

# **Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств**

## ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 3  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

Воронеж 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

**Основы конструирования  
и технологии производства  
радиоэлектронных средств**

***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 3  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

Воронеж 2022

УДК 721:53(073)  
ББК 38.113я7-5

*Составитель Ю. В. Худяков*

**Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств:** методические указания к выполнению лабораторной работы № 3 для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Ю. В. Худяков. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022.– 17 с.

В методических указаниях рассматривается способ расчета площади печатной платы, определяемой элементной базой устройства. Тематика лабораторной работы соответствует рабочей программе дисциплины «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств».

Предназначены для студентов 3 курса специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ОКТПРЭС\_УМД\_ЛР3.pdf.

Ил. 3. Табл. 3. Библиогр.: 4 назв.

**УДК 721:53(073)**  
**ББК 38.113я7-5**

**Рецензент** – А. В. Останков, д-р техн. наук, профессор  
кафедры радиотехники ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Данные методические указания к выполнению лабораторной работы составлены в соответствии с программой курса «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств» для специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

В указаниях рассматриваются вопросы выбора печатной платы изделия и расчета ее площади.

### **1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ**

Целью лабораторной работы является:

- Определение общей площади всех компонентов изделия включая крепежные и иные, не представленные на схеме электрической принципиальной.
- Выбор коэффициента заполнения площади печатной платы.
- Расчет площади печатной платы

### **2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Содержанием практической части работы является упорядочивание установочных размеров и площадей всех компонентов, полученных при выборе элементной базы, а также крепежных и иных компонентов, не представленные на схеме электрической принципиальной. На основании назначения изделия и условий его эксплуатации выбирается коэффициент заполнения площади печатной платы. Проводится окончательный расчет площади печатной платы.

### **3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ**

Печатная плата представляет собой изделие, предназначенное для электрического соединения и механического крепления устанавливаемых на нем ЭРЭ и состоящее из одного (двух) проводящих рисунков, расположенных на поверхности основания, или из системы проводящих рисунков, размещенных в объеме и на поверхности основания, соединенных между собой в соответствии с электрической схемой печатного узла.

Печатный узел представляет собой печатную плату с подсоединенными к ней в соответствии с чертежом электрическими и механическими элементами, а также другими ПП.

Основанием печатной платы называется элемент конструкции ПП, на поверхности и (или) в объеме которого выполняется проводящий рисунок или система проводящих рисунков.

Рисунком печатной платы называют конфигурацию проводникового и (или) диэлектрического материала на печатной плате.

Проводящий рисунок образует конфигурация проводникового материала на поверхности или в объеме основания ПП, а непроводящий рисунок образует диэлектрический материал основания ПП. Проводящий рисунок образуют

печатные проводники, контактные площадки, экраны, металлизированные отверстия и печатные компоненты.

Печатным проводником называют одну полосу в проводящем рисунке ПП. Если все электрические соединения элементов электронного узла выполнены печатными проводниками, то такой монтаж называется печатным.

Печатный контакт представляет собой участок проводящего рисунка, служащий частью электрического контакта.

Концевые печатные контакты образуют ряд печатных контактов, расположенных на краю ПП и предназначенных для сопряжения с электрическим соединителем непосредственного сочленения.

Контактная площадка ПП – часть проводящего рисунка, используемая для электрического подсоединения выводов ЭРЭ.

Крепежные отверстия ПП – неметаллизированные отверстия для механического крепления ПП к базовой несущей конструкции или для механического крепления ЭРЭ к печатной плате.

Монтажные отверстия – отверстия для электрического соединения выводов ЭРЭ с проводящим рисунком ПП.

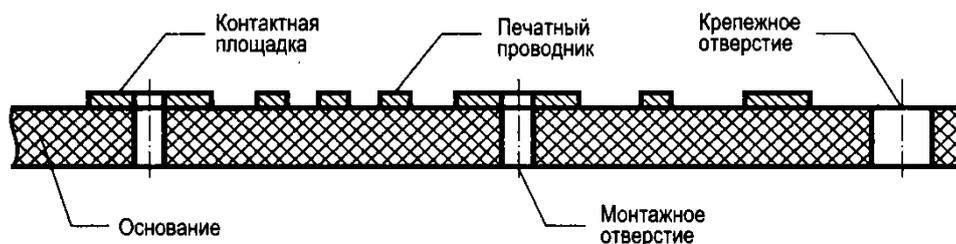
Металлизированное отверстие ПП – отверстие в печатной плате, на стенку которого нанесен проводниковый материал.

Переходное отверстие ПП представляет собой металлизированное отверстие в печатной плате, служащее для электрического соединения проводящих рисунков, находящихся на разных проводящих слоях (под проводящим слоем ПП понимают проводящий рисунок печатной платы, расположенный в одной плоскости). Различают сквозные переходные отверстия, соединяющие проводящие рисунки внутренних и (или) внешних слоев ПП, имеющие выходы на обе стороны печатной платы, и глухие переходные отверстия, имеющие выход только на одну из сторон ПП.

Печатным компонентом называется электронный компонент (например, резистор, конденсатор и др.), являющийся частью проводящего и непроводящего рисунков ПП.

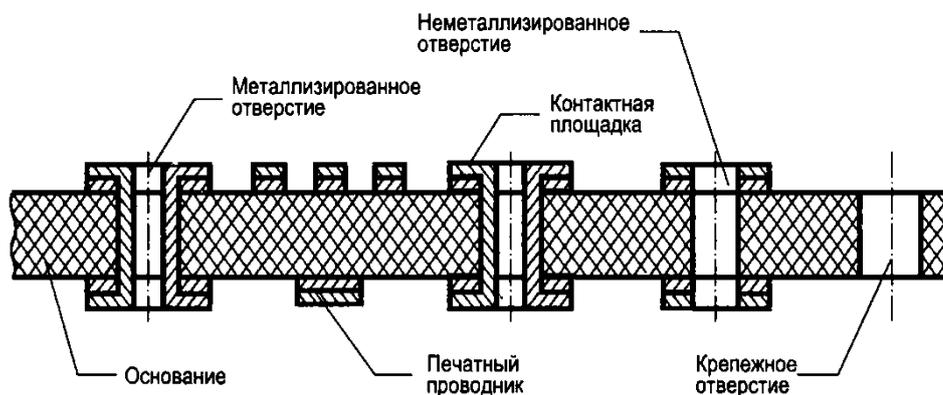
Различают односторонние печатные платы (ОПП), двусторонние печатные платы (ДПП), многослойные печатные платы (МПП), рельефные печатные платы (РПП), гибкие печатные платы (ГПП), гибко-жесткие платы (ГЖП), а также гибкие печатные кабели (ГПК).

К ОПП относят платы, на одной стороне основания которой выполнен проводящий рисунок (рис. 1). Они наиболее просты в изготовлении и применяются в относительно несложных ЭС, когда нет повышенных требований к миниатюризации и надежности конструкции в целом.



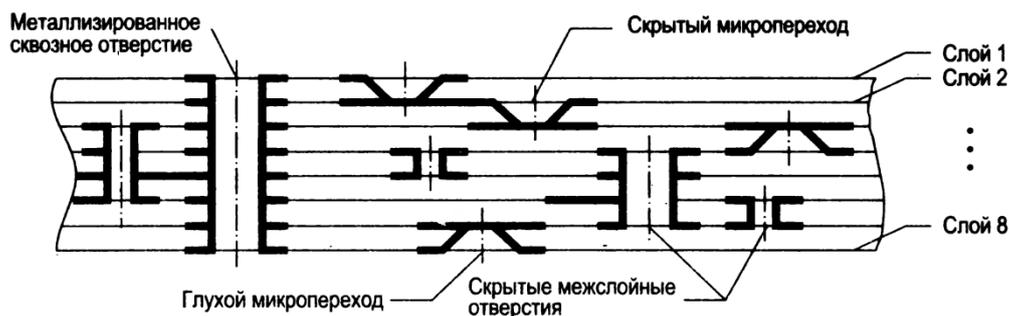
**Рис. 1.** Схема строения односторонней печатной платы

ДПП (рис. 2) отличается от ОПП тем, что проводящий рисунок и все требуемые соединения выполняются на обеих сторонах основания платы. ДПП применяются в более сложных конструкциях ЭС, а также в тех случаях, когда использование ОПП по тем или иным причинам недопустимо.



