **Белевцев, А. Т.** Технология производства радиоаппаратуры / А. Т. Белевцев. – М. : «Энергия», 1971. – 554 с.
12. **Методические указания** к лабораторным работам по курсу «Конструирование и технология производства приборов и аппаратов» / Е. И. Теняков / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2004. – 31 с.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ
ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ



**Рис. А1. Принципиальная электрическая схема
ультракоротковолнового передатчика:**
 $C1 - 100 \text{ мкФ}$; $R1 - 4,7 \text{ кОм}$; $R2^* - 820 \text{ Ом}$;
 $VT1 - \text{КТ}315\Gamma$; $VT2 - \text{КП}103\text{К}$; $VD1 - \text{КС}156\text{А}$;
 $DD1 - \text{К}155\text{Л}А3$

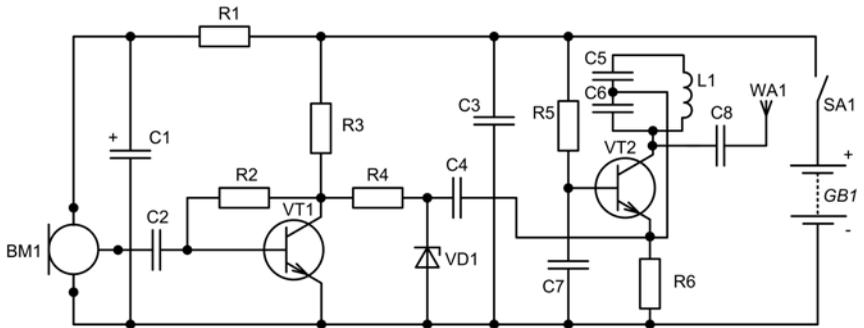


Рис. А2. Принципиальная электрическая схема радиомикрофона:
 $C1 - 50 \text{ мкФ} \times 16 \text{ В}$; $C2 - 0,22 \text{ мкФ}$; $C3 - 0,01 \text{ мкФ}$;
 $C4 - 6,2 \text{ мкФ}$; $C5 - 10 \text{ мкФ}$; $C6 - 6,2 \text{ мкФ}$; $C7 - 0,01 \text{ мкФ}$; $C8 - 6,2 \text{ мкФ}$;
 $R1 - 6,8 \text{ кОм}$; $R2 - 330 \text{ кОм}$; $R3 - 10 \text{ кОм}$;
 $R4 - 27 \text{ кОм}$; $R5 - 100 \text{ кОм}$; $R6 - 330 \text{ Ом}$;
 $VT1, VT2 - \text{КТ}315$;
 $GB1 - 9 \text{ В}$; $VD1 - \text{Д}814\text{Д}$

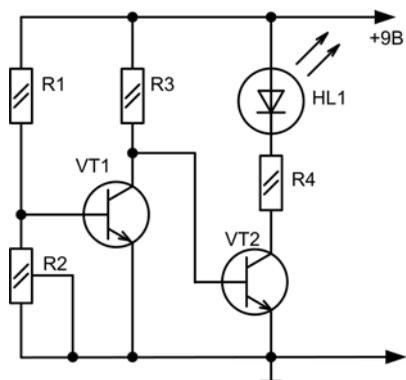


Рис. А3. Принципиальная электрическая схема светового индикатора:

R1 – 240 кОм; R2 – 22 кОм; R3 – 100 кОм, R4 – 1 кОм;

VT1, VT2 – КТ3102А (Б, В, Е);

HL1 – АЛ307АМ

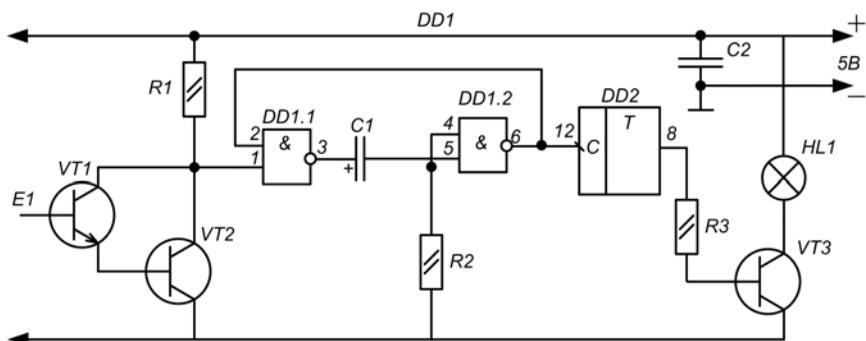


Рис. А4. Принципиальная электрическая схема сенсорного выключателя:

DD1 – L155ЛA3; DD2 – K155TB1;

VT1, VT2 – КТ315Б; VT3 – КТ814Б;

C1 – 470 мкФ × 6,3 В; C2 – 0,033 мкФ;

R1, R2 – 1 кОм; R3 – 510 Ом

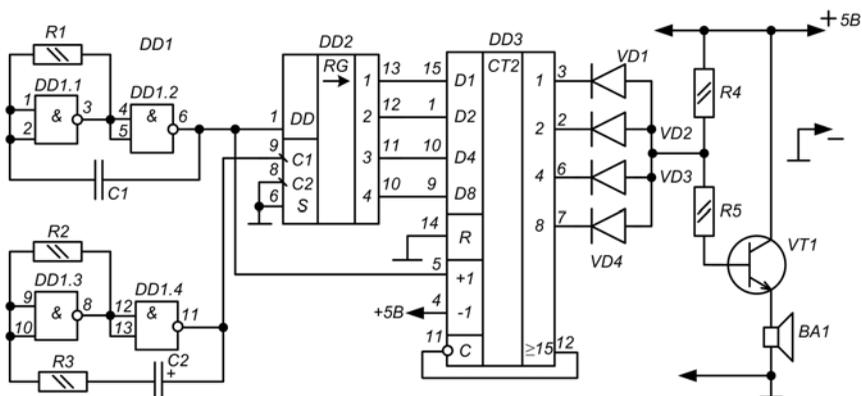


Рис. А5. Принципиальная электрическая схема электронного звонка:

DD1 – К155ЛА3; DD2 – К155ИР1; DD3 – К155ИЕ7;

VD1 – VD4 – L18;

C1 – 0,15 мкФ; C2 – 100 мкФ × 6,38 В;

R1, R2 – 560 Ом; R3 – 300 Ом; R4, R5 – 2,4 кОм;

VT1 – КТ815А

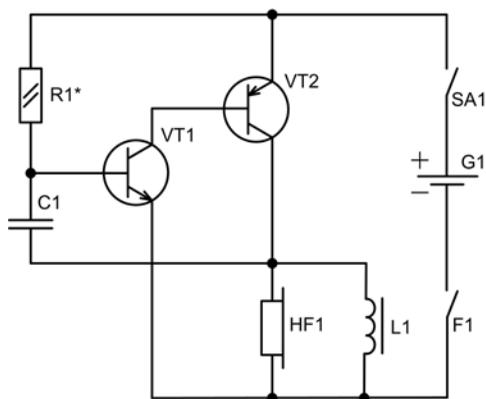


Рис. А6. Принципиальная электрическая схема звукового индикатора:

HF1 – ЗП-1; G1 – 1,2 В;

C1 – 1000 мкФ; R1* – 22 кОм;

VT1 – КТ315Г; VT2 – КТ361В

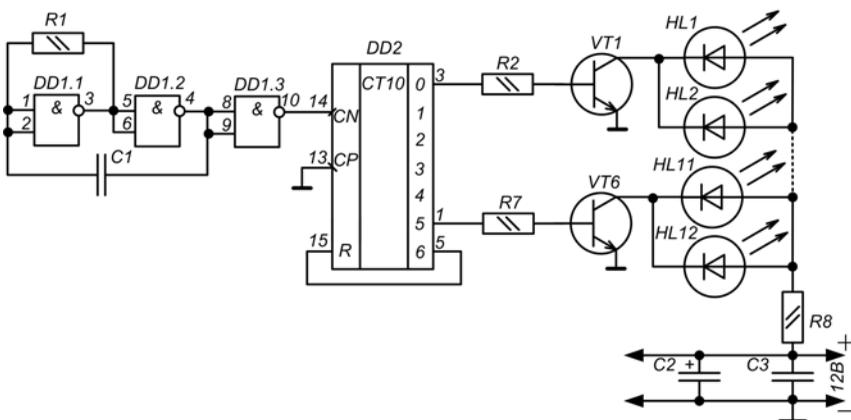


Рис. А7. Принципиальная электрическая схема дополнительного стоп-сигнала автомобиля:

DD1 – К561Ла7; DD2 – К561ИЕ8;
 C1 – 0,47 мкФ; C2 – 470 мкФ × 16 В; C3 – 0,1 мкФ;
 HL1 – HL12 – КИПД35В-К; VT1 – VT6 – КТ315Б;
 R1 – 100 кОм; R2 – R7 – 47 кОм

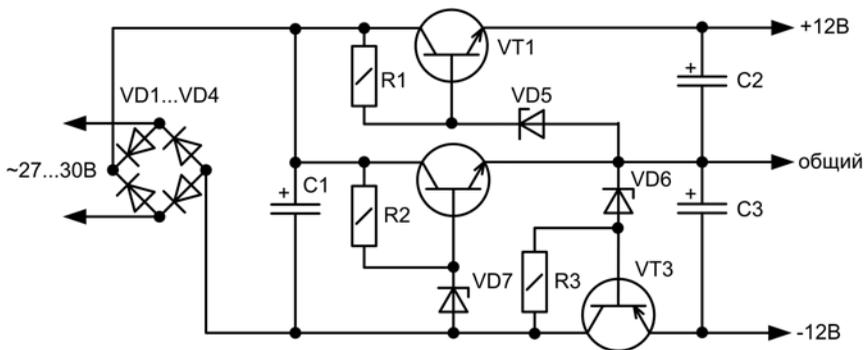


Рис. А8. Принципиальная электрическая схема двуполярного стабилизатора напряжения:

VD1 – VD4 – КД202; VD5 – VD7 – Д815Д;
 R1, R3 – 620 Ом; R2 – 820 Ом;
 C1 – 1000 мкФ × 40 В; C2, C3 – 4700 мкФ × 15 В;
 VT1, VT2 – КТ827; VT3 – КТ825

Приложение Б

СЕНСОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ. ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

		Обоз.	Наименование	Кол.	Примечание						
Лист 1	Лист 1		<u>Конденсаторы</u>								
		C1	K10-17a-H90 0,1 мкФ ОЖО.460.107ТУ	1							
		C2	K10-17a-H90 0,068 мкФ ОЖО.460.107ТУ	1							
		C3	K52-1Б 220мкФ×25В±20% ОЖО.464.039ТУ	1							
		C4	K73-16a 0,22мкФ×250В±20% ОЖО.461.108ТУ	1							
		C5	K10-17a-H90 470пФ ОЖО.460.107ТУ	1							
Лист 2	Лист 2	C6	K73-16a 0,22мкФ×250В±20% ОЖО.461.108ТУ	1							
			<u>Микросхема</u>								
		DA1	K145АП2БК0.347.560-01ТУ	1							
			<u>Лампа накаливания</u>								
Лист 3	Лист 3	EL1	B220-235-60M ТУ16.675.178-86	1							
			<u>Предохранитель</u>								
Лист 4	Лист 4	FU1	ВП1-1 ОЮО.480.003ТУ-Р	1							
			<u>Светодиод</u>								
Лист 5	Лист 5	HL1	АЛ102В аА.339.311ТУ	1							
			<u>Дроссель</u>								
Лист 6	Лист 6	L1	Д201-274 ОЮО.475.013ТУ	1							
				ТГТУ. 648133. 004 ПЭЭ							
Лист 7	Лист 7	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сенсорный регулятор мощности Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов	
		Разрад.									
		Проб.								1	2
		Г.Контр.							КРЭМС гр. БРС-41		
		Н.Контр.									
		Утв									

	Обоз.	Наименование	Кол.	Примечание
Лист 1		<u>Резисторы ШКАБ.434110.005ТУ</u>		
	R1,R2	C2-33M-0,5 5,1 МОм±20%	2	
	R3	C2-33M-0,125 1,2 МОм±20%	1	
	R4	C2-33M-0,125 10 КОм±20%	1	
	R5	C2-33M-0,125 470 КОм±20%	1	
	R6	C2-33M-0,125 1 КОм±20%	1	
	R7	C2-33M-0,5 100 Ом±20%	1	
	R8	C2-33M-1 1 КОм±20%	1	
	R9	C2-33M-0,5 1,2 МОм±20%	1	
	R10	C2-33M-0,5 240 Ом±20%	1	
Лист 2		<u>Кнопка</u>		
	SB1	КП-1, 1ТВРО.360.002ТУ	1	
Лист 3		<u>Диоды</u>		
	VD1,VD2	КС515А СМ3.362.823ТУ	2	
	VD3	КС522А СМ3.362.823ТУ	1	
	VD4,VD5	КД105Б ТР3.360.075ТУ	2	
Лист 4		<u>Симистор</u>		
	VS1	КУ208Г ТГО.343.003ТУ	1	
Лист 5		<u>Транзистор</u>		
	VT1	КТ630А ЮФЗ.365.043ТУ	1	
Лист 6	ТГТУ. 648133. 004			Лист
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.
			Дата	2

**СЕНСОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ.
СПЕЦИФИКАЦИЯ**

Фирма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
ЛЭРЭЛ, г.Москва				Документация			
	АЭ		ТГТУ. 648133. 004 ЭЭ	Схема электрическая принципиальная			
	АЭ		ТГТУ. 648133. 004 СБ	Сборочный чертёж			
				Детали			
	СЭЭЭЭ, М.	АЭ		ТГТУ. 758725. 004	Плата печатная	1	
					Прочие изделия		
					Диоды		
			1		КД105Б ТРЗ.360.075ТУ	2	VD4, VD5
			2		КС515А СМЗ.362.823ТУ	2	VD1, VD2
			3		КС522А СМЗ.362.823ТУ	1	VD3
				Дроссель			
		4		Д201-274 ОЮО.475.013ТУ	1	L1	
				Кнопка			
		5		КП-1, 1ТВРО.360.002ТУ	1	SB1	
ЛЭРЭЭЭ, г.Москва				Конденсаторы			
				К52-1Б 220мкФ×25В±20%			
		6		ОЖО.464.039ТУ	1	СЗ	
				ТГТУ. 648133. 004			
ЛЭРЭЭЭЭ, г.Москва	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.						
	Проб.						
	Т.Контр.						
	Н.Контр.						
Утв.							
Сенсорный регулятор мощности				Лит.	Лист	Листов	
					1	3	
				КРЭМС гр. БРС-41			

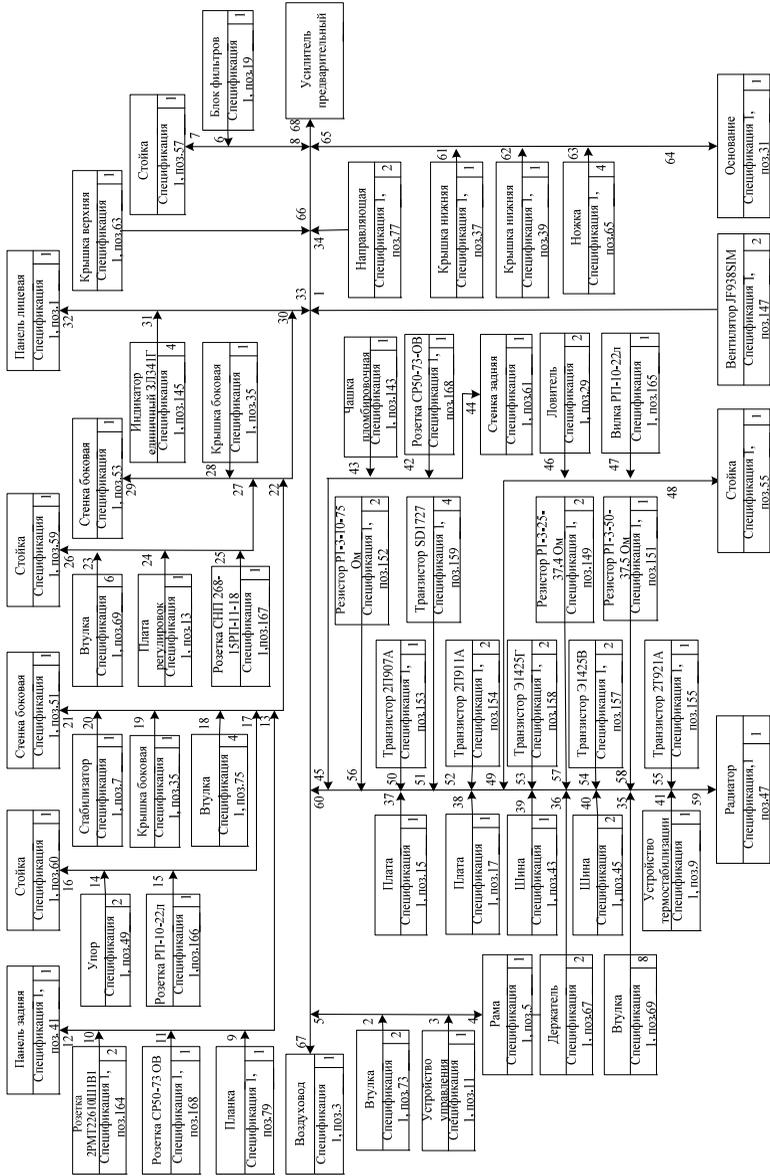
Формат	Элемент	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Лист № 0000000000				К10-17а-Н90 ОЖО.460.107ТУ			
		7		К10-17а-Н90 0,1 мкФ	1	С1	
		8		К10-17а-Н90 0,068 мкФ	1	С2	
		9		К10-17а-Н90 470пФ	1	С5	
				К73-16а ±20% ОЖО.461.108ТУ			
		10		К73-16а 0,22мкФх250В	2	С4,С6	
	Лист № 0000000000				<u>Лампа накаливания</u>		
					Б220-235-60М		
			11		ТЧ16.675.178-86	1	EL1
					<u>Микросхема</u>		
				К145АП2			
		12		БК0.347.560-01ТУ	1	DA1	
				<u>Предохранитель</u>			
		13		ВП1-1 ОЮО.480.003ТУ-Р	1	FU1	
				<u>Резисторы</u>			
				С2-33М±20%			
Лист № 0000000000				ШКАБ.434.110.005ТУ			
		14		С2-33М-0,125 1 кОм	1	R6	
		15		С2-33М-0,125 10 кОм	1	R4	
		16		С2-33М-0,125 470кОм	1	R5	
		17		С2-33М-0,125 1,2МОм	1	R3	
		18		С2-33М-0,5 100 Ом	1	R7	
		19		С2-33М-0,5 240 Ом	1	R10	
		20		С2-33М-0,5 1,2 МОм	1	R9	
		21		С2-33М-0,5 5,1 МОм	2	R1,R2	
		22		С2-33М-1 1 кОм	1	R8	
Лист № 0000000000	ТГУ. 648133. 004					Лист	
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	2	

БЛОК РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ. СПЕЦИФИКАЦИЯ

Перв. примен.	Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Справ. №					<u>Документация</u>						
	A1			ТГТУ.468122.005 СБ	Сборочный чертеж						
					<u>Сборочные единицы</u>						
			1	ТГТУ.301211.005	Каркас	1					
	A1		2	ТГТУ.687283.005	Плата многослойная	2	AC1, AC2				
			3	ТГТУ.687283.005-01	Плата питания	2	AG1, AG2				
			4	ТГТУ.687283.005-02	Плата печатная коммутационная	1					
					<u>Детали</u>						
	A1		5	ТГТУ.745112.005	Фальшпанель	1					
		6	ТГТУ.746211.005	Ручка	2						
Подп. и дата					<u>Стандартные изделия</u>						
			7		Резистор СП-1-1-А-10 кОм ±10%	1	R15				
					ГОСТ 5574-65						
					Винты ГОСТ 1491-72						
Взам. инв. №			8		M2,5-6gx12.36 019	2					
			9		M3-6gx8.36 019	6					
Подп. и дата			10		Винт M3-6gx12.36 019	4					
					ГОСТ 10336-80						
				ТГТУ.468122.005							
Иив. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Блок регулятора температуры		Литера	Лист	Листов	
	Разраб.							э		1	2
	Проверил							КРЭМС, гр. БРС-41			
	Т. контр.										
	Н. конт.										
Утвердил											

Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Гайки ГОСТ 5927-70		
		11		M2,5-6H.5.019	2	
		12		M5-6H.5.019	2	
				Шайбы ГОСТ 6402-70		
		13		2,5 65Г 019	4	
		14		3 56Г 019	4	
		15		<u>5 65Г 019</u>	2	
				Шайбы ГОСТ 11371-68		
		16		2,5 65Г 019	2	
		17		5 65Г 019	2	
				<u>Прочие изделия</u>		
		18		Индикатор единичный		
				АЛ 102 БМ УЖО.336041 ТУ	2	VD10
		19		Ручка НЛП 4.252.117 Сп	2	
				НО.425.007		
		20		Трансформатор НИЯЛ 5.702.031	1	T1
		21		Разъем РММ1-8Г	1	XT1
				ОЮО..364.002 ТУ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата	ТГТУ.468122.005	
						2

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧНОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ БЛОКА УСИЛИТЕЛЯ



МАРШРУТНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ БЛОКА

в з/дм подл		МАРШРУТНАЯ КАРТА										ГОСТ 3.1118-82 форма 5А			
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	Проф.	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расч.	
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов				Обозначение документа										
01	А			005	Комплектовочная ИОТ № 32										2
02	Б				Стол универсальный										
03	О				Получить узлы, приборы, сборочные и крепежные детали из кладовой, проверить на отсутствие повреждений										
04	Т				Тара цеховая										
06	А			010	Пропиточная ТТБ №165										
07	Б				Полуавтомат вождения ниток, пригодно-вытяжная вентиляция										
08	О				Пропитать нитки поз. 266 – 7,5 м, поз.267 – 2,5 м по Т-151 при атмосферном давлении										
09	Т				Емкость для пропитки										
10															
11	А			015	Сборка и монтаж ИЭТ ТТБ №34										
12	Б				Стол универсальный										
13	О				1. Разметить и резать в размер шины поз.45 – 4 шт., места среза притупить и покрыть лаком ЭП-730, 4 места.										
14					2. Установить согласно ПТУ.468345 009 МЭ на панель поз.14 – 1 шт. уголок поз.196 – 1 шт. и крепить винтами поз.216 – 2 шт., гайками поз.223-2 шт., подложив шайбы поз.226 – 2 шт., поз.229 – 4 шт.										
15					3. Установить на поз.11, поз.7 буссы поз.200 – 10 шт. и крепить винтами поз.215 – 10 шт., подложив шайбы поз.229 - 10 шт., стопорить буссы эмалью ЭП-51 по ОСТ4 ГО 019 200 вид.25Г.										
16					4. Проложить по пазам колдки поз.207-14 кабелей, установить на панель поз.14 колодку поз.207 – 1 шт. и крепить винтами поз.217 – 2 шт., гайками поз.223 – 2 шт., подложив шайбы поз.226 – 2 шт., поз.229 – 4 шт., пер. доп.										
18					5. Установить после расстыйки жгута.										
20					6. Установить на обшивки поз.53 – 2 шт. втулки поз.51 – 4 шт. и развальцовывать, места развальцовки покрыть лаком АК-113.										
21					7. Установить согласно чертежу ПТУ.468345 СВ балки поз.4 – 4 шт. и крепить винтами поз.109 – 12 шт., подложив шайбы поз.136 – 12 шт., поз.140 - 12 шт.										
22					8. Установить на угольники поз.77 – 1 шт., поз.78 – 1 шт. уголки поз.20 – 6 шт. и крепить винтами поз.109 – 12 шт., подложив шайбы поз.136 – 12 шт., поз.140 – 12 шт.										
23					9. Установить согласно чертежу ПТУ.468345 СВ стойки поз.2 – 4 шт. и крепить винтами поз.108 – 8 шт., подложив шайбы поз.136 – 12 шт., поз.140 – 12 шт.										
24															
25															
26															
27															
	Изм	Лист	№докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					Лист	1

№ з/м подл.		МАРШРУТНАЯ КАРТА					ГОСТ 3.1118-82, форма 5А								
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	Проф.	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц.	
Р					Код наименования оборудования	Обозначение документа									
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов				Обозначение код.										
К/М					Обозначение код.	ОП	Л	ЕВ	ЕН	КИ	Н	расч.			
01					шайбы поз.136 – 8 шт., поз.140 – 8 шт.										
02					9. Установить согласно чертежу ТТТУ.468345 СБ панели поз.11, поз.14, стяжки поз.17 – 2 шт. и крепить винтами										
03					поз.125 – 4 шт., подложки шайбы поз.137 – 4 шт., поз.141 – 4 шт.										
04					10. Установить согласно ТТТУ.468345 СБ стяжки поз.23-26 4 шт., поз.66,69,70, планки поз.56 – 2 шт., поз.58 – 2 шт.,										
05					поз.59 – 2 шт. и крепить временно и после подгонки постоянно винтами поз.112 – 16 шт., поз.125 – 16 шт., подложки										
06					шайбы поз.137 – 32 шт., планки поз. 56 – 2 шт. крепить штифтами поз.145 – 4 шт.										
07					11. Установить согласно ТТТУ.468345 СБ скобы поз.90, поз.91 по 1 шт., поз.93, поз.95 по 2 шт. и крепить винтами										
08					поз.122 – 12 шт.										
09					12. Установить на скобы поз.93 – 2 шт. шины поз.45 – 4 шт. и крепить винтами поз.117 – 8 шт., гайками поз.129 –										
10					8 шт., подложки шайбы поз.136 – 8 шт., поз.143 – 8 шт.										
11					13. Установить согласно ТТТУ.468345 СБ скобы поз.81 – 3 шт., поз.83 – 3 шт., видки поз.151 – 1 шт., поз.152 – 2 шт.,										
12					розетки поз.155 – 3 шт. и крепить временно и после подгонки постоянно винтами поз.108 – 6 шт., гайками поз.129 –										
13					6 шт., подложки шайбы поз.136 – 6 шт., поз.140 – 6 шт., розетки поз.155 – 3 шт. – собственным крепежом (6 гаек,										
14					6 шайб), подложки прокладки поз.98 наибольшее количество при подгонке.										
15					14. Установить согласно чертежу направляющие поз.50 – 16 шт.										
16					15. Выставить размеры согласно ТТТУ.468345 СБ по имитаторам плат (2 вида). Размер *** обеспечить установкой										
17					необходимого количества прокладок поз.98 – 30 шт., после подгонки размеров закрепить окончательно стяжки,										
18					панели, видки, розетки.										
19					16. Установить на стойки поз.2 – 4 шт. колодки поз.63 – 2 шт., колодки поз.73 – 2 шт. и крепить винтами поз.109 –										
20					4 шт., винтами поз.120 – 4 шт., гайками поз.129 – 4 шт., подложки шайбы поз.136 – 6 шт., поз.140 – 6 шт.,										
21					гредварительно проложить кабели в количестве 16 шт. в пазы колодок (32 паз).										
22					17. Установить согласно ТТТУ.468345 СБ обшивку поз.53 – 1 шт. и крепить винтами поз.107 – 5 шт., подложки шайбы										
23					поз.136 – 9 шт., поз.143 – 9 шт.										
24					18. Установить на обшивку поз.53 втулки поз.48 – 4 шт. и крепить винтами поз.109 – 4 шт., подложки шайбы поз.136 –										
25					4 шт., поз.143 – 4 шт.										
26					19. Установить на панель поз.11 панель поз.7 и крепить гайками поз.129 – 6 шт., подложки шайбы поз.136 – 6 шт.,										
27					поз.143 – 6 шт. Перенос допускается выполнять после монтажа.										
	Изм	Лист	№докум	Подп.	Дата	Лист	№ док.	Подп.	Дата						Лист
															2

в зад полд		МАРШРУТНАЯ КАРТА						ГОСТ 3.1118-82 форма 5А									
														2			
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции						Обозначение документа						
Р					Код наименования оборудования	СМ	Проф.	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц.			
К/М					Наименование детали сб. единиц и материалов		Обозначение код.						ОП	Л	ЕН	КИ	Н.расч.
01					20. Установить в направляющие поз.50 платы поз.3.1,34,37,38,40,41 – 6 шт. и крепить невыпадающими винтами с плат - 12 шт. Перенос выполнять перед регулировкой.												
02					21. Снять с панели с временного монтажа реле К1...К3 (винты М2,5 – 6 шт., гайки М3 – 6 шт., 12 шт. шайб) и передать на монтаж, после монтажа поставить на панель и закрепить соответствующим крепежом.												
03					22. Установить разъемы кабелей в разъемы платы (32 шт.) блока А1 (3 шт.), используя для крепления спец. ключи 7811-4058, 7811-4059.												
04					23. Проложить жгут согласно ПТУ 468345.009 МЭ и крепить с проводами скобами поз.204 – 5 шт., винтами поз.216 – 4 шт., поз.221 – 1 шт., гайками поз.223 – 5 шт., подложив шайбы поз.211 – 10 шт., поз.226 – 5 шт., поз.229 – 9 шт.												
05					Перенос выполнять после монтажа.												
06					24. Установить обшивку поз.86 – 2 шт. и крепить винтами поз.107 – 20 шт., подложив шайбы поз.136 – 20 шт., чашки Пломбировочные поз.148 – 4 шт. Перенос выполнять после регулировки и проверки отказов.												
07					25. Установить согласно ПТУ 468345.009 СБ обшивку поз.53 – 1 шт. и крепить винтами поз.107 – 9 шт., подложив шайбы поз.136 – 9 шт., поз.143 – 9 шт., втулки поз.51 – 4 шт. Перенос выполнять после регулировки и после проверки отказов.												
08					26. Покрасить крепежные детали лаком АК-113 с 8% ПАП-2, количество деталей – 211 шт.												
09					Подставка цеховая. Валцовка цеховая. Молоток ГОСТ 2310-70. Кисть белая №2. АРТ 3917. Линейка ГОСТ 427-75.												
10					Гвоздицы по металлу, нафидин, или шлиф-шкурка. Набор отверток. Ключ гаечный односторонний ГОСТ 2841-71.												
11					Ключ торцовый ГОСТ 11737-74. Плоскогубцы ГОСТ 5547-75, браслет заземления. Спец. ключ 7811-4058, 7811-4059.												
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21					Электромонтажная												
22					ТТБ №37												
23					Стоп монтажный												
24					1. Получить реле – 3 шт. с операции 010, лудить выводы реле – 15 выводов припесом ПОС61 с флюсом ФКСП, лудить выводы вниз, поплавание флюса, припой, смеси на основание реле и изоляцию кабелей не допустимо.												
25					2. Выполнить напильн на трубках для бирок поз.230 – 9 шт. согласно чертежу (ПТУ 468345.009 МЭ) краской БКМЧ, 42 знака, трубку перед маркировкой обезжирить спирто-нефрасовой смесью. Получить розетки поз.245 – 5 шт., разобрань, надеть на концы кабелей маркировочные бирки – 9 шт., разделить по месту концы кабелей от реле К1...К3 (№502,504,505, 508,510 – 5 шт.). Аналогично РК75-4-21. Остальные кабели согласно чертежу												
26																	
27																	
	Изм	Лист	Мелюком	Подп.	Дата	Лист	№ докум.	Подп.	Дата								Лист
																	3

в зам подл		МАРШРУТНАЯ КАРТА					ГОСТ 3.1118-82 форма 5А											
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	Проф.	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расч.				
ЖМ					Наименование детали сб. единиц и материалов						Обозначение код	ОП Л	ЕВ	ЕН	КИ	Н расч.		
01					(ПТУ.468345.009 МЭ) по виду Ю №500,509, по виду Ж №501, 506. Заделать концы кабелей в розетки поз.245 – 5 шт.													
02					Паять припоем ПОС-61 с флюсом ФКСП, пайки (25 паек) пропереть з/б тканью, смоченной спиртом.													
03					Сделать бандаж из ниток поз.266 согласно ПТУ.468345.009МЭ – 5 бандажей. Розетки собрать, втулки стопорить лаком КО-815, предохранить от спадания бирки на незаделанных концах №500,501, 506,509.													
04					3. Реле после сдачи ОТК операция 035 передать на участок сборки для установки на панель.													
05					Подставка для паяльника Р-22029. Эл. паяльник 36В, 40-50 Вт. Теплопровод, кулачки, плоскогубцы.													
06				Т														
07																		
08				А	025	Контрольная	ТТБ №144											
09				Б		Стол для контролера												
10				О		1. Проверить правильность и качество монтажа кабелей от реле в розетку поз.245 согласно ПТУ.468345.009МЭ.												
11						2. Проверить электрическое сопротивление изоляции, при нормальных климатических условиях не менее 20 Мом.												
12						3. Проверить электрическую прочность изоляции на пробной установке испытаний, напряжение 500 В, частота 50 Гц согласно ПТУ.468345.009МЭ												
13				Т		Тара цеховая												
14																		
15																		
16				А	030	Электромонтажная	ТТБ №37											
17				Б		Стол монтажный												
18				О		1. Разметить и резать в размер 8-12 мм трубки поз.266 – 4 шт., поз.267 – 154 шт.												
19						2. Резать провода поз.255, поз.256, поз.257 на длину по месту, по адресам ПП и МЭ и на перемычки в количестве 134 шт. и на них надеть трубки, концы проводов зачистить от изоляции, жилы скрутить и лудить припоем ПОС-61 с флюсом ФКСП, количество концы проводов – 268 шт., концы перемычек, подходящих к реле К1...К3, формировать по форме сечения выводов реле (№530...532, 640...642 10 концов).												
20						3. Лудить припоем ПОС-61 с флюсом ФКСП и формировать согласно ПТУ.468345 МЭ выводы ЭРЭ в количестве 290 шт., поз.240 - 68 шт. лудить и формировать перед приклеиванием, лудить выводы переключателей S1...S16 (48 выводов), тумблеров S17 (6 выводов), S18,S19 (6 выводов). Попадание флюса и грибов внутрь переключателей, тумблеров не допустимо. Переключатели S1...S16, разрядник поз.231 предохранять от загрязнений, попадания брызг флюса, смеси, припоя, мыть нельзя.												
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
	Изм	Лист	№докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					Лист				
														4				

№ зам. подл.	МАРШРУТНАЯ КАРТА						ГОСТ 3.1118-82, форма 5А																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции			Обозначение документа															
Р	Код наименования оборудования				СМ	Проф.	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц.										
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов				Обозначение код.									ОП	Л	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расч.				
01					Спирто-нефрасовой смеси 1:1 при помощи тканевого тампона, сушить при T=55-65 °С 2 часа, покрыть указанные поверхности согласно чертежу ТТТУ.468345.009 МЭ лаком ЭП-730 в 2 слоя при помощи кисти, руководствуясь ТПП-54-2. Температура сушки не более 100 °С.																		
02																							
03																							
04			Т		Ручка с пером. Труборезка. Нож цеховой. Монтажный крючок Ч.110357. Плоскогубцы ГОСТ 17440-86. Кусачки ГОСТ 7282-75. Бокорезы. Пинцет ППМ 120-АРПМ 6 890 001. ТУ. Эл. обжигалка чертежная № 0891-4001. Эл. паяльник 36В, 40Вт. Подставка для паяльника Р-22029. Брашлет заземленный. Тепловод Р-20807. Прибор для контроля температуры жала паяльника ПТ 8779-4/03. Приспособление цеховое. Приспособление цеховое для закрепления во время сушки клея.																		
05																							
06																							
07																							
08																							
09																							
10			А		Маркировочная ТТБ №164																		
11			Б		Стол универсальный																		
12			О																				
13					1. Разметить и маркировать позиционные обозначения ЭРЭ, контактов, элементов, выводов краской ГНПФ-01 черной, Шрифт 3-Пр3 по ГОСТ 26.020-80, количество знаков по ТТТУ.468345.009 СБ – 32 шт., по ТТТУ.468345.009 МЭ – 630 шт.																		
14																							
15					2. Выполнить покрытие маркировки лаком ЭП-730, количество покрытий по ТТТУ.468345.009 СБ – 16 шт., по ТТТУ.468345.009 МЭ – 319 шт.																		
16																							
17			Т		Ручка с пером. Брашлет заземленный. Кисть белочья №2. АРТ. 3917.																		
18																							
19			А		Прозвоночная ТТБ № 91																		
20			Б		Стол регулировщика																		
21			О		Проверить правильность монтажа и целостность ЭРЭ и приборов прозвонкой согласно ТТТУ.468345.009 МЭ и ТТТУ.468345.009 ЭЭ																		
22																							
23			Т		Прибор для проверки монтажа																		
24																							
25			А		Контрольная ТТБ № 144																		
26			Б		Стол для контролера																		
27			О		Проверить правильность и качество сборки, монтажа и маркировки прибора согласно ТТТУ.468345.009 СБ и ТТТУ.468345.009 ЭЭ																		
	Изм	Лист	№докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				Лист										
																		б					

ЭСКИЗ ДЕТАЛИ И ЕЁ ПАРАМЕТРЫ

Эскиз внешнего вида детали (корпуса измерительного датчика информационно-измерительной системы) из партии изделий и её параметры приведены на рис. И1.

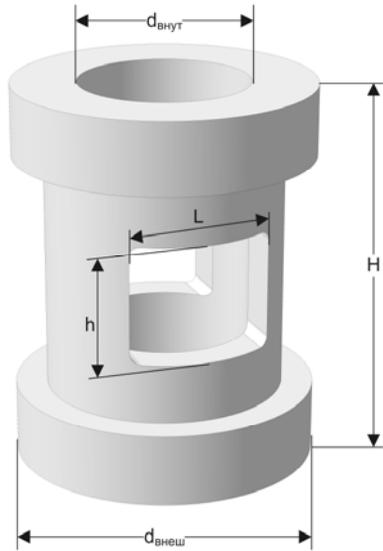


Рис. И1. Эскиз детали и её параметры:
 $d_{\text{внеш}}$ – внешний диаметр; $d_{\text{внут}}$ – внутренний диаметр;
 H – высота детали; h – высота окна; L – ширина окна

Величины допусков и номинальных значений параметров деталей партии изделий приведены в табл. И1.

И1. Величины допусков и номинальных значений параметров деталей

Измеряемые параметры	Допуск $\delta_{\text{ТУ}}$, %	Номинальное значение $x_{\text{ном}}$, мм
H	0,25	42
$d_{\text{внеш}}$	0,30	35
h	0,27	18
L	0,25	21
$d_{\text{внут}}$	0,20	28

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа 1. Оценка технологичности конструкции блока электронного средства	4
Лабораторная работа 2. Разработка технологического процесса сборки блока электронного средства	20
Лабораторная работа 3. Настройка, регулировка и контроль блока электронного средства	30
Лабораторная работа 4. Автоматизированный контроль исправности цифровых устройств	36
Лабораторная работа 5. Оценка точности изготовления изделий электронных средств статистическим методом	44
Заключение	56
Список литературы	57
Приложение А. Принципиальные электрические схемы электронных средств	58
Приложение Б. Сенсорный регулятор мощности. Перечень элементов	62
Приложение В. Усилитель мощности. Сборочный чертёж	64
Приложение Г. Сенсорный регулятор мощности. Сборочный чертёж	66
Приложение Д. Сенсорный регулятор мощности. Спецификация	67
Приложение Е. Блок регулятора температуры. Спецификация	69
Приложение Ж. Схема технологического процесса сборки блока усилителя	71
Приложение З. Маршрутный технологический процесс сборки блока	72
Приложение И. Эскиз детали и её параметры	78

Учебное издание

СЕЛИВАНОВА Зоя Михайловна

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Учебное пособие

Редактор Л. В. Комбарова

Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

ISBN 978-5-8265-1734-5



Подписано в печать 24.05.2017.

Формат 60 × 84/16. 4,65 усл. печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 182

Издательско-полиграфический центр
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Тел./факс (4752) 63-81-08, 63-81-33.

E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru