

**З.М. СЕЛИВАНОВА, А.В. ПЕТРОВ**

---

---

**ТЕХНОЛОГИЯ  
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

---

---

**• ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ •**

---

---

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

**З.М. Селиванова, А.В. Петров**

# **ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Лабораторные работы для студентов 5, 6 курсов дневного  
и заочного отделений, экстерната и дистанционного обучения  
специальности 210201 «Проектирование и технология  
радиоэлектронных средств»



---

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2008

Рекомендовано Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т

Кандидат технических наук, профессор

*Ю.А. Брусенцов*

- Селиванова, З.М.**  
С291      Технология радиоэлектронных средств : лабораторные работы / З.М. Селиванова, А.В. Петров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 32 с. – 100 экз.

Представленные лабораторные работы соответствуют рабочей учебной программе, разработанной в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования. В лабораторных работах выполняется расчёт и анализ технологичности узлов радиоэлектронных средств, а также приводятся рекомендации по разработке технологического процесса сборки и монтажа блока радиоэлектронного средства на печатной плате.

Предназначены для студентов дневного и заочного отделений, экстерната и дистанционного обучения специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств».

УДК 621.396.6

ББК 844-06я73-5

Учебное издание

СЕЛИВАНОВА Зоя Михайловна,  
ПЕТРОВ Александр Владимирович

## ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Лабораторные работы

Редактор З.Г. Чернова  
Компьютерное макетирование Т.Ю. Зотовой

Подписано в печать 03.09.2008  
Формат 60×84/16. 1,86 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ 363

Издательско-полиграфический центр ТГТУ  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## РАСЧЁТ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ УЗЛОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

*Цель работы:* изучить методику расчёта технологичности узла радиоэлектронного средства (РЭС) и выполнить расчёт на персональном компьютере с помощью программы «Technology.exe». Рассчитать комплексный показатель технологичности и сделать вывод об уровне технологичности заданного узла РЭС.

### Краткие теоретические сведения

Под технологичностью изделия понимается определённое количество параметров выпускаемого на производстве изделия, технологической подготовки и производственного процесса, от которых в результате зависит качество изделия. Оценка и анализ технологичности изделия позволяют рассмотреть возможность выбора и использования методов реализации технологических операций и процессов при изготовлении деталей, сборке и монтаже с применением средств автоматизации и механизации.

Количественная оценка технологичности осуществляется на основе базовых показателей (ОСТ 4.ГО.091.219), включающих рассчитанные и достигнутые при доработке и совершенствовании изделия параметры.

Комплексный показатель технологичности рассчитывается с использованием базовых показателей по следующей зависимости [1]:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i},$$

где  $K_i$  – базовый показатель технологичности;  $\varphi_i$  – коэффициент, характеризующий весовую значимость базового показателя технологичности;  $n$  – количество базовых показателей технологичности (как правило,  $n = 7$ ).

Величина коэффициента, характеризующего весовую значимость показателей, зависит от порядкового номера показателя технологичности, ранжированная последовательность которого установлена экспериментально и рассчитана по формуле

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

где  $i$  – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности.

Технологичной называют такую конструкцию, которая полностью отвечает предъявляемым к изделию требованиям, может быть изготовлена с применением наиболее экономичных, при принятом типе производства и объёме выпуска изделия, технологических процессов [2].

Отработка конструкции изделия на технологичность направлена на снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, технологическое обслуживание и ремонт изделий при обеспечении необходимого качества.

В качестве примера приведены базовые показатели технологичности электронного узла.

1. Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок

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

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

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа ЭРЭ

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

где  $H_{\text{АиМ}}$  – количество монтажных соединений, осуществляемых автоматизированным или механизированным способом;  $H_{\text{М}}$  – общее количество монтажных соединений.

3. Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

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

где  $H_{\text{МП}}$  – число ЭРЭ, подготовка которых к монтажу осуществляется механизированным способом;  $H_{\text{ЭРЭ}}$  – общее количество навесных элементов ЭРЭ.

4. Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров

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

где  $H_{\text{МКН}}$  – количество операций контроля и настройки, которые можно осуществить механизированным способом;  $H_{\text{КН}}$  – общее количество операций контроля и настройки.

5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ

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

где  $H_{\text{ТЭРЭ}}$  – общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии;  $H_{\text{ЭРЭ}}$  – общее количество ЭРЭ в изделии.

6. Коэффициент применяемости ЭРЭ

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

где  $H_{\text{ТОРЭРЭ}}$  – количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ;  $H_{\text{ТЭРЭ}}$  – общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии.

7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

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

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

**Методические указания и порядок выполнения работы**

1. В соответствии с заданием для своего варианта из прил. А к данной лабораторной работе выбрать электрическую принципиальную схему печатного узла РЭС и изучить её.

2. Определить тип печатного узла в соответствии с существующей классификацией блоков РЭС (электронный, радиотехнический, электромеханический, коммутационный).

3. Для электрической схемы разработать сборочный чертёж печатного узла (пример выполнения приведён в прил. Б).

4. Составить перечень элементов и спецификацию, примеры выполнения которых приведены в прил. В и Г, соответственно.

5. Для соответствующего типа блока своего варианта выбрать базовые показатели технологичности из литературы [3] и занести значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности печатного узла блока в табл. 1. В качестве примера в табл. 1 приведены показатели для электронного блока.

6. Исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности занести в табл. 2.

Значения исходных данных табл. 2 студент определяет с помощью принципиальной электрической схемы для заданного варианта и составленного перечня элементов. Задаётся необходимый уровень механизации и автоматизации при производстве печатного узла РЭС.

7. Рассчитать базовые и комплексный показатели технологичности на персональном компьютере (ПК) с помощью программы «Technology.exe». Для расчёта показателей необходимо:

1) изучить описание работы с программой;

2) получить вариант задания в соответствии с табл. 3 и произвести расчёт технологичности блока РЭС на ПК.

**1. Значения и весовые коэффициенты базовых показателей технологичности электронного узла**

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Весовой коэффициент
Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок	$K_{\text{ИСИМС}}$		1
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий	$K_{\text{АиМ}}$		1
Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{\text{МП}}$		0,75
Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров	$K_{\text{МКН}}$		0,5
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	$K_{\text{пов}}$		0,313
Коэффициент применяемости ЭРЭ	$K_{\text{ПЭРЭ}}$		0,188
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{\text{ф}}$		0,109

## 2. Исходные данные для расчёта комплексного показателя технологичности

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

В табл. 3 коэффициенты  $K$  соответствуют типам блоков РЭС следующим образом:

$K = 1$  – электронный блок;

$K = 2$  – радиотехнический блок;

$K = 3$  – электромеханический или механический блок;

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

Следующие обозначения в табл. 3 означают:

$E_{\text{сл}}$  – количество узлов, требующих регулировки сложным оборудованием в составе изделия;

$E$  – общее количество узлов в изделии;

$D_{\text{рд}}$  – количество деталей в изделии, имеющих размеры с допусками по 10 качеству и выше;

$D_{\text{сс}}$  – количество деталей требующих обработки снятием стружки;

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

$E_{\text{т}}$  – количество типоразмеров узлов;

$M$  – масса изделия без учёта комплектующих;

$M_{\text{м}}$  – масса материалов, израсходованных на изготовление изделия;

$H_{\text{см}}$  – количество сортаментов материалов, применяемых в изделии;

$D_{\text{торд}}$  – количество типоразмеров оригинальных деталей в изделии.

### 3. Варианты заданий для расчёта на ПК

Частные показатели технологичности	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Значение показателей для типов блоков							
	$K = 1$		$K = 2$		$K = 3$		$K = 4$	
$H_{\text{ИМС}}$	1449	50	0	0	0	0	0	0
$H_{\text{АиМ}}$	1200	40	36	24	0	0	0	0
$H_{\text{ЭРЭ}}$	1861	100	12	15	0	0	0	0
$H_{\text{М}}$	1700	60	50	40	0	0	0	0
$H_{\text{МП}}$	1051	10	8	5	0	0	0	0
$H_{\text{МКН}}$	26	2	2	1	0	0	0	0
$H_{\text{КН}}$	62	6	5	3	0	0	0	0
$H_{\text{ТЭРЭ}}$	60	10	10	12	0	0	0	0

$H_{ТОРЭРЭ}$	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
$H_{СМ}$	0	0	0	0	0	0	3	1
$D_{ТОРД}$	0	0	0	0	0	0	6	3

### Работа с программой

При запуске программы на экране компьютера появляется главное окно программы (рис. 1.1).

В этом окне приведены четыре типа блоков. В случае, если исходный блок простой, т.е. может быть непосредственно отнесен к одному из четырех вышеуказанных типов, необходимо нажать на кнопку с названием заданного типа блока. На экране появится окно, в котором можно будет ввести значения частных показателей технологичности, соответствующих данному типу блока. Значения частных показателей выбираются из таблицы согласно варианту задания, полученному у преподавателя. На рис. 1.2 изображен внешний вид диалога, появляющегося при нажатии кнопки с надписью «Электронный». Практически аналогичные диалоги выводятся на экран и при нажатии остальных трех кнопок: они различаются только составом частных показателей технологичности.

Рис. 1.1. Начальный вид главного окна программы

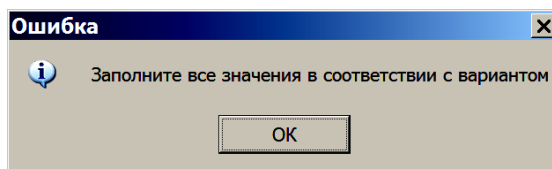


**Рис. 1.2. Диалог ввода исходных данных для электронного блока**

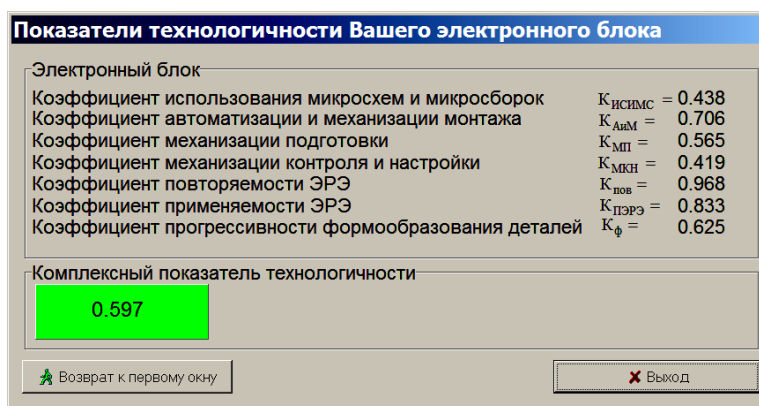
Список частных показателей технологичности организован в виде таблицы, состоящей из строк по количеству показателей для данного типа блока. В левой части каждой строки приведено полное название показателя, далее следует условное обозначение этого показателя и, наконец, справа находится поле, в которое и записывается собственно значение показателя технологичности. В момент открытия диалога во всех редакторах уже находятся числа – так называемые «значения по умолчанию».

Внизу окна находятся две кнопки. При нажатии на кнопку «Рассчитать» программа попытается вычислить базовые показатели технологичности для данного типа блока, используя текущие значения в редакторах и комплексный показатель технологичности. Если в каком-нибудь из них находится недопустимое значение (например, вместо числа введена строка), то программа выдаст сообщение о том, какой из показателей задан неправильно (см. рис. 1.3).

В противном случае программа произведет расчёты и выдаст на экран окно диалога, внешний вид которого показан на рис. 1.4. В этом диалоге находятся результаты расчёта: базовые показатели технологичности и комплексный показатель технологичности, вычисленный на их основе.



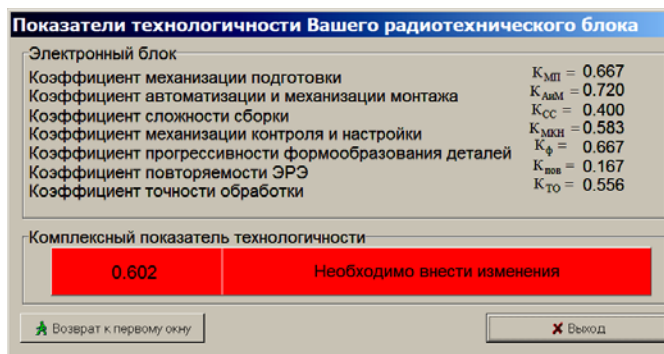
**Рис. 1.3. Предупреждение о неправильно введённых данных**



**Рис. 1.4. Результаты расчета комплексного показателя технологичности для электронного блока**

При нажатии кнопки «Выход» будет завершена работа всей программы. Или же можно вернуться к первому окну с выбором типа блока по нажатию на кнопку «Возврат к первому окну». Комплексный показатель будет размещён на зелёном поле, если он удовлетворяет табл. 4, иначе будет на красном поле (рис. 1.5).

В случае, когда задан сложный блок, включающий в себя блоки двух и более типов (например, электронные и радиотехнические), то, чтобы посчитать общий показатель технологичности сложного блока, необходимо выполнить следующие действия. Нужно посчитать комплексные показатели технологичности для всех типов блоков, входящих в состав сложного блока, описанным выше способом, а затем найти их среднее арифметическое.



**Рис. 1.5. Неудовлетворительный результат расчёта комплексного показателя технологичности**

8. По полученному комплексному показателю необходимо сделать вывод о технологичности проектируемого блока и целесообразности его изготовления.

Нормативные значения комплексного показателя технологичности РЭС, по которым можно оценить блок РЭС, приведены в табл. 4.

#### 4. Нормативы комплексных показателей технологичности конструкций различных типов блоков

Наименование класса блоков	Значения $K$ для стадий разработки рабочей документации		
	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 блока РЭС.
2. Сборочный чертёж печатного узла.
3. Перечень элементов и спецификация.
4. Таблица значений и весовых коэффициентов базовых показателей технологичности для заданного блока РЭС (табл. 1).
5. Таблица исходных данных для расчёта комплексного показателя технологичности (табл. 2).
6. Таблица рассчитанных базовых и комплексных показателей технологичности на персональном компьютере с помощью программы «Technology.exe».
7. Вывод о технологичности блока РЭС по результатам сравнения рассчитанного комплексного показателя технологичности блока с нормативным значением, приведённым в табл. 4.

#### Контрольные вопросы

1. Какая конструкция блока РЭС называется технологичной?
2. Как выполняется оценка технологичности блоков РЭС?
3. Перечислите базовые показатели технологичности для известных блоков РЭС.
4. Как определяется комплексный показатель технологичности?
5. Каким коэффициентом характеризуется весовая значимость базовых показателей технологичности?
6. Назовите типы блоков РЭС.
7. Чему равны установленные нормативные значения комплексного показателя технологичности для известных типов блоков РЭС?

#### Лабораторная работа 2

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ И МОНТАЖА БЛОКА РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

*Цель работы:* разработать технологический процесс сборки блока радиоэлектронного средства (РЭС) на печатной плате и изготовить макет печатного узла.

#### Краткие теоретические сведения

Разработка техпроцессов сборки и монтажа блока выполняется в соответствии с рекомендациями Р50-54-93-88 и включает определённое количество этапов в зависимости от типа изделия и производства.

Например, техпроцесс сборки и монтажа электронных блоков состоит из 9 основных этапов [1].

1. Анализ исходных данных – изучение конструкторской документации, расчёт и анализ технологичности конструкции, определение типа производства и объёма выпуска изделия.
2. Выбор типового техпроцесса (ТП) – определение кода изделия по классификатору и отнесение изделия к соответствующей классификационной группе, использование действующего ТП.
3. Разработка схемы сборки и определение состава деталей, комплектующих и сборочных единиц изделия (интегральных схем (ИС), электрорадиоэлементов (ЭРЭ), печатных плат (ПП), выбор базовой детали или сборочной единицы, способов сборки и монтажа; разработка схемы сборки с базовой деталью.
4. Разработка маршрутного техпроцесса: определение последовательности технологических операций, выбор оборудования и технологического оснащения.
5. Составление технологических операций: разработка структуры и точности операций, последовательности переходов, схем установки деталей при сборке и монтаже, расчёт режимов и загрузки оборудования.
6. Техничко-экономическое обоснование – выбор вариантов операций по технологической себестоимости и определение разряда работ по классификатору разрядов и профессий.
7. Определение техники безопасности техпроцесса – выбор требований по шуму, вибрациям, радиации, воздействию вредных веществ, методов обеспечения сохранности экологической среды.

8. Составление технологической документации, эскизов технологических операций и карт, карт маршрутного и операционного техпроцессов.

9. Разработка технического задания на специальную оснастку – определение схемы базирования заготовок, погрешностей базирования и точности приспособлений, количества заготовок и схемы их закрепления.

Типовой технологический процесс сборки узла РЭС на печатной плате представлен на рис. 2.1 [1, 4].

При комплектации компоненты (ИС, ЭРЭ) размещаются в специализированные кассеты для реализации процесса автоматизации сборки.

Входной контроль ЭРЭ и ИС осуществляется по геометрическим размерам, форме, внешнему виду, электрическим параметрам и механической прочности.

Подготовка печатных плат к монтажу заключается в их промывке, контроле печатного монтажа и паяемости, маркировке платы.

При подготовке ЭРЭ к монтажу выполняется рихтовка их выводов, гибка по форме, обрезка и лужение. Технологические операции осуществляются с применением механизации и автоматизации.

Пайка контактных соединений ЭРЭ и ИС на печатных платах выполняется расплавленным припоем под действием постоянного или импульсного нагрева зоны соединения. Применяется механизированная пайка волной припоя.

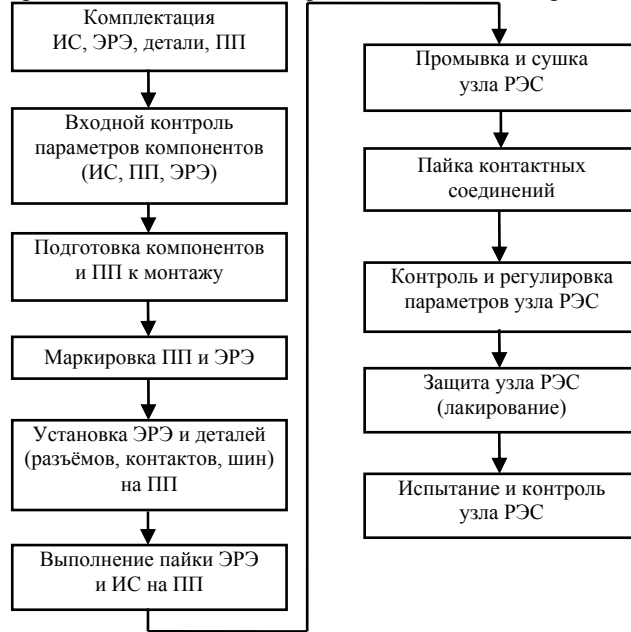


Рис. 2.1. Типовой технологический процесс сборки узла РЭС на печатной плате

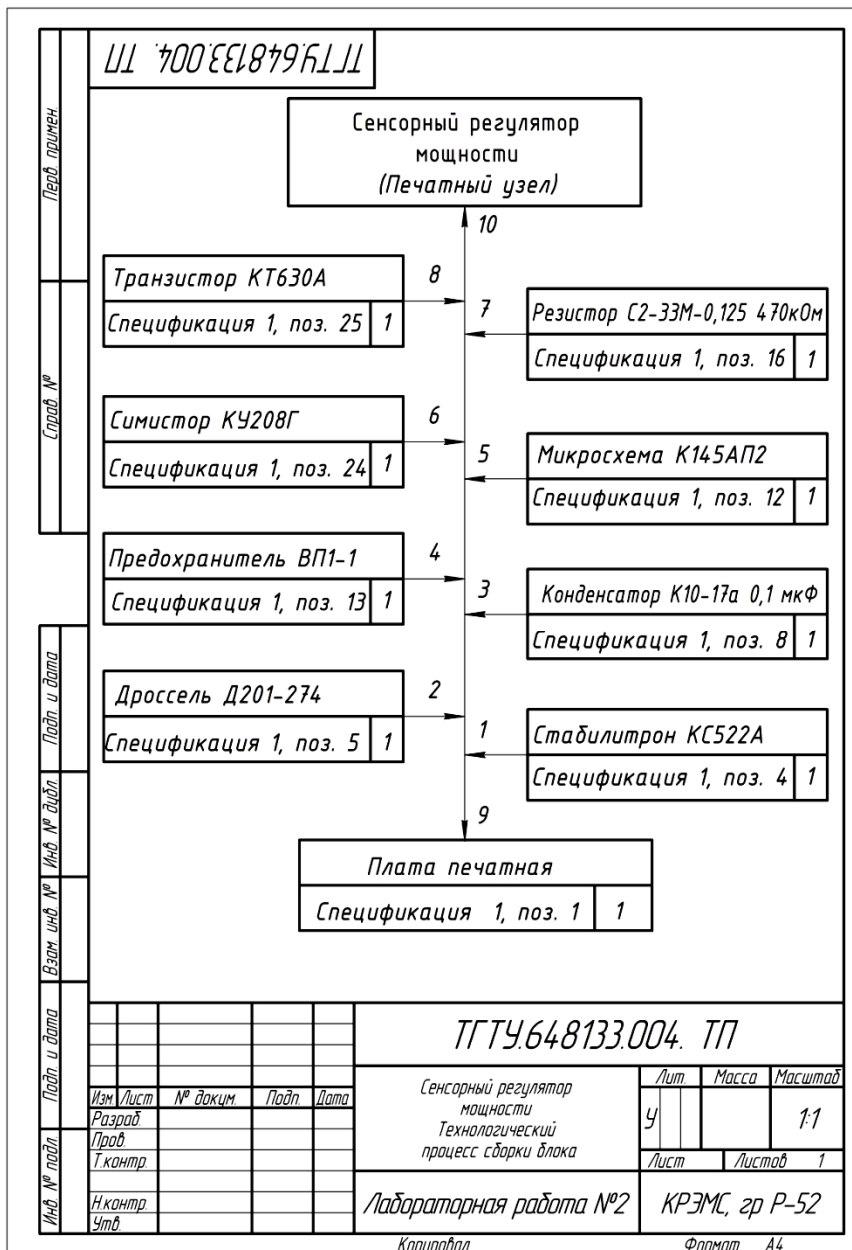
Технологические операции промывки и сушки узлов РЭС необходимы для удаления флюса и продуктов пайки и выполняются на механизированных конвейерных линиях.

Испытание и контроль узлов РЭС проводятся с помощью испытательных стендов, специальной аппаратуры, а также с использованием автоматических систем контроля.

При автоматизированной установке ИС, ЭРЭ и деталей используется специализированное оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). В этом случае подача компонентов для установки на ПП осуществляется транспортёром из технологических кассет.

После выбора и анализа типовых технологических процесса, операций и сборочного состава разрабатывается схема сборки. Существует два вида техпроцессов сборки блоков РЭС: веерного типа и с базовой деталью.

На технологической схеме сборки указываются операции выполнения электрического монтажа (пайка, сварка, накрутка и др.), механического соединения (свинчивание, склеивание, расклёпка и др.), контроля и герметизации (промывка, сушка, лакирование и др.). На схеме сборки детали, ЭРЭ и технологические операции указываются прямоугольниками, где пишутся наименование, номер по спецификации и количество деталей и ЭРЭ, а также вид технологической операции. В качестве примера на рис. 2.2 приведена технологическая схема сборки блока с базовой деталью.



**Рис. 2.2. Технологическая схема сборки блока с базовой деталью**

На схеме показана последовательность установки деталей, ИС и ЭРЭ на базовую деталь (печатную плату).

Разработка маршрутного техпроцесса сборки блока выполняется на основе схемы сборки (например, с базовой деталью). Маршрутная карта (МК) техпроцесса сборки и монтажа выполняется в соответствии с ГОСТ 3.1118–82 [5]. Выбор соответствующей формы МК зависит от разрабатываемого вида технологического процесса, назначения формы в составе комплекта документов и применяемых методов проектирования документов. При маршрутном описании технологического процесса МК является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций.

В маршрутной карте указывается код (А, Б, О, Т, М), номер (№), наименование и содержание операций.

Маршрутная карта формы № 5 приведена в прил. Д.

На маршрутной карте указывается адресная информация: номер цеха (цех), участка (участок), рабочего места (РМ), операции (Опер.). Приведены обозначения служебных символов для формы с горизонтальным расположением:

А – номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при операции;

Б – код, наименование оборудования и информация по трудозатратам;

О – содержание операции (перехода) и другие, приведённые в ГОСТ 3.1118–82;

Т – информация о применяемой при выполнении операции оснастке;

М – информация о применяемом материале.

Кроме того, в форме 5А приведены следующие обозначения кодов операций, оборудования и документов:

СМ – степень механизации;

Проф. – профиль и размеры;

Р – разряд работы;

КТС – код операции по технологическому классификатору;

КР – количество исполнителей;

КОИД – количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей при операции;

ЕН – единица нормирования (нормы расхода материалов или времени);

ТПЗ – норма подготовительно-заключительного времени;

ОПЛ – обозначение подразделения, откуда поступают комплектующие (склада, кладовой);

ЕВ – код единицы величины;

КИ – количество деталей и сборочных единиц, применяемых при сборке или разборке;

$N_{рас}$  – норма расхода материала [5].

### **Методические указания и порядок выполнения работы**

1. Изучить электрическую схему устройства РЭС в соответствии со своим вариантом задания, которое приведено в прил. А.
2. Для заданной электрической схемы выполнить чертёж печатной платы и изготовить печатную плату (домашнее задание).
3. Подготовить сборочный чертёж блока на печатной плате в соответствии с перечнем элементов и сборочным чертежом, разработанным в лабораторной работе 1.
4. Разработать технологический процесс сборки блока на печатной плате и записать его на маршрутных картах по форме прил. Д.
5. В соответствии с разработанным технологическим процессом сборки выполнить следующие технологические операции:
  - а) осуществить комплектацию электрорадиоэлементов и интегральных схем в соответствии с заданной электрической схемой;
  - б) выполнить входной контроль электрорадиоэлементов и интегральных схем;
  - в) подготовить электрорадиоэлементы и интегральные схемы к монтажу в зависимости от способа установки их на печатную плату в соответствии с ОСТ 45.010.030–93;
  - г) осуществить маркировку компонентов и ПП;
  - д) выполнить пайку электрорадиоэлементов и интегральных схем следующим образом: нанести на место пайки флюс, на рабочую часть стержня паяльника – припой и приложить его к подготовленному месту соединения на 3 – 5 секунд до момента течения припоя;
  - е) провести промывку и сушку изготовленного узла РЭС.

### **Содержание отчёта**

1. Принципиальная электрическая схема блока РЭС.
  2. Чертёж печатной платы (привести в приложении к отчёту).
  3. Схема технологического процесса сборки блока РЭС с базовой деталью на печатной плате (привести в приложении к отчёту).
- Вместе с отчётом студент должен представить макет собранного печатного узла.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие этапы включает техпроцесс сборки и монтажа блоков РЭС?
2. Как осуществляется комплектация компонентов при сборке блоков РЭС?
3. В чём заключается подготовка печатных плат к монтажу?
4. Как выполняется процесс пайки?
5. Как осуществляются испытания и контроль готовых блоков РЭС?
6. Какие операции включает типовой технологический контроль сборки узла РЭС на печатной плате?
7. Какие виды технологических процессов сборки блоков РЭС Вы знаете?
8. Как выполняется техпроцесс сборки блока с базовой деталью?
9. Какая документация отражает техпроцесс сборки?
10. Какие виды маршрутных карт Вы знаете?

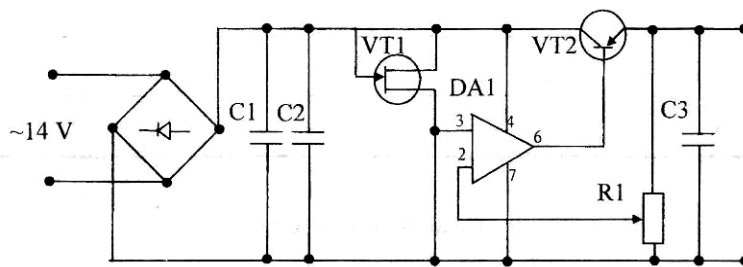


Рис. П1. Принципиальная электрическая схема стабилизатора напряжения:

C1, C2 – К50-16-6,8 мкФ-16 В; DA1 – КР140УД7; R1 – СП-1-4,7 кОм;  
VD1 – VD4 – Д237Б; VD5 – Д814Г; VT1 – КП303И; VT2 – КТ315 (КТ837)

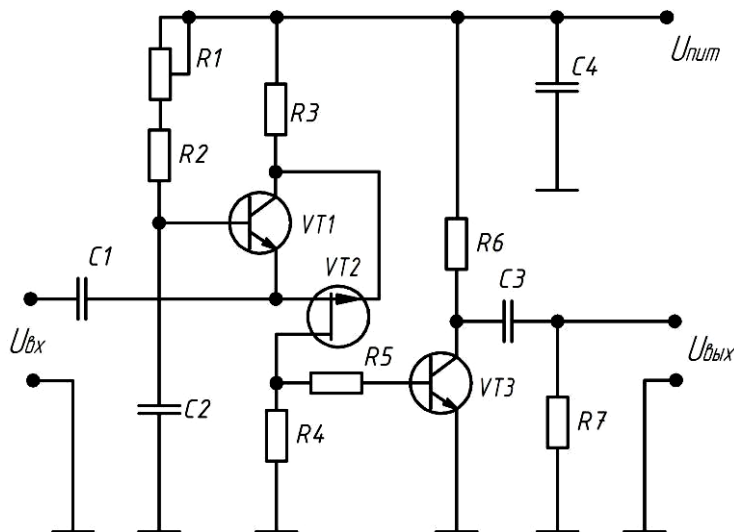


Рис. П2. Принципиальная электрическая схема формирователя задержанных импульсов:

C1 – К10-17а-Н90-1 нФ; C2 – К10-17а-Н90-2,2 нФ; C3 – К10-62а-М750-10 нФ;  
C4 – К10-17а-М47-0,1 нФ; R1 – СП3-19а-0,5-10 кОм; R2 – С2-33Н-0,125-100 кОм;  
R3 – С2-33Н-0,125 – 30 кОм; R4 – С2-33Н-0,125-4,7 кОм;  
R5 – С2-33Н-0,125-3,3 кОм; R6 – С2-33Н-0,125-2 кОм;  
R7 – С2-33Н-0,125-10 кОм; VT1, VT3 – КТ315; VT2 – КП103

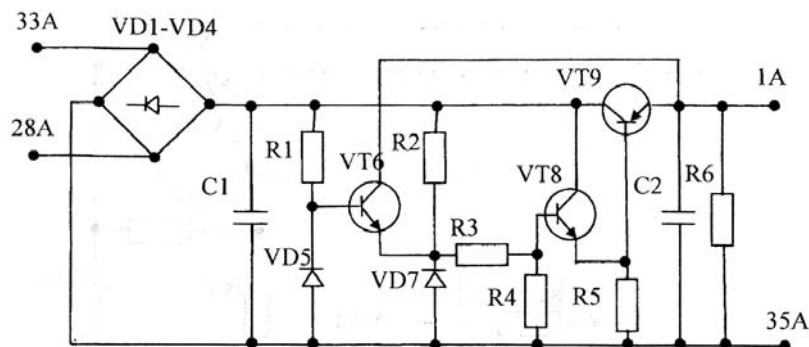
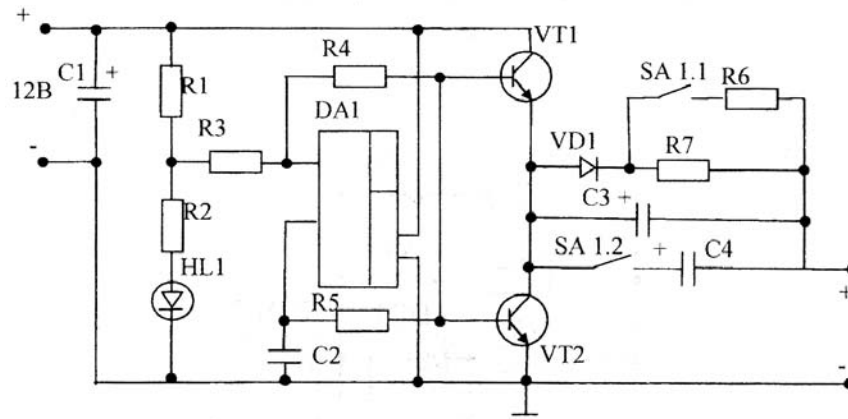


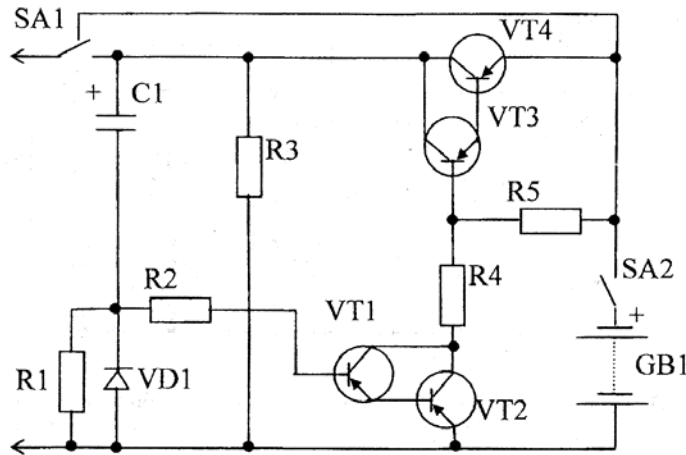
Рис. П3. Принципиальная электрическая схема стабилизатора напряжения:

VD1 – VD5, VD7 – Д226Б; VT6, VT8 – МП40; VT9 – П216Б; R1 – 0,25 Вт-10 кОм;  
R2 – 0,5Вт-470 Ом; R3, R5 – 0,25 Вт-1 кОм; R4 – 0,25Вт-3 кОм;  
R6 – 0,5 Вт-1,5 кОм; C1 – К50-16-100 мкФ-16 В; C2 – К50-12-100 мкФ-12 В



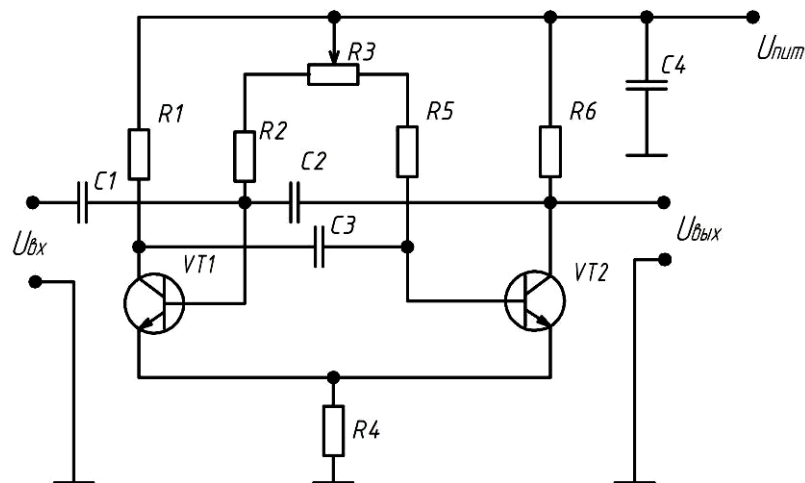
**Рис. П4. Принципиальная электрическая схема зарядного устройства:**

C2-33 нФ-0,125: R1 – 1 кОм; R2 – 750 Ом; R3 – 47 кОм; R4 – 100 кОм;  
 R5 – 470 кОм; R6 – 30 Ом; R7 – 130 Ом; DA1 – К553УД2;  
 C1 – 490-16-50 мкФ-16 В; C2 – КМ6-0,22 мкФ; C3 – К50-16-20 мкФ-16 В;  
 C4 – К50-16-30 мкФ-16 В; HL1 – АЛ307Б; VT1 – КТ815Б;  
 VT2 – КТ361Б; VD1 – КД105Б



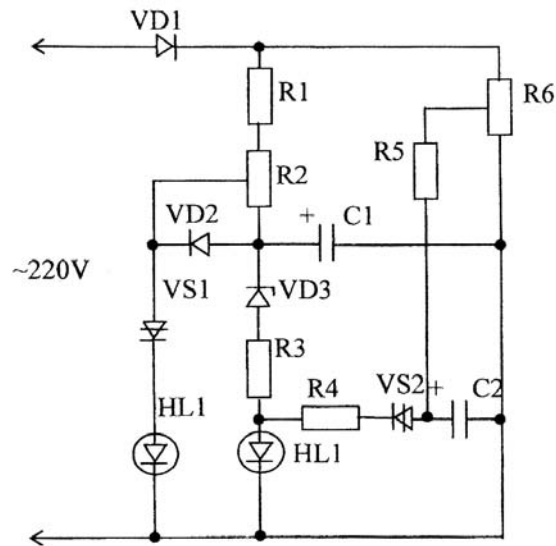
**Рис. П5. Принципиальная электрическая схема таймера:**

C2-33 нФ-0,25: R1 – 4,7 МОм; R2 – 1,3 МОм; R3 – 6,8 кОм;  
 R4 – 15 кОм; R5 – 18 кОм; C1 – К50-16-500 мкФ-16 В; VT1, VT2 – КТ315 Б;  
 VT3, VT4 – КТ361Б; SA1 – ПД9-2



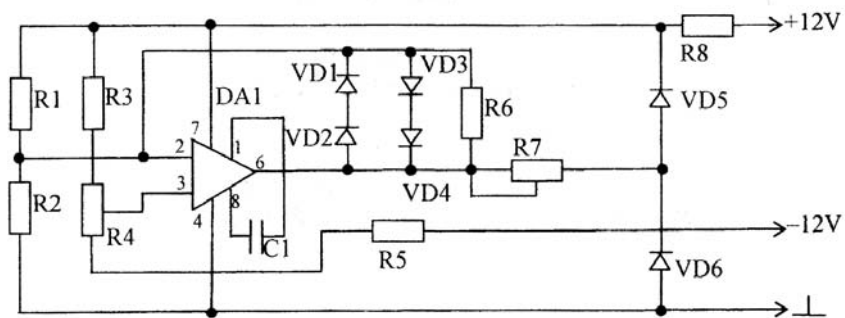
**Рис. П6. Принципиальная электрическая схема генератора прямоугольных импульсов:**

C1 – К10-17-1нФ; C2-C4 – К10-17-0,1пФ; C2-33 нФ-0,125: R1, R6-2 кОм;  
 R2, R5 – 10 кОм; R4 – 200 Ом; СП3-19а-0,125: R3 – 10 кОм; VT1, VT2 – КТ3102



**Рис. П7. Принципиальная электрическая схема  
сигнализатора изменения напряжения:**

C1 – К50-16-20 мкФ-16 В; C2 – К50-16-5 мкФ-50 В; HL1, HL2 – АЛ307А;  
VD1 – Д226Б; VD2 – Д226Б; R1 – 2 Вт-7,5 кОм;  
R2 – СП0-0,5-7,5 кОм; R3 – R5 – 0,25 Вт-150 Ом; R6 – 0,25 Вт-100 кОм;  
VS1, VS2 – КН102Б; VD3 – КС147А

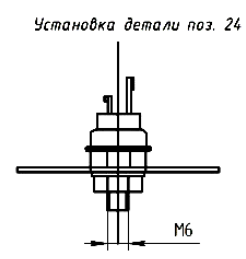
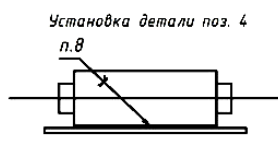
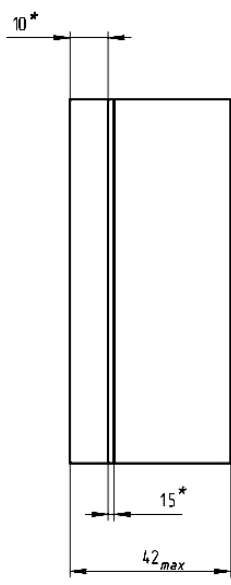
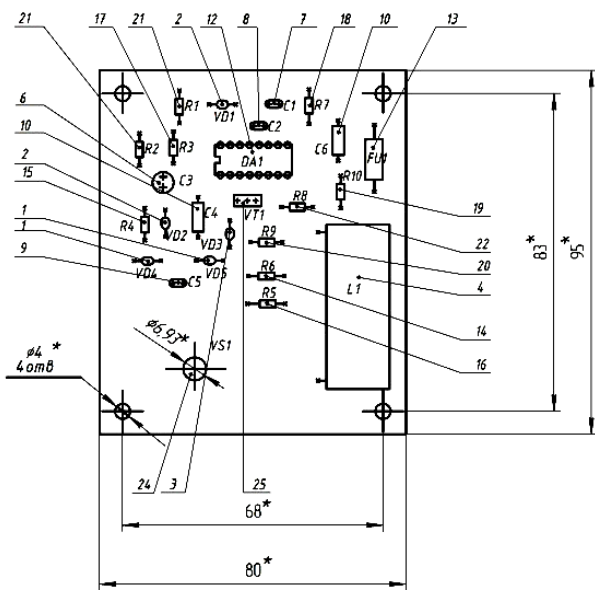


**Рис. П8. Принципиальная электрическая схема индикатора тока:**

DA1-К153УД2; VD1-VD4-Д223Б; VD5, VD6-КС133А;  
R1 – R3, R5 – 0,125 Вт-5,1 кОм; R4 – СП0-0,5-2,2 кОм; R6-0,125 Вт-100 Ом;  
R7 – СП0-0,5-51 кОм; R8 – 0,5 Вт-390 МОм



ТГТУ. 648133. 004 СБ



- 1.\* Размеры для справок.
- 2. Паять припоем ПОС61 ГОСТ21931-76.
- 3. Установку элементов производить по ГОСТ 29137-91
- элементы поз. 1-3 по варианту 330.17.0207.00.00
- элементы поз. 6-10 по варианту 180.06.0205.00.00
- элемент поз. 12 по варианту 380.24.1302.00.00

- элементы поз. 13-22 по варианту 140.02.0202.15.00
- элемент поз. 25 по варианту 020.06.0207.00.00
- 4. Печатные проводники условно не показаны.
- 5. Плату после сборки покрыть лаком ЭП-730-В33 ТУ6-10-1539-76.
- 6. Маркировка элементов показана для справок.
- 7. Номер платы, обозначения элементов маркировать краской ЧМ, цвет черный, ТУ029-02-859-78, шрифт 2,5 по НО.010.007.
- 8. Дроссель крепить к печатной плате клеем ВХ-32-200 ТУ-10-1293-78.
- 9. Остатные технические требования по ОСТ 4ГО.070.015.

ТГТУ. 648133. 004 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	У		1:1
Разраб						
Проб				Лист 1	Листов 1	
Утв				Лабораторная работа №1		
				КРЭМС гр. Р-52		

Лист 1  
Стор. 1/1  
Листов 1  
Итого 1  
Листов 1  
Итого 1

	Обоз.	Наименование	Кол.	Примечание	
Лист 1/1		<i>Конденсаторы</i>			
	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 1/2	C6	K73-16a 0,22мкФ×250В±20% ОЖО.461.108ТУ	1		
		<i>Микросхема</i>			
	DA1	K145АП28КО.347.560-01ТУ	1		
		<i>Лампа накаливания</i>			
Лист 1/3	EL1	B220-235-60M ТУ16.675.178-86	1		
		<i>Предохранитель</i>			
	FU1	ВП1-1 ОЮО.480.00ЭТУ-Р	1		
Лист 1/4		<i>Светодиод</i>			
	HL1	A/1102B аА.339.311ТУ	1		
Лист 1/5		<i>Дроссель</i>			
	L1	Д201-274 ОЮО.475.01ЭТУ	1		
<b>ТГТУ. 648133. 004 ПЭЭ</b>					
Лист 1/6	Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сенсорный регулятор мощности Перечень элементов КРЭМС гр. Р-52
	Разраб.				
	Проб.				
	Т.Контр				
	Н.Контр				
Утв					
					Лит. 1 Лист 1 Листов 2

	Обоз.	Наименование	Кол.	Примечание
Табл. 1	<i>Резисторы ШКАБ.434.110.005ТУ</i>			
	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	
Табл. 2	<i>Кнопка</i>			
	SB1	КП-1, 1ТВР0.360.002ТУ	1	
Табл. 3	<i>Диоды</i>			
	VD1,VD2	КС515А СМ3.362.823ТУ	2	
	VD3	КС522А СМ3.362.823ТУ	1	
	VD4,VD5	КД105Б ТР3.360.075ТУ	2	
Табл. 4	<i>Симистор</i>			
	VS1	КЧ208Г ТТ0.343.003ТУ	1	
Табл. 5	<i>Транзистор</i>			
	VT1	КТ630А ЮФ3.365.043ТУ	1	
Табл. 6				ТГТУ. 64.8133. 004
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.
				Дата
				Лист 2



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Лист ламп				К10-17а-Н90 ОЖ0.460.107ТУ			
		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% ОЖ0.461.108ТУ			
		10		К73-16а 0,22мкФ×250В	2	С4,С6	
	Стекл. №				<i>Лампа накаливания</i>		
					Б220-235-60М		
			11		ТУ16.675.178-86	1	EL1
					<i>Микросхема</i>		
				К145АП2			
		12		ДКО.347.560-01ТУ	1	DA1	
				<i>Предохранитель</i>			
		13		ВП1-1 ОЮ0.480.00ЭТУ-Р	1	FU1	
				<i>Резисторы</i>			
				С2-33М±20%			
Лепель и вама				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	
Изм. №							
ТГТУ. 648133. 004						Лист	
						2	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			



в зам подл		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	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
01	О			015	2. Проверить визуально качество заполнения отверстий припоем, не менее 95% мет. отв. должно быть с удовлетворительной паяемостью.												
02																	
03	Т				Кисть А2 ОСТ17-888-81; пинцет ММП 120 АРП М6.890.001ТУ; тампон из салфетки; подставка АРД 0891-4001; паяльник ПЭТ50-6с РТП-2М или аналог; прибор для контроля Т рабочего; стержня паяльника ПГ8779-4003.												
04																	
05																	
06	А			020	Электромонтаж ИОТ №109, 140												
07	Б				Стол рабочий												
08	О				Определение паяемости контактных площадок.												
09					1. Подобрать 5-10 контактных площадок расположенных по диагонали платы, флюсовать контактные площадки флюсом ФКСП и лудить однократным прикосновением жала паяльника, выдерживая параметры режима;												
10					т жала паяльника (250 – 270)°С, время касания (2-3)с, лудить припоем ПОС 61, остатки флюса удалить спирто-												
11					нефрасовой смесью, лужений 10 (для одной платы).												
12					2. Проверить визуально качество лужения контактных площадок платы; контактные площадки со стороны лужения должны быть покрыты гладким непрерывным слоем припоя, при неудовлетворительной паяемости отправить всю партию на доработку, уложить в тару.												
13																	
14																	
15																	
16	Т				Тара для печатной платы цеховая; пинцет ППМ 120 АРП М6.890.001ТУ; кисть №2 ОСТ17-888-81; тампон из салфетки; подставка АРД 0891 –4001; паяльник ПЭТ50-6с РТП-2М или аналог.												
17																	
18																	
19																	
20	А			025	Контроль ИОТ №50												
21	Б				Стол ОТК												
22	О				Контроль ОТК-100%. Проверить визуально паяемость ПП; кач-во заполнения припоя электромонтажных отверстий и качество лужения контактных площадок ПП согласно ГОСТ 23752-79.												
23																	
24																	
25	А			030	Сушка ИОТ №140												
26	Б				Шкаф сушильный КШ-1												
27	О				Извлечь плату из тары. Подвергнуть плату сушке за 6 часов до пайки при t(100-110)°С в течение 1.5-2 часов или												
Изм	Лист	Мелюкум	Подп.	Дата	Лист	№ докум.	Подп.	Дата.	Лист				Лист			2	

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Технология РЭС : метод. указ. / сост. В.Н. Грошев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 32 с.
3. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА : учеб. пособ. для вузов. / В.В. Павловский. – М. : Радио и связь, 2000. – 160 с.
4. 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.
5. ГОСТ 3.1118–82. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лабораторная работа 1. РАСЧЁТ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ УЗЛОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ .....</b>	<b>3</b>
<b>Лабораторная работа 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ И МОНТАЖА БЛОКА РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ .....</b>	<b>12</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Д .....	27
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	29