**Рис. 2.** Схема строения двусторонней печатной платы

МПП представляет собой печатную плату, состоящую из чередующихся слоев проводящих и непроводящих рисунков, между которыми выполнены все необходимые соединения в соответствии с электрической схемой печатного узла (рис. 3).



**Рис. 3.** Схема строения многослойной печатной платы

МПП являются наиболее компактными и надежными ПП. Вследствие большой трудоемкости изготовления, высокой стоимости и сложности технологического оборудования, низкой ремонтопригодности МПП применяются для отработанных конструкций сложных ЭС, таких как электронно-вычислительное и телекоммуникационное оборудование, медицинская, авиационная и космическая техника.

#### **4. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

Требования, предъявляемые к печатной плате как к несущей конструкции, на которой смонтированы ЭРЭ, определяют механические и электрические характеристики ПП для заданных условий эксплуатации.

ГОСТ Р 53429-2009, распространяемый на все виды печатных плат, устанавливает семь классов точности на размеры печатных плат, элементы конструкции ПП и позиционные допуски их расположения, а также определяет основные электрические параметры ПП: допустимую токовую нагрузку, рабочие напряжения, сопротивления печатных проводников.

Различают 7 классов точности изготовления ПП. По классам точности распределяются наименьшие номинальные размеры, предельные отклонения и позиционные допуски элементов конструкции ПП для узкого места. Под узким местом понимают такой участок ПП, на котором элементы печатного проводящего рисунка и расстояния между ними могут быть выполнены только с минимально допустимыми значениями.

Класс точности ПП указывают в конструкторской документации на ПП. Выбор класса точности обусловлен составом элементной базы, требованиями к миниатюризации аппаратуры, надежности, стоимости и всегда связан с уровнем технологического оснащения конкретного производства. Самый низкий класс точности 1, самый высокий 7.

Например, ширина проводника и расстояние между проводниками в зависимости от класса точности изменяется от 0,75 мм до 0,05 мм

Ширина контактной площадки (гарантийный пояс) – от 0,30 до 0,015 мм.

Предельные отклонения размеров проводящего рисунка (печатных проводников, контактных площадок, концевых печатных контактов) – от  $\pm 0,15$  до (0 минус 0,015 мм)

Размеры сторон ПП, если они не заданы в ТЗ, определяются с учетом количества устанавливаемых ЭРЭ, их установочных площадей, шага установки и должны соответствовать размерам базовых несущих конструкций, для которых они предназначены. При этом размеры сторон ПП должны быть кратными 2,5 мм при длине до 100 мм, 5 мм при длине до 350 мм и 10 мм при длине более 350 мм. Габариты ПП согласуют с параметрами технологического оборудования, используемого для изготовления и сборки ПП, например, с размерами ванн химической и гальванической металлизации, шириной рабочей зоны установки для нанесения фоторезиста, пайки волной припоя и пр.

Предельные отклонения сопрягаемых размеров контура ПП не должны быть более 12-го качества по ГОСТ 25347-82, а предельные отклонения несопрягаемых размеров контура ПП не должны превышать 14-го качества. Отклонение от перпендикулярности сторон прямоугольной печатной платы не должно быть более 0,2 мм на 100 мм длины.

Диаметры отверстий в ПП необходимо выбирать из ряда: 0,05; 0,075; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0 мм, причем центры отверстий рекомендуется располагать в узлах координатной сетки. При применении элементной базы с шагом выводов, некратным шагу координатной сетки, по крайней мере одно из отверстий, принятое за основное, необходимо располагать в узле координатной сетки, а остальные отверстия размещают в соответствии с чертежом ЭРЭ.

Толщина ПП выбирается в зависимости от применяемой элементной базы и внешних воздействующих факторов, таких как удары, вибрации и пр. Толщина ОПП и ДПП определяется толщиной материала основания с учетом толщины фольги и дополнительных покрытий. Толщина МПП зависит от числа слоев и их толщин.

Анализ схемы электрической принципиальной предполагает получение следующей информации:

- о целевом назначении устройства и выполняемых им функциях;
- о типе функционального узла (аналоговый, цифровой, или аналого-цифровой);
- о принципе работы устройства;
- о параметрах, влияющих на размещение ЭРЭ, конструкцию устройства и ПП;
- о типах электрических цепей;
- о направлении распространения полезного сигнала;
- о тепловой нагрузке электронных компонентов;
- о наиболее чувствительных ЭРЭ к внешним электромагнитным и другим воздействиям;
- об источниках возникновения и путях распространения возможных паразитных связей и наводок, в первую очередь, индуктивных и емкостных;
- о мощности, потребляемой от источника электропитания;
- о значениях питающих напряжений и токов, протекающих в цепях питания;
- о значениях уровней логических сигналов цифровых узлов.

Информация о назначении, типе функционального узла и его принципе действия позволяет получить приблизительное представление о будущей конструкции ПП. Например, в аналоговой аппаратуре обычно не применяется сверхплотное размещение ЭРЭ для исключения самовозбуждения схемы, а само размещение ЭРЭ отражает последовательную связь каскадов, что находит выражение в конструкции ПП – геометрической форме, классе точности, материале основания, методе изготовления платы .

К наиболее значимым параметрам, влияющим на размещение ЭРЭ в коммутационно-монтажном пространстве ПП, в первую очередь, следует отнести частотный диапазон, быстродействие, рассеиваемую мощность, чувствительность, коэффициент усиления и величины действующих

напряжений и токов. Так, знание частотных характеристик позволяет, исходя из требований электромагнитной совместимости, определить ограничения на взаимное расположение элементов линий связи и компонентов и выбрать материал основания ПП. Для низкочастотных схем рекомендуется применять стеклотекстолит, а для высокочастотных – фторопласт, полиимид и др. Требования к быстродействию в цифровых устройствах обеспечиваются правильным выбором материала основания ПП, так как скорость распространения сигналов обратно пропорциональна диэлектрической проницаемости материала, из которого выполнена плата. Кроме того, на быстродействие оказывает влияние компоновка ПП, длины линий связи, число слоев МПП и класс точности печатной платы. Знание величин действующих напряжений и токов необходимо для обоснованного выбора материала основания платы, ее конструкции и класса точности, а также правильного выполнения расчёта элементов проводящего рисунка.

Самыми несложными и надежными являются ПП первого и второго классов точности, они просты при изготовлении и сборке и, следовательно, наиболее дешевые. Для ПП третьего класса точности необходимо использовать высококачественные материалы, более точные инструмент и технологическое оборудование. ПП четвертого и пятого классов требуют специальных материалов, прецизионного оборудования и особых условий при изготовлении. ПП высших классов — это особые высокоплотные конструкции, для которых нужны материалы, оборудование и технологии с уникальными характеристиками.

Наиболее распространенными для изготовления ПП являются прессованные слоистые материалы, состоящие из двух и более слоев пропитанной основы, спрессованных при определенной температуре и давлении. В зависимости от применяемого наполнителя эти изделия носят названия: гетинакс, текстолит и стеклотекстолит, однако каждый из них обладает различными электрическими и физико-механическими свойствами. В зависимости от назначения и области применения слоистые электротехнические материалы выпускаются на основе специальных пропиточных бумаг, хлопчатобумажных, стеклянных и асбестовых тканей. В качестве связующих применяются термореактивные искусственные смолы — фенолформальдегидная, крезолоформальдегидная, феноланилиноформальдегидная или их смеси, совмещенные эпоксидно-фенольные лаки, кремнийорганические смолы и др.

Гетинакс представляет собой слоистый материал, полученный путем горячего прессования двух и более слоев сульфатной бумаги, пропитанной фенолформальдегидной смолой.

Текстолит получают путем горячего прессования двух и более слоев пропитанной фенолформальдегидной смолой хлопчатобумажной ткани типа бязь, шифон и др. Обладает более высокими электрическими и механическими характеристиками по сравнению с гетинаксом.

Стеклотекстолит представляет собой листовой слоистый материал, полученный путем горячего прессования бесщелочной стеклоткани, пропитанной (в зависимости от назначения) фенолоформальдегидным лаком, эпоксиодно-фенолальдегидной смолой или кремнийорганическими лаками с последующей термообработкой. Стеклотекстолиты, пропитанные кремнийорганическими лаками и совмещенными фенолоформальдегидными смолами, находят широкое применение в ЭС, когда требуются материалы с повышенными механическими и диэлектрическими свойствами и высокой тепло- и влагостойкостью.

Система условных обозначений фольгированных материалов состоит из шестиэлементного буквенно-цифрового кода:

- первый элемент двух до четырех букв, определяющих марку материала (Г – гетинакс, С – стеклотекстолит; Ф – фольгированный; Т – теплостойкий; Н – нагревостойкий; ТН – теплостойкий негорючий; ОН – общего назначения);
- второй элемент – цифра 1 или 2, означающая облицовку фольгой с одной или двух сторон соответственно;
- третий элемент – цифры, показывающие толщину фольги (35, 50 или 70 мкм);
- четвертый элемент – буква Г, означающая гальваностойкую фольгу;
- пятый элемент – цифры, показывающие толщину основания в мм;
- шестой элемент – римская цифра (I или II), означающая номер класса качества материала.

Например, обозначение СФ-2-35Г-2,0 I кл. означает стеклотекстолит толщиной 2 мм, облицованный с двух сторон гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм I класса.

## **5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕГО ПЛОТНОСТЬ УСТАНОВКИ ЭРЭ**

Как уже отмечалось ранее, печатная плата, в сущности, представляет собой несущую конструкцию модуля первого уровня. На этапе определения габаритных размеров ПП возможны три случая. В первом из них, при вхождении ЭМ1 в состав электронной аппаратуры, сконструированной на основе УБНК, размеры и форма ПП также определяются системой унифицированных типовых конструкций модулей. Размеры плат ЭМ1, устанавливаемых в ЭС с применением УБНК приведены в ГОСТР 51623- 2000 и в международных стандартах МЭК (IEC) 60297 на 19-дюймовые конструкции и МЭК (IEC) 60917 на метрические конструкции. В другом случае габариты и форму ПП определяет разработчик, исходя из имеющихся представлений о конструкции изделия в целом. В третьем случае габаритные размеры ПП жестко определены в ТЗ (например, при модернизации существующей аппаратуры).

В первых двух случаях, когда габаритные размеры ЭМ1 заранее неизвестны, то их необходимо определить, используя для этого следующую информацию:

- количество и тип устанавливаемых на ПП корпусов, число их выводов ЭРЭ;
- количество и тип устанавливаемых на ПП корпусов ЭРЭ, число их выводов;
- способ установки ЭРЭ (автоматизированный или ручной), так как при автоматизированной установке ЭРЭ максимальные размеры сторон ПП выбирают с учетом параметров технологического оборудования;
- уровни паразитных связей между элементами печатного монтажа;
- условия эксплуатации на объекте установки, чтобы собственная частота ПП, зависящая от ее длины, ширины, толщины, массы и способа закрепления в модулях более высоких конструктивных уровней, не входила в спектр частот внешних вибрационных воздействий;
- технико-экономические показатели.

Приблизительно площадь ПП на ранних стадиях проектирования можно оценить по формуле

$$S = k \sum_{i=1}^n S_i ,$$

где  $S_i$  — установочная площадь  $i$ -го ЭРЭ;  $n$  — число ЭРЭ,  $k$  — коэффициент, определяющий плотность установки ЭРЭ, обычно  $k$  составляет от 1 до 3.

Учитывая, что к размерам нашего приемника не предъявляются жесткие ограничения размеров, а размеры ПП в дальнейшем надо сопрягать с размерами стандартных корпусов примем интервал значений от  $k_{\min} = 2$  до  $k_{\max} = 3$ .

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ОСНОВАНИЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Толщина печатной платы определяется толщиной материала основания и проводящего рисунка без учета дополнительных покрытий. Суммарную толщину образует совокупность толщин ПП и непроводящих покрытий наружных слоев. Толщина ПП зависит от конструктивных и технологических особенностей, а также механических нагрузок, вибраций и ударов при эксплуатации и транспортировке, которые могут привести к деформации и отказу ПП. Предпочтительными значениями номинальных толщин ОПП и ДПП являются 0,8; 1,0; 1,5 и 2,0 мм. Допуск на толщину ОПП, ДПП и ГПК устанавливают по техническому условию (ТУ) на материал, а для МПП — по ГОСТ Р 53429-2009

При выборе толщины ПП необходимо учитывать:

- соответствие толщины диаметрