

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ильшат Ринатович Мухаметзянов

Должность: директор

Дата подписания: 13.07.2023 14:34:25

Уникальный идентификатор документа: aba80b84033c9ef196388e9ea0434f90a87a40954ba270e84bche64f02d1d8d0

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический

университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Чистопольский филиал «Восток»

Кафедра приборостроения

---

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**

**КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.ДВ.07.02 Основы проектирования электронных систем**

Методические указания (рекомендации) по выполнению курсового проекта предназначены для обучающихся всех форм обучения по направлениям подготовки:

Код и наименование направления подготовки / специальности	Направленность (профиль, специализация, магистерская программа)	ФГОС ВО утвержден приказом Минобрнауки России
12.03.01 Приборостроение	Приборостроение	№ 945 от 19.09.2017

В методических указаниях приведены требования к выполнению курсового проекта, даны рекомендации по структуре, содержанию, оформлению, порядку выполнения и защите курсового проекта по дисциплине «Основы проектирования электронных систем»

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ.....	4
2 ОСОБЕННОСТИ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА.....	8
3 ВЫБОР МЕТОДА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ .....	11
4 ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛУ ОСНОВАНИЯ И ТОКОНЕСУЩИМ ПРОВОДНИКАМ.....	12
5 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И РАЗМЕРЫ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ.....	14
6 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ.....	20
7 КОМПОНОВКА УЗЛОВ И СУББЛОКОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ .....	20
8 ОСОБЕННОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ.....	25
9 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	27
Литература .....	29
Приложение.....	29

# **1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

## **Цели и задачи выполнения курсового проекта**

Курсовое проектирование – один из видов учебной деятельности обучающихся, представляющий собой творческое решение учебной или реальной профессиональной задачи.

Курсовое проектирование направлено на решение следующих задач:

- систематизация и углубление теоретических знаний по советующей дисциплине;
- выработка навыков применения теоретических знаний в решении конкретных практических задач;
- овладение методикой самостоятельного научного исследования;
- подготовка информации и научной базы для выпускной квалификационной работы;
- формирование компетенций, связанных с профессиональной деятельностью;
- выявление возможности и степени самостоятельности работы обучающихся в решении поставленных задач, знание которых позволяет реалистичнее оценивать будущие шансы в практической работе;
- обеспечивает развитие и обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств.

При выполнении курсового проекта по дисциплине обучающийся должен решить следующие задачи:

- изучить, освоить основные принципы, методики разработки новых изделий и приборов;
- изучить типовые конструкции электронных средств, приборов;
- изучить и применить способы оценки технологичности изделия;
- получить навыки использования нормативных документов в своей деятельности (ЕСКД);
- получить навыки использования современных программных средств подготовки конструкторской документации.

## **Тематика курсового проекта. Задание на курсовой проект**

Тематика курсовых проектов может быть типовой, направленной на решение учебных задач, а также может основываться на фактическом материале организаций, на материале, собранном обучающимся в ходе производственных практик, на результаты научных исследований и должна охватывать наиболее важные разделы дисциплины, соответствовать примерным темам, указанным в рабочей программе дисциплины.

Темы курсовых проектов предлагаются обучающимся на выбор.

Обучающийся имеет право выбрать одну из тем, заявленных кафедрой, или предложить свою собственную тему с обоснованием выбора.

Типовая тема курсового проекта:

- разработка конструкции печатного узла;
- разработка корпуса прибора.

Примерные темы курсовых проектов, основанных на фактическом материале организаций и на материале, собранном обучающимся в ходе производственных практик:

- «Разработка блока подсветки в электронно-механических часах»;
- «Разработка стенда для проверки самохода счетчика газа».

Примерный бланк задания на типовую тему курсового проекта приведен в приложении 1. Задание для нетиповых тем курсовых проектов разрабатывается индивидуально для каждого обучающегося на основе предоставленных им сведений об изделии.

### **Структура курсового проекта**

Примерна структура курсового проекта:

1. Титульный лист.
2. Аннотация.
3. Задание.
4. Содержание.
5. Введение (актуальность, значение темы, цель и задачи работы).
6. Основная часть:
  - 6.1. Теоретическая часть:
    - описание прибора, принципа его функционирования;
    - конструкторские расчеты.
  - 6.2. Практическая часть (перечень возможных расчетов и описаний):
    - расчет конструкторских параметров печатных плат;
    - выбор метода изготовления печатных плат;
    - компоновка печатного узла и изделия в целом;
    - описание этапов трассировки печатной платы;
7. Заключение (выводы и рекомендации относительно возможностей использования материалов работы/применения полученных результатов).
8. Список используемой литературы.
9. Приложения (чертежи, справочная информация).

Структура проекта может меняться в зависимости от задания.

Бланк титульного листа приведен в приложении 2, пример задания в приложении 1, бланк аннотации в приложении 3, пример оформления содержания в приложение 4. 1. Пояснительной записки, которая содержит:

### **Оформление курсового проекта**

Текст курсового проекта должен быть выполнен с применением печатающих и графических устройств на одной стороне листа белой бумаги формата А4.

Страницы текста нумеруются арабскими цифрами в нижнем правом углу, соблюдая сквозную нумерацию по всему документу, включая приложения. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. На титульном листе номер страницы «1» не ставится.

Абзацный отступ должен быть одинаковый по всему тексту и равен 12,5мм. Правый край текста должен быть выровнен по ширине.

В конце заголовка точка не ставится. Расстояние между заголовками структурных единиц основного текста и предыдущим текстом должно быть равно 10 мм. Расстояние между основаниями строк заголовков принимают таким же, как в тексте (в случае, когда заголовок состоит из нескольких предложений, не помещается на одной строке).

Набор текста должен быть произведен в текстовом редакторе. Тип шрифта: Times New Roman Cyr. При этом:

- шрифт основного текста – обычный, размер 14пт;
- шрифт заголовков первого уровня – полужирный, размер 16 пт;
- шрифт заголовков второго и последующего уровней – полужирный, размер 14 пт;
- межсимвольный интервал – обычный. Межстрочный интервал -1,5;
- шрифт в таблицах – обычный, размер 14 пт или 12 пт (во всей пояснительной записке должен быть одинаковый).

Разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами, в пределах всей работы, после цифры **не** ставится точка, а текст начинается с заглавной буквы.

В тексте работы должны присутствовать ссылки на источники, приведенные в списке литературы. После упоминания в квадратных скобках проставляют номер, под которым этот источник значится в списке, например: [25].

Таблицы, используемые в работе (за исключением таблиц приложения), помещаются в соответствии с логикой изложения и нумеруются арабскими цифрами в пределах каждой главы.

По центру строки без отступа абзаца пишется:

Таблица 1 – Название таблицы

Заголовки граф и строк таблицы начинаются с прописных букв, заголовки подграф – со строчных. Высота строк в таблице должна быть не менее 8 мм.

Иллюстрации могут быть расположены как по тексту, так и в приложении. Их следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией, за исключением иллюстраций приложений. Можно использовать сквозную

нумерацию рисунков по всему тексту ВКР (Рисунок 1, Рисунок 2 и т.д.). Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела, например: «Рисунок 1.1». Иллюстрации должны иметь наименование, которое должно располагаться под ним. Рисунок должен располагаться ниже текста документа, где первый раз упоминается о нем. НЕ ДОПУСКАЕТСЯ, чтобы иллюстрация и подпись к ней располагались на разных страницах!

Пример обозначения рисунка приведен ниже.

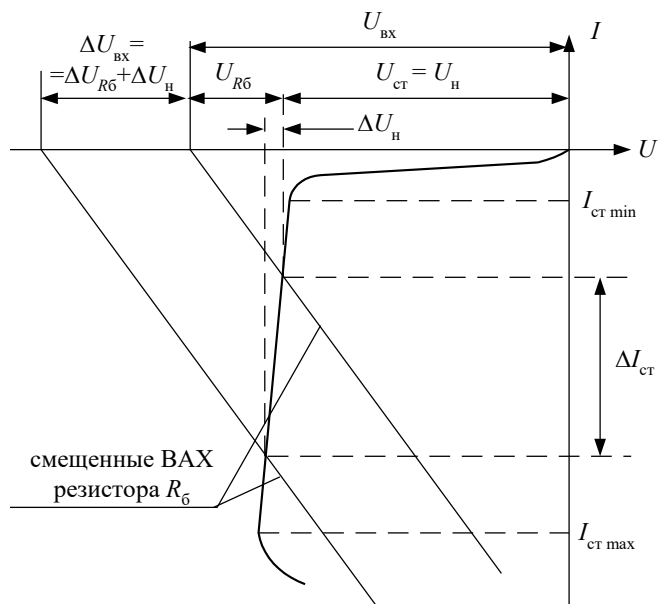


Рисунок 1.24 – Вольтамперная характеристика стабилизатора и резистора  $R_6$

На каждую таблицу и рисунок должна быть ссылка в тексте с анализом приводимых данных.

Формулы, содержащиеся в тексте, выполняются с помощью редактора формул. Формулы располагаются на отдельных строках в начале строки с отступом и имеют нумерацию в пределах раздела. Номер формулы состоит из номеров раздела и номера формулы, заключенных в круглые скобки. Номер формулы помещается в конце строки. Под формулой приводится расшифровка символов и числовых коэффициентов, если они не были пояснены ранее в тексте. Первая строка расшифровки начинается словом «где» без двоеточия после него. Выше и ниже каждой формулы должен быть интервал не менее 6 пт.

Ссылки на разделы, подразделы, пункты, формулы, таблицы, рисунки следует указывать их порядковым номером, например: «в разделе 1», «в подразделе 1.2», «по формуле (1.2)», «по данным таблицы 1.2», «на рисунке 1.1».

Графическая часть в виде чертежей является неотъемлемой частью проекта. Пример оформления списка литературы приведен ниже.

#### Список литературы

Книга одного автора

1. Витязев, В.В. Вейвлет-анализ временных рядов: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 58 с.

Книга двух и более авторов

2. Баркова, Н.А. Неразрушающий контроль технического состояния горных машин и оборудования: учебное пособие. / Н.А. Баркова, Ю.С. Дорошев. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 157 с.

Статья из журнала одного автора

3. Астафьева, Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166, №11. – С. 1145 – 1170.

Статья из журнала двух и более авторов

4. Баданин, Е.Ю., Дрозденко В.А. Диагностика и анализ вибрационного состояния ГЦН энергоблока БН-600 / Е.Ю. Баданин, В.А. Дрозденко // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. - 2009. - N 2. - С. 30-34

Электронный ресурс

5. Скворцов В. Разделение школьных предметов на образовательные и воспитательные – ошибка: челябинский эксперт [Электронный ресурс] // <http://regnum.ru>. [2011]. URL: <http://regnum.ru/news/cultura/1374311.html> (дата обращения: 03.03.2011).

## **2 ОСОБЕННОСТИ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА**

Технология сборки, монтажа и регулировки радиоэлектронной аппаратуры, у которой электрические соединения функциональных узлов и электрорадиоэлементов выполнялись кабельными изделиями, обладает высокой трудоемкостью. Общая сумма затрат на эти работы составляет 60 – 70% от всех прямых производственных расходов на радиоприбор в целом. Это объясняется слабой механизацией сборочных и монтажных работ, обусловленной трехмерным расположением различных узлов и точек соединений. Печатные платы позволяют перевести сборочные и монтажные элементы в двумерное пространство и механизировать производственные процессы. Конструктивной особенностью печатной платы является то, что на изоляционном основании наносится тонкие слои электропроводящего металла, имеющего хорошую адгезию с ней. Таким образом, печатная плата выполняет одновременно функции несущего основания для элементов и их коммутации.

Печатный монтаж по сравнению с кабельным монтажом имеет следующие преимущества:

- повышает плотность компоновки и монтажа;
- уменьшает массу и габариты узла;
- обеспечивает воспроизводимость ряда электрохарактеристик (волновое сопротивление, паразитные емкости), что упрощает настройку;



- позволяет автоматизировать процессы на всех стадиях изготовления печатных плат;
- сокращает трудоемкость сборочных и монтажных работ;
- обеспечивает ремонтпригодность и др.

Однако печатным платам, особенно многослойным, присущи недостатки:

- увеличенное время конструкторской разработки;
- нежелательные емкостные и индуктивные связи;
- трудность внесения изменения.

В зависимости от сложности и назначения печатные платы выполняют односторонними, двусторонними или многослойными, в жестком или гибком исполнении. Жесткие печатные платы обладают хорошей механической прочностью, их применяют для узлов и блоков. Гибкие печатные платы заменяют сложные жгуты; они особенно удобны в аппаратуре с подвижными рамами.

При конструировании применяют следующую терминологию:

печатный проводник – участок токопроводящего слоя на изоляционном основании;

печатный элемент – сопротивление, емкость, индуктивность и другие радиоэлементы, получаемые на общем с печатными проводниками изоляционном основании;

печатный монтаж – система печатных проводников, обеспечивающая электрическое соединение элементов схема или экранирование.

печатная схема – система печатных проводников, печатных электро- и радиоэлементов, нанесенная на изоляционное основание.

печатная плата – изоляционное основание с печатным монтажом или печатной схемой.

печатный узел – печатная схема с навесными элементами и другими деталями, прошедшая этапы сборки, пайки и в случае необходимости влагозащиты.

координатная сетка – сетка, наносимая на чертеж платы и служащая для определения положения монтажных и переходных отверстий, а также печатных проводников и других элементов платы.

шаг координатной сетки – постоянная величина, определяющая расстояние между соседними линиями координатной сетки.

узел сетки – точка пересечения линий координатной сетки.

база сетки – узел сетки, принимаемый за точку начала отсчета, как правило, это левое нижнее монтажное отверстие платы или левый нижний угол платы.

технологическое отверстие – отверстие в печатной плате, предусмотренное для технологических целей и используемое при выполнении технологических операций;

контактный переход – токопроводящий участок, обеспечивающий электрический контакт между проводниками, находящимися на различных сторонах или слоях платы;

переходное отверстие – контактный переход, выполняемый в виде металлизированного отверстия;

монтажное отверстие – отверстие, предназначенное для закрепления выводов навесного элемента;

контактная площадка – металлизированный участок, окружающий или примыкающий к монтажному отверстию, имеющий электрический контакт с печатным проводником и обеспечивающий возможность электрического соединения навесных электро- и радиоэлементов схемы с печатным монтажом;

навесные элементы – электро- и радиоэлементы, а также проволочные перемычки, закрепленные на печатной плате способом пайки и имеющие электрический контакт с печатным монтажом;

технологический проводник – вспомогательный печатный проводник, обеспечивающий соединение отдельных печатных проводников в процессе изготовления, в последствии удаляемый;

групповая пайка – способ одновременного электрического и механического соединения всех навесных элементов на печатной плате путем одновременного воздействия припоя на все контактные площадки;

маркировка – буквенные, цифровые, символические обозначения на печатной плате, нанесенные любым способом с целью указания номера навесного или печатного элемента, его расположения и т.д.;

подрезка контактной площадки – уменьшение площадки отрезанием по хорде с целью увеличения расстояния между контактной площадкой и токоведущими элементами схемы;

фотооригинал – увеличенное черно-белое контрастное изображение печатной платы, предназначенное для получения негатива (позитива) в натуральную величину.

ГОСТ 23751-86 установлены следующие типоразмеры и буквенные обозначения параметров печатных плат (рис. 1,2).

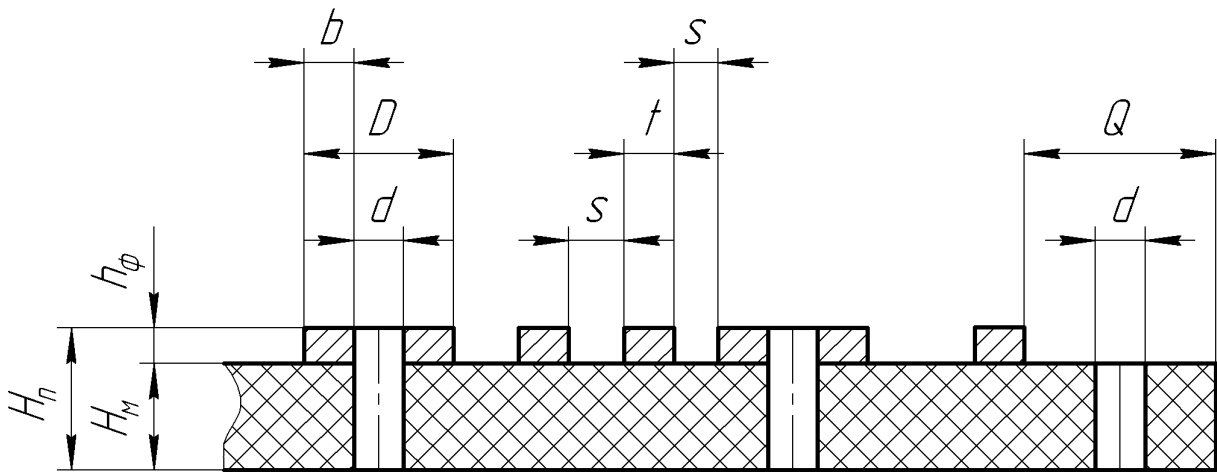


Рисунок 1 – Односторонняя печатная плата:

$H_n$  – толщина печатной платы;  $H_M$  – толщина основания печатной платы;  $h_\phi$  – толщина фольги;  $b$  – гарантийный пояс;  $D$  – диаметр контактной площадки;  $d$  – диаметр отверстия;  $S$  – расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка;  $t$  – ширина печатного проводника;  $Q$  – расстояние от края платы, выреза, паза до элементов проводящего рисунка.

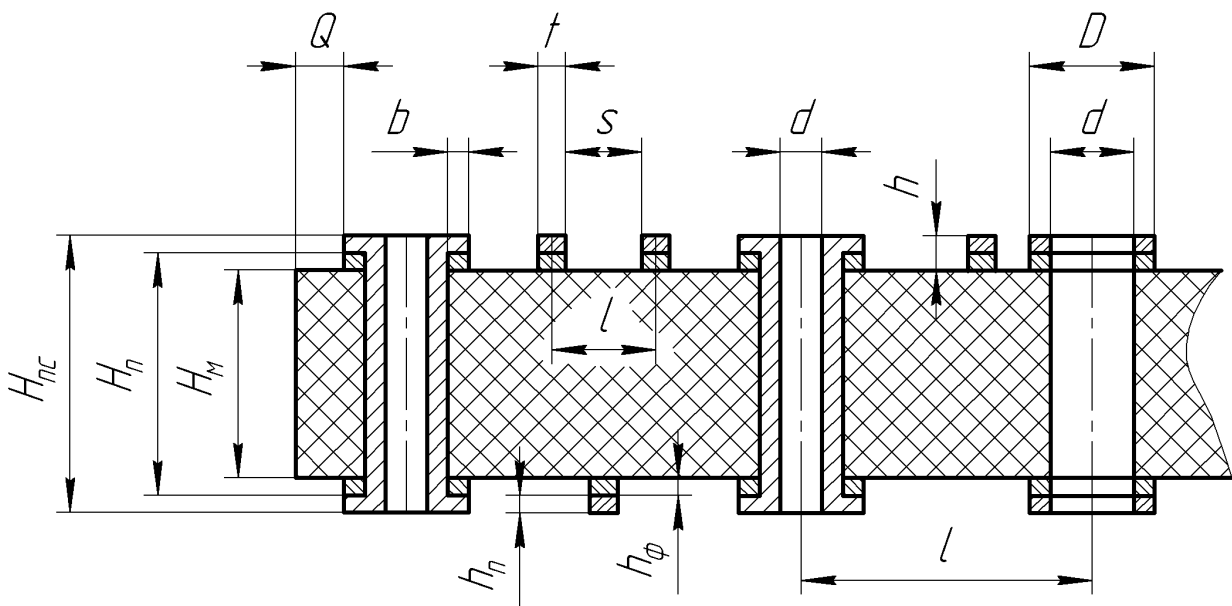


Рисунок 2 – Двусторонняя печатная плата:

$H_{nc}$  – общая суммарная толщина печатной платы;  $h_n$  – толщина химико-гальванического покрытия;  $h$  – толщина проводящего рисунка;  $l$  – расстояние между центрами (осями) элементов конструкции печатной платы.

### 3 ВЫБОР МЕТОДА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Печатный монтаж может быть выполнен двумя принципиально отличными друг от друга способами:

- нанесением проводящего рисунка на изоляционное основание;
- удалением лишних участков сплошного слоя металлизации, заранее нанесенного на изоляционное основание.

В настоящее время наибольшее распространение нашли следующие методы получения печатных плат:

химический – травление фольгированного диэлектрика без металлизации монтажных отверстий;

комбинированный – комбинации технологических приемов травления фольгированного диэлектрика с последующей металлизацией монтажных отверстий.

Выбор метода изготовления печатных плат необходимо производить при эскизной компоновке аппаратуры, в процессе которой определяются основные габариты и типоразмеры печатных плат и требуемая для данного изделия плотность монтажа. При выборе метода следует исходить из электрических параметров схемы изделия, применяемой элементной базы, климатических и механических требований, предъявляемых к конструкции аппаратуры, и обеспечения необходимой надежности её в различных условиях эксплуатации.

#### **4 ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛУ ОСНОВАНИЯ И ТОКОНЕСУЩИМ ПРОВОДНИКАМ**

Независимо от способа нанесения к токонесущим печатным проводникам предъявляются следующие требования:

- печатный проводник должен обладать удельной проводимостью, близкой по своей величине к удельной проводимости медных холодноотянутых проводников;
- площадь поперечного сечения и поверхность печатного проводника должны соответствовать плотности токов и рабочим частотам данного функционального узла, для которого разрабатывается печатный монтаж, а также допустимому падению напряжения на отдельных участках. При этом минимальная ширина проводников должна устанавливаться с учетом технических возможностей изготовления и механической прочности их сцепления с основанием;
- независимо от толщины, ширины и длины печатного проводника нанесенный металл должен иметь определенную адгезию, которая не должна ухудшаться при работе функционального узла в рабочем интервале температур и при кратковременном воздействии (10...15 с), при температуре 270°C (температура

нагрева при групповой пайке припоем ПОС – 61). Материал основания должен иметь;

- малую величину диэлектрических потерь в рабочем диапазоне радиочастот;
- минимальную диэлектрическую проницаемость;
- высокую электрическую прочность;
- большие значения поверхностного и объемного сопротивления;
- высокую нагревостойкость, допускающую кратковременный нагрев (10...15 с) до 270°C;
- высокую механическую прочность при небольших толщинах;
- удовлетворительные свойства обрабатываемости (сверление, фрезерование, штамповка);
- высокую химическую стойкость и неизменность свойств при воздействии холодной и горячей воды, электролитов, кислот, щелочей, органических растворителей и других химически активных веществ, применяемых при изготовлении печатного монтажа;
- температурный коэффициент линейного расширения, близкий к температурному коэффициенту линейного расширения фольги;
- поверхность основания должна быть плоской, без бугров и впадин для получения высококачественного рисунка печатного монтажа;
- высокие адсорбционные свойства к клею.

Материалы, рекомендуемые для изготовления печатных плат, приведены в таблице 1.

Таблица 1 –Свойства материалов, рекомендуемых для изготовления печатных плат

Показатели	Марка материала	
	ГФ – I, ГФ – 2	СФ-I, СФ-2
Плотность с фольгой, г/см	1,8 – 2,0	1,9 – 2,90
Плотность без фольги, г/см	1,3 – 1,4	1,6 – 1,85
Продел прочности при растяжении, Мпа	78	186
Водопоглощение, %	5	3
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом см, не менее	10 <sup>8</sup>	10 <sup>10</sup>

Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом см, не менее	10 <sup>9</sup>	10 <sup>11</sup>
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц, не более	0,038	0,045
Диэлектрическая проницаемость при частоте 1 МГц, не более	7	6

## 5 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И РАЗМЕРЫ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

По точности выполнения элементов конструкции печатные платы делятся на 4 класса. Класс точности указывают на чертеже платы. Номинальные значения основных параметров элементов конструкции печатной платы для узкого места приведены в таблице 2.

При разработке конструкции изделия печатные платы РЭА следует стремиться к ограниченному количеству типоразмеров плат. Разрабатываемые печатные платы рекомендуется выбирать прямоугольной формы по ГОСТ 10317-79.

Максимальные размеры печатной платы для каждого класса точности должен быть не значений приведенных в таблице 3.

Сопрягаемые размеры контура платы должны иметь предельные отклонения по 12-му качеству ОСТ 4. 010.004, несопрягаемые контуры по 14-му качеству ОСТ 4.010.004. Толщина печатной платы выбирается в зависимости от используемой элементной базы и воздействующих механических нагрузок из следующих предпочтительных значений: 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 мм. Шаг координатной сетки выбирают по таблице 4.

Таблица 2 –Номинальные значения основных параметров проводящего рисунка платы для узкого места, мм

Параметры проводящего Рисунка платы	Класс точности			
	1	2	3	4
Ширина проводника	0,75	0,45	0,25	0,15
Расстояние между краями соседних элементов	0,75	0,45	0,25	0,15
Гарантийный пояс	0,30	0,20	0,10	0,05

Таблица 3 – Максимальные размеры печатной платы, мм

Вид платы	Класс точности			
	1	2	3	4
Односторонняя	до 470×470	до 470×470	до 400×400	до 240×240
Двусторонняя	до 470×470	до 470×470	до 400×400	до 180×180

Таблица 4 – Величина шага координатной сетки

Класс точности	1	2	3	4
Шаг координатной сетки	2,5 (1,25)	2,5 (1,25)	1,25; 2,5 (0,50)	1,25; 2,5 (0,50)

Примечание. В скобках даны неpreferred значения.

Диаметр монтажных и переходных отверстий металлизированных и неметаллизированных должен соответствовать ГОСТ 10317-79.

Предпочтительные размеры монтажных отверстий выбирают из ряда: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5 мм, а переходных отверстий – 0,7; 0,9; 1,1 мм.

Номинальное значение диаметра монтажного отверстия (мм) определяется:

$$d = d_3 + r + (\Delta d_{no}),$$

где  $d_3$  – максимальное значение диаметра вывода навесного элемента, устанавливаемого на плату;

$r$  – разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода устанавливаемого элемента;

$\Delta d_{no}$  – нижнее предельное отклонение номинального значения диаметра отверстия.

Диаметры монтажных отверстий выбирают так, чтобы разность была в пределах 0,1 – 0,4 мм.

Предельные отклонения размеров диаметров монтажных и переходных отверстий устанавливают в соответствии с табл. 5.

Таблица 5 – Предельные отклонения диаметров монтажных и переходных отверстий, мм

Размер отверстия, мм	Наличие металлизации	Класс точности			
		1	2	3	4
До 0,1	Нет	±0,10	±0,10	±0,05	±0,05
	Есть	+0,10	+0,10	+0,05	+0,05
Свыше 1,0	Нет	-0,15	-0,15	-0,10	-0,10
		±0,15	±0,15	±0,10	±0,10
	Есть	+0,15	+0,15	+0,10	+0,10
		-0,20	-0,20	-0,15	-0,15

Номинальное значение ширины проводника  $t$  в миллиметрах рассчитывают по формуле:

$$t = t_{MD} + |\Delta t_{HO}|,$$

где  $t_{MD}$  – минимально допустимая ширина проводника;

$\Delta t_{HO}$  – нижнее предельное отклонение ширины проводника.

Минимально допустимую ширину печатного проводника определяют с использованием рис. 3.

Предельные отклонения ширины печатного проводника, контактной площадки, концевого печатного контакта, экрана  $\Delta t$  для узкого места должны соответствовать отклонениям, указанным в табл. 6.

Таблица 6 – Предельное отклонение ширины проводника от номинального значения,  $\Delta t$ , мм

Металлизация	Класс точности			
	1	2	3	4
Без покрытия	+0,15	+0,10	+0,03	+0,03
	-0,15	-0,10	-0,05	-0,03
С покрытием	+0,25	+0,15	+0,10	+0,05
	-0,20	-0,10	-0,08	-0,05

Номинальное значение расстояния между соседними элементами проводящего рисунка  $S$  в миллиметрах определяют по формуле:

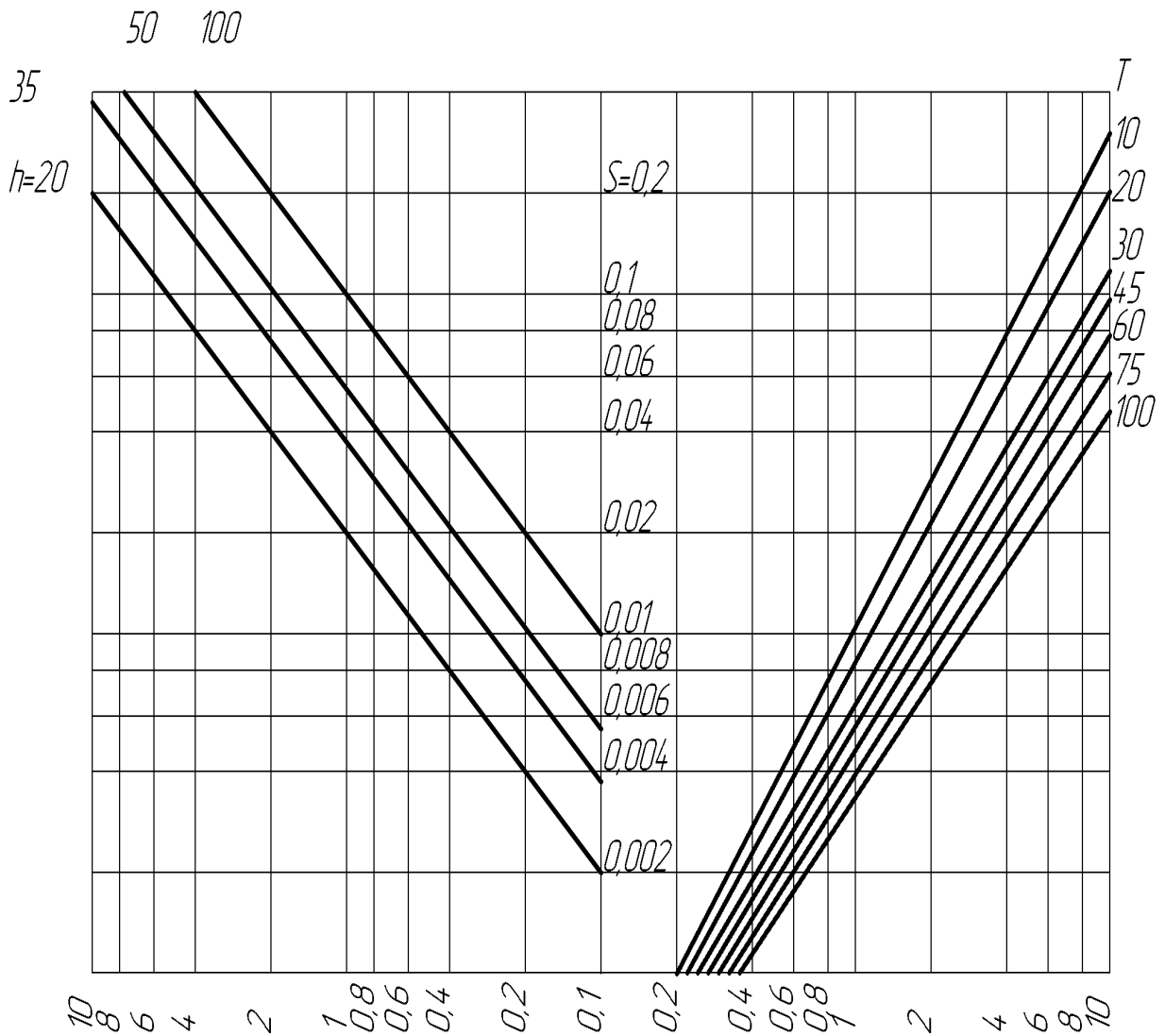
$$S = S_{MD} + \Delta t_{BO},$$

где  $S_{MD}$  – минимально допустимое расстояние между соседними элементами проводящего рисунка;

$\Delta t_{BO}$  – верхнее отклонение ширины проводника.

$S_{MD}$  выбирают из расчета обеспечения электрической прочности изоляции по табл. 7 и 8.





Ширина проводника  $t$ , мм. Величина тока  $J$ , А

Рис. 3. Нагрузочная способность печатного проводника по току:

$S$  – площадь поперечного сечения печатного проводника, мм<sup>2</sup>;  $h$  – толщина печатного проводника, мм;  $T$  – температура окружающей среды, °С.

Таблица 7 – Рабочее напряжение, В

Расстояние между	Вид диэлектрика
------------------	-----------------

элементами проводящего рисунка, S , мм	Гетинакс фольгированный (Гф)	Стеклотекстолит фольгированный (Сф)
От 0,1 до 0,20	-	25
Свыше 0,20 до 0,30	-	50
Свыше 0,30 до 0,40	75	100
Свыше 0,40 до 0,50	150	200
Свыше 0,50 до 0,75	250	350
Свыше 0,75 до 1,50	350	500
Свыше 1,50 до 2,50	500	850

Значения допустимых рабочих напряжений между элементами проводящего рисунка, расположенными на наружном слое печатной платы, приведены в табл. 8.

Таблица 8 – Допустимое рабочее напряжение между элементами платы, В

Расстояние между элементами проводящего рисунка, расположенными в одном слое, мм	Нормальные условия		Влажность *	
	Марка материала		Марка материала	
	ГФ-1, ГФ-2	СФ-1, СФ-2	ГФ-1, ГФ-2	СФ-1, СФ-2
От 0,15 до 2,00	–	25	–	15
Свыше 0,20 до 0,30	30	50	20	30
Свыше 0,30 до 0,40	100	150	50	100
Свыше 0,40 до 0,70	150	300	100	200
Свыше 0,70 до 1,20	300	400	230	300
Свыше 1,20 до 2,00	400	600	300	360
Свыше 2,00 до 3,50	500	830	360	430
Свыше 3,50 до 5,00	660	1160	500	600
Свыше 5,00 до 7,50	1160	1500	660	830
Свыше 7,50 до 10,0	1300	2000	830	1160
Свыше 10,0 до 15,0	1800	2300	1160	1660

\* Относительная влажность 93% при 40°С.

Значения позиционных допусков расположения осей отверстий  $T_d$  в диаметральном выражении приведены в табл. 9.

Таблица 9 – Позиционный допуск расположения осей отверстия  $T_d$ , мм

Размер печатной платы по большей стороне, мм	Класс точности платы			
	1	2	3	4
До 180	0,20	0,15	0,08	0,05
Свыше 180 до 360	0,25	0,20	0,10	0,08
Свыше 360	0,30	0,25	0,15	0,10

Значения позиционных допусков расположения центров контактных площадок  $T_D$  в диаметральном выражении приведены в табл. 10.

Таблица 10 – Позиционный допуск расположения центров контактных площадок

$T_D$ , мм

Вид изделия	Размер печатной платы по большей стороне, мм	Класс точности платы			
		1	2	3	4
ОПП, ДПП	До 180	0,35	0,25	0,15	0,10
	Свыше 180 до 360	0,40	0,30	0,20	0,15
	Свыше 360	0,45	0,35	0,25	0,20

Значения позиционных допусков расположения печатного проводника  $T_l$  относительно соседнего элемента проводящего рисунка в диаметральном выражении приведены в табл. 11.

Таблица 11 – Позиционный допуск расположения печатного проводника  $T_l$ , мм

Вид изделия	Класс точности платы			
	1	2	3	4
ОПП, ДПП	0,2	0,10	0,05	0,03

Расчет наименьшего номинального диаметра контактной площадки производят по формуле:

$$D = (d + \Delta d_{BO}) + 2b + \Delta t_{BO} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{no}^2)^{1/2}, \quad (4)$$

где  $d$  – номинальное значение диаметра монтажного отверстия, (1);

$\Delta d_{BO}$  – верхнее предельное отклонение диаметра отверстия (табл. 5);

$b$  – гарантийный поясок (табл. 2);

$\Delta t_{BO}$  – верхнее предельное отклонение ширины проводника (табл. 6);

$T_d$  – значение позиционного допуска расположения центров отверстий (табл. 9);

$T_D$  – значение позиционного допуска расположения центров контактных площадок (табл. 10);

$\Delta t_{no}$  – нижнее предельное отклонение диаметра контактной площадки (табл.5).

Наименьшее номинальное расстояние для прокладки  $n$ -го количества проводников рассчитывают по формуле:

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S \cdot (n + 1) + T_l, \quad (5)$$

где  $D_1, D_2$  – диаметры контактных площадок;

$n$  – количество проводников;

$t$  – ширина проводника (табл. 2);

$S$  – расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка (табл. 2);

$T_i$  – значения позиционного допуска расположения печатного проводника (табл. 11).

## **6 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ**

Разработка конструкции печатной платы включает следующие основные этапы:

- изучение технического задания на изделие (печатный узел, блок), в состав которого входит конструируемая плата;
- выбор типа печатной платы;
- выбор класса точности;
- выбор габаритных размеров и конфигурации печатной платы;
- выбор материала основания печатной платы;
- размещение навесных элементов на печатной плате;
- трассировка проводников, размещение элементов проводящего рисунка на печатной плате;
- разработка конструкторской документации.

На основании требований технического задания определяют условия эксплуатации, хранения и транспортирования печатных плат. В зависимости от условий эксплуатации определяют группу жесткости, обуславливающую соответствующие требования к конструкции платы, используемому материалу основания, проводящему рисунку и необходимости применения дополнительной защиты от климатических, механических и других воздействий (табл. 12).

При выборе типа печатной платы учитывают технико-экономические показатели.

Печатные платы 1 и 2-го классов точности наиболее просты в исполнении, надежны в эксплуатации и имеют минимальную стоимость.

Печатные платы 3 и 4-го классов точности требуют использования высококачественных материалов, инструмента и оборудования, ограничения габаритных размеров.

## **7 КОМПОНОВКА УЗЛОВ И СУББЛОКОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

Корпусные микросхемы можно разделить на два класса: микросхемы в корпусах со штыревыми выводами и в корпусах и в корпусах с планарными выводами. Конструкция выводов приводит к необходимости использования различных методов установки и закрепления микросхем на поверхности печатных

плат. Сущность и особенности методов отражены в ОСТ 4ГО. 010.009 и других стандартах и заключаются в следующем.

Корпусные интегральные микросхемы располагаются на печатной плате рядами. Шаг установки микросхем определяется с учетом конструктивных параметров корпуса микросхемы, сложности электрической принципиальной схемы, температурных требований, метода разработки топологии печатных плат (ручной или автоматизированной) и др.

Шаг установки микросхем со штыревыми выводами должен быть кратным 2,5 мм. Метод установки и крепления микросхем должен обеспечивать доступ к любой микросхеме и при необходимости возможности её замены, а первый вывод микросхемы должен совмещаться с ключом контактной площадки печатной платы. Корпусные микросхемы со штыревыми выводами, расстояние между выводами которых неоднократно 2,5 мм, располагаются на печатной плате таким образом, чтобы один или несколько выводов микросхемы совпадали с узлами координатной сетки (рис.4)

Расположение микросхем в корпусах с планарными выводами и бескорпусных микросхем относительно координатной сетки печатной платы определяется их разметкой на плате. Такие микросхемы следует размещать с учетом симметричного расположения выводов относительно контактных площадок (рис. 5).

Таблица 12 – Величина воздействующих на плату факторов

Наименование воздействующего фактора		Группа жесткости			
		1	2	3	4
Температура окружающей среды, °С	Верхнее значение	55	85	85	100
	Нижнее значение	-25	-40	-60	-60
Влажность воздуха, %		75*	95**	98*	98*
Изменение температуры среды, °С		От -40 до +35	От -60 до +60	От -60 до +85	От -60 до +100
Добавление, кПа (мм рт. ст.)		Нормальное	46,7 (350)	46,7 (350)	0,67 (5)

\* при температуре 35°С.

\*\* при температуре 25°С.

При установке корпусных микросхем со штыревыми выводами на печатную плату руководствуются следующими соображениями, выработанными практикой сборки:

– величина выступающей части выводов над поверхностью платы в местах пайки должна быть в пределах 0,5 ... 1,6 мм;

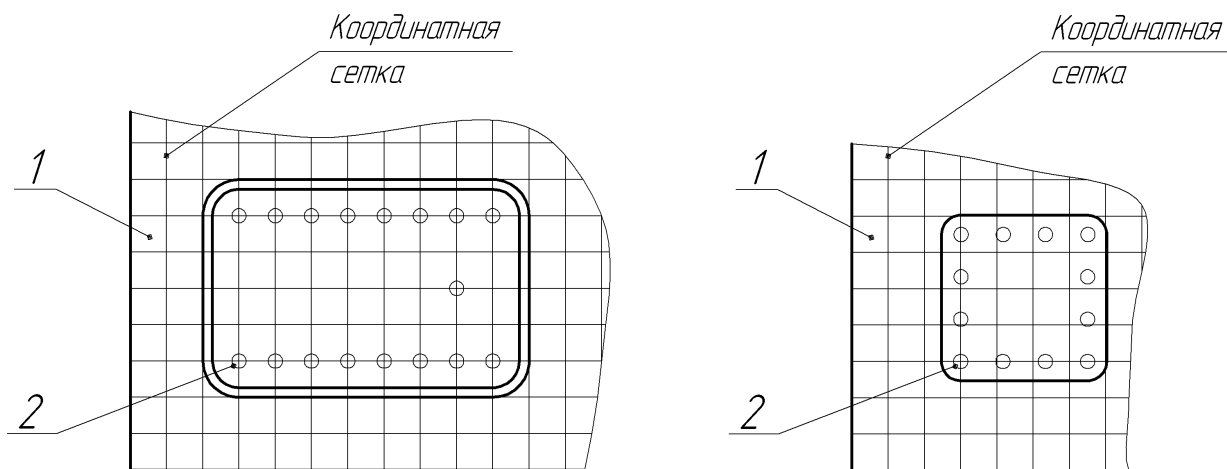


Рисунок 4– Расположение микросхем со штыревыми выводами на печатной плате: а – расстояние между выводами равно 2,5 мм. б – расстояние между выводами не равно 2,5 мм. 1 – плата печатная; 2 – вывод микросхемы.

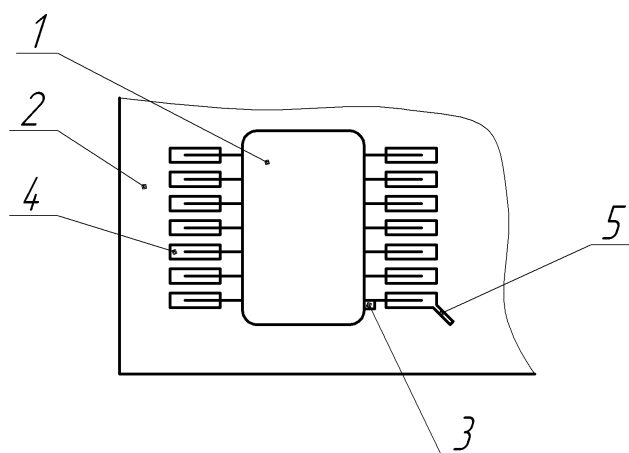


Рисунок 5– Расположение микросхем с планарными выводами на печатной плате: 1 – микросхема; 2 – плата печатная; 3 – первый вывод микросхемы; 4 – площадка контактная; 5 – ключ.

– для обеспечения демонтажа корпуса зазор между корпусами в одном из направлений установки должен быть не менее 1,6 мм.

Установка корпусных микросхем с планарными выводами может быть выполнена с зазором или без него. Иногда корпус микросхемы устанавливают на перфорированную пленку, которую приклеивают к поверхности печатной платы нитроклеем АК-20. В ряде случаев корпус микросхемы устанавливают на прокладки из изоляционного материала, которые клеятся к печатной плате эпоксидным клеем ВК-9. Размер прокладок выбирается из соотношения 6,5 x 0,3 x L, где L – длина ряда микросхем, размещаемых на плате. В качестве материала

для прокладок обычно используют стеклотекстолит ВТФ-С ТУ – 35 – ХП – 814 – 65 толщиной 0,3 мм.

Гибридные микросхемы повышенной степени интеграции рекомендуется устанавливать печатные платы и несущие рамки с помощью компаундов и клеев (указанных в технических условиях на микросхемы), обладающих демпфирующими свойствами и не оказывающих отрицательного химического воздействия на конструкцию и материал микросхем.

В зависимости от размеров конструкции корпусов, а так же методов проектирования (ручной или автоматизированный) шаг установки микросхем может быть выбран из табл.13.

Таблица 13 – Рекомендуемый шаг установки микросхем на плате, мм

Шаг установки микросхем, мм	Тип корпуса микросхем			
	401.14-1 401.14-2	301.8-1 301.8-2	201.14-1	151.15-1
12,5 x 12,5	–	+	–	–
12,5 x 15,0	–	+	–	–
12,5 x 17,5	+	+	–	–
12,5 x 20,0	+	–	+	–
12,5 x 22,5	+	+	+	–
15,0 x 15,0	–	+	–	–
15,0 x 17,5	+	+	–	–
15,0 x 20,0	+	+	+	+
15,0 x 22,5	+	+	+	+
17,5 x 17,5	+	+	–	–
17,5 x 20,0	+	+	+	+
17,5 x 22,5	+	+	+	+
20,0 x 20,0	+	+	+	+
22,5 x 22,5	+	+	+	+

Примечание. Знак “+” соответствует рекомендуемым шагам установки микросхем на плате.

Зона расположения мест установки микросхем на печатной плате показана на рисунке 6.

Расчет максимального количества микросхем  $n$  при размещении их на одной стороне печатной платы производится по формуле:

$$n = n_x \cdot n_y .$$

Минимальные технологические размеры краевых полей  $x_1$  ,  $x_2$  ,  $y_1$  ,  $y_2$  должны быть не менее 5 мм.

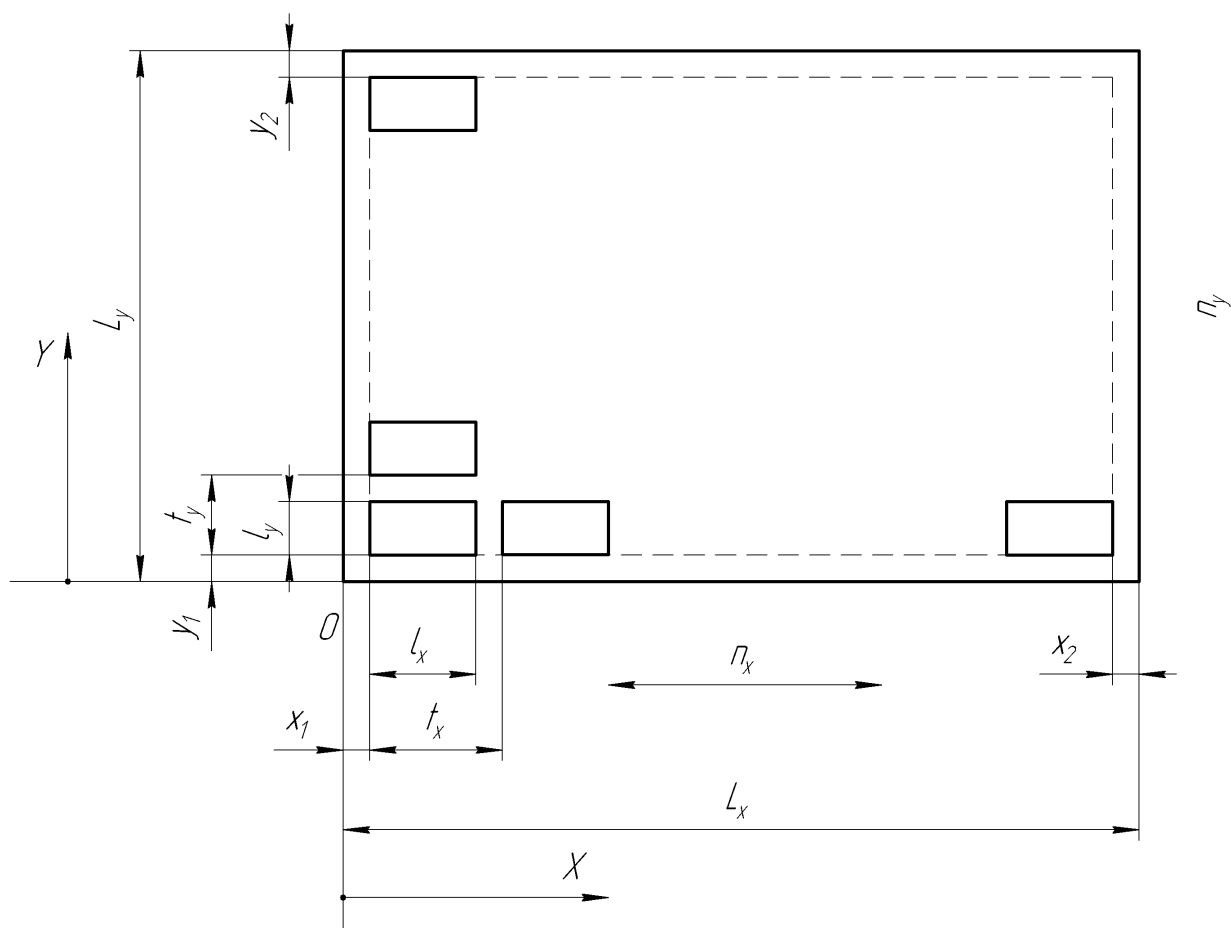


Рисунок 6— Зона расположения мест установки микросхем на печатной плате:  
 $n_x$  – количество микросхем в одном ряду;  $n_y$  – количество рядов микросхем;  $L_x, L_y$  – размеры печатной платы по осям  $x$  и  $y$ ;  $l_x, l_y$  – размеры между крайними выводами корпуса микросхемы по осям  $x$  и  $y$ ;  $t_x, t_y$  – шаги установки микросхем по осям  $x$  и  $y$ ;  $x_1, x_2$  – краевые поля на плате  $x_1 = x_2$ ;  $y_1$  – краевое поле для элементов внешней коммутации;  $y_2$  – краевое поле для элементов контроля.

Маркировку микросхем на печатных платах узлов, субблоков и кассет рекомендуется использовать буквенно-цифровую. По оси  $X$  на печатной плате наносится буквенное обозначение микросхемы, по оси  $Y$  – цифровое обозначение (рис. 7). Ось  $X$  – сторона печатной платы, вдоль которой расположены концевые контакты. В перечень элементов и принципиальную электрическую схему записывается конструктивное обозначение микросхемы.

Дискретные навесные элементы рекомендуется устанавливать на печатных платах со стороны расположения микросхем. Навесные элементы могут быть установлены на плату одним из трех способов:

- а) вплотную или на изоляцию; б) с зазором над платой; в) над платой с фигурной гибкой. Все три способа установки распространяются на платы, изготовленные любым методом с односторонним и двусторонним расположением печатных



проводников. Многовыводные элементы (дрессели, трансформаторы, линии задержки) устанавливаются на плату с зазором не менее 2 мм.

Для обеспечения высокой надежности (по соображениям вибропрочности) основным вариантом установки навесных элементов на платы является установка вплотную.

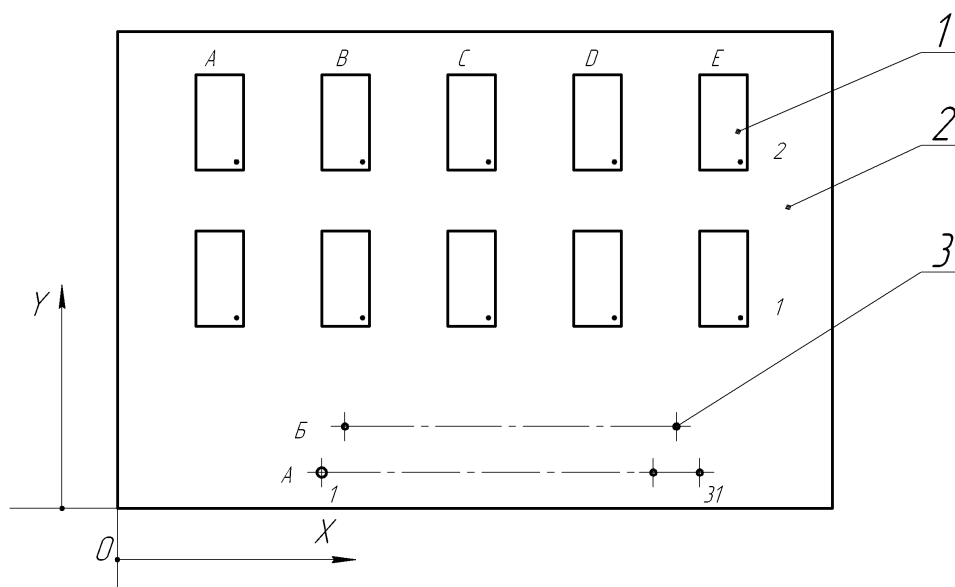


Рисунок 7– Маркировка микросхем на печатной плате:  
1 – микросхема; 2 – плата печатная; 3 – контакт концевой.

Дискретные элементы крепятся на плате главным образом с помощью пайки, при этом используются предполагаемые места для установки микросхем (посадочные места микросхемы). При необходимости дополнительного крепления навесных ЭРЭ на печатных платах детали крепления следует выбирать в соответствии с ОСТ 4 ГО. 812.000.

Незадействованные выходы микросхем, как правило, должны запаиваться для обеспечения устойчивости конструкций микросхем к механическим воздействиям.

Для получения возможно большей плотности проводников стремятся уменьшить габариты печатных плат, однако при этом существенно возрастает стоимость изготовления.

## 8 ОСОБЕННОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Чертежи должны содержать основные проекции с печатными проводниками и отверстиями. Допускается дополнительная проекция платы без проводников, на которой могут быть проставлены размеры для механической обработки платы, маркировки и т.д.

Чертежи печатной платы необходимо выполнять в масштабе 2:1 или 4:1.

На чертеж печатной платы необходимо наносить координатную сетку линиями толщиной 0,2-0,5 мм в соответствии с выбранным шагом и масштабом.

Линии координатной сетки относительно нулевой нумеруют через один или несколько шагов (но не более пяти) цифрами. За нуль отсчета рекомендуется брать нижний левый угол главной проекции платы.

Круглые контактные площадки выполняют окружностью. Для простановки размеров контактных площадок под многовыводные элементы контактную группу в увеличенном масштабе выносят на поле чертежа.

Размер отверстия на чертеже печатной платы обозначают условно.

Проводники, имеющие заданную ширину, допускается выполнить штриховкой, зачернением и т.п. линиями.

Маркировку располагают на чертеже с одной или двух сторон. Технические требования располагаются на поле чертежа печатной платы в соответствии с ГОСТ 2.316-68 и ГОСТ 2.417-78.

Технические требования группируются и записываются в следующей последовательности:

1. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79, группа жесткости I.
2. Класс точности I по ГОСТ 23751-86.
3. Шаг координатной сетки 2,5 мм.
4. Параметры элементов рисунка печатной платы (см. образец табл.).
5. Маркировать ... (указать вид маркировки, если ее исполнение отлично от исполнения проводящего рисунка), шрифт ... (указать номер шрифта).

Параметры элементов рисунка группируют в виде таблицы и помещают на свободном поле чертежа в соответствии с ГОСТ 2.316-68.

Образец таблицы.

Условное обозначение отверстия	Диаметр отверстия Мм	Минимальный диаметр контактной площадки, мм	Наличие металлизации в отверстии	Количество отверстий
0	1,00	1,40	Имеется	26
0	1,60	1,80	Имеется	18

### Особенности оформления сборочного чертежа

На сборочном чертеже функционального узла изображается печатная плата с установленными на ней навесными элементами, установочными и

вспомогательными деталями (выводами, скобками, маркировочными бирками и т.д). Как правило, необходимо показывать функциональный узел в двух проекциях.

На всех навесных элементах функционального узла, показанных на сборочном чертеже, должны быть указаны позиционные обозначения элементов согласно принципиальной электрической схеме. Эти обозначения (R1; R2; C1 ..... C4 и т.д.) проставляются на изображениях элементов основной проекции и записываются в графе “Примечания” спецификации. Если некоторые элементы схемы с несколькими выводами не имеют обозначений выводов, то на чертеже допускается условная нумерация этих выводов. На реальных элементах позиционные обозначения, как правило, не выполняются и на поле сборочного чертежа оговаривается: “Маркировка ЭРЭ дана для справок и воспроизведению документов не подлежит”. На сборочном чертеже разрешается не показывать печатные проводники. В этом случае на поле чертежа в технических требованиях делают запись: “Печатные проводники условно не показаны”. При наличии в конструкции навесных монтажных проводников (объемные перемычки) они должны быть показаны и записаны в спецификацию в определенном порядке.

В технических требованиях сборочного чертежа должны быть оговорены:

- справочные размеры (1\*. Размеры для справок);
- требования к монтажу (2. Радиоэлементы устанавливать по ОСТ 4ГО 010.030-81, вариант ...);
- марка припоя и его ГОСТ (3. Паять припоем ПОС-61 ГОСТ 31931-76);
- специальные требования к монтажу отдельных элементов (4. Клеить к плате транзисторы Т1, Т2 клеим БФ-4 ГОСТ 12172-76);
- указания по нанесению маркировки (5. Маркировку производить методом декалькомании или: 5. Маркировка ЭРЭ дана для справок и воспроизведению на элементах не подлежит);
- способ защиты от влаги и других дестабилизирующих факторов (6. После сборки и настройки покрыть лаком Э34100 в два слоя, защитив выводы поз.2,4)

## **9 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

1. Получить техническое задание и электрическую принципиальную схему.
2. Выбрать тип печатной платы: односторонняя, двусторонняя (табл.3.).
3. Определить класс точности (табл.2.).
4. Выбрать материал основания (табл.1).

5. Составить перечень элементов к принципиальной схеме. Одновременно необходимо выписать номера ГОСТов или ТУ на каждый элемент электрической принципиальной схемы.

6. Определить габаритные и установочные размеры элементов.

7. В программе DipTrace или P-cad создать электрическую принципиальную схему и выполнить ее трассировку.

8. Оформить чертежи согласно требованиям ЕСКД.

## Список литературы

1. Солдаткин, В. В. Построение и методы исследования информационно-измерительных систем / В.В. Солдаткин. Казань.: Изд-во КГТУ, 2008.
2. Марков, А.В. Основы проектирования измерительных приборов: учебное пособие / А.В. Марков; Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2014. – 54с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/63692#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/63692#book_name).
3. Валетов, В.А. Интеллектуальные технологии производства приборов и систем: Учебное пособие / В. А. Валетов, А. А. Орлова, С. Д. Третьяков. СПб: Университет ИТМО, 2008. – 134 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/40755#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/40755#book_name)
4. Мылов, Г.В. Методологические основы автоматизации конструкторско-технологического проектирования гибких многослойных печатных плат / Г. В. Малов, А. И. Таганов. М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 168 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/55673#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/55673#book_name).
5. Афонский, А.А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов. М.: СОЛОН-Пресс, 2009. – 544 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/13744#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/13744#book_name).
6. Сидоров, И.Н. Конструирование измерительных приборов: учебно-методическое пособие / И.Н. Сидоров, В. В. Туктарова. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017. – 73 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://e-library.kai.ru/reader/hu/flipping/Resource-3120/3037.pdf/index.html>.
7. ГОСТ 19.201-78. Государственный стандарт. ЕСПД. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.
8. ГОСТ 2.701-84. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
9. ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры.
10. ГОСТ 29137-91. Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы.
11. ГОСТ 26.014-81 ЕССП. Средства измерений и автоматизации. Сигналы электрические кодированные входные и выходные.

Институт: Чистопольский филиал «Восток» КНИТУ-КАИ

Кафедра: приборостроение

Направление подготовки: 12.03.01 Приборостроение

### ЗАДАНИЕ

#### на курсовой проект

обучающегося группы 21401 Иванова А.А.

по дисциплине «Основы проектирования электронных средств»

1. Тема: «Разработка печатного узла микромощного стереопередатчика».
2. Перечень подлежащих разработке вопросов:
  - анализ принципа функционирования устройства;
  - анализ технологичности изделия;
  - расчет конструктивных параметров печатной платы (размеров печатной платы; диаметров и количества монтажных отверстий; диаметров контактных площадок; минимального расстояния между центрами двух соседних отверстий для прокладки нужного количества проводников);
  - расчет ширины проводников;
  - трассировка печатной платы;
  - разработка конструкции корпуса прибора.
3. Перечень графического материала:
  - электрическая принципиальная схема с перечнем элементов;
  - чертеж печатной платы;
  - сборочный чертеж печатного узла со спецификацией;
  - чертеж корпуса прибора.
4. Исходные данные: электрическая принципиальная схема и описание устройства приведены в журнале «Радио» № 3–2007г.

Дата выдачи задания «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_г.

Руководитель курсового проекта:

к.т.н., ст. преподаватель кафедры приборостроения В.В. Туктарова \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению обучающийся группы 21401 А.А. Иванов \_\_\_\_\_

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»  
(КНИТУ-КАИ)  
Чистопольский филиал «Восток»  
кафедра приборостроения  
12.03.01 Приборостроение

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**  
по дисциплине: Основы проектирования электронных средств

на тему: «Разработка технологического процесса изготовления печатного узла. Загрузчик кода частоты в ДМВ-модуляторе на базе микросхемы ТА 1243CF»

Обучающийся \_\_\_\_\_  
(номер группы) (подпись, дата) (Ф.И.О.)

Руководитель \_\_\_\_\_  
(должность) (Ф.И.О.)

Курсовой проект зачтен с оценкой \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

Чистополь 20\_\_

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»  
(КНИТУ-КАИ)

Чистопольский филиал «Восток»  
кафедра приборостроения

12.03.01 Приборостроение

**АННОТАЦИЯ**  
курсового проекта

обучающегося группы \_\_\_\_\_

Институт: Чистопольский филиал «Восток» КНИТУ-КАИ \_\_\_\_\_

Кафедра приборостроения \_\_\_\_\_

Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение \_\_\_\_\_

Наименование темы: \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

**ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

1. Цель исследования \_\_\_\_\_ 2.

Полное число литературных источников, использованных в работе

Отечественных			Иностранных		
Последние 5 лет	От 5 до 10 лет	Более 10 лет	Последние 5 лет	От 5 до 10 лет	Более 10 лет

3. Использование информационных ресурсов Internet \_\_\_\_\_  
(да, нет, число ссылок в списке литературы)

4. Использование современных пакетов компьютерных программ и технологий  
\_\_\_\_\_ (указать какие именно и в каком разделе)

5. Краткое содержание проекта: \_\_\_\_\_

Обучающийся группы 21401 \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_г.



Содержание

Введение.....

1 Описание устройства «Загрузчик кода частоты» .....

2 Анализ технологичности изделия .....

3 Расчет конструктивных параметров печатной платы.....

4 Расчет ширины проводников.....

5 Трассировка печатной платы.....

Заключение.....

Список литературы.....

Приложение 1. Схема электрическая принципиальная

Приложение 2. Чертеж печатной платы

Приложение 3. Сборочный чертеж печатного узла

Приложение 4. Чертеж корпуса изделия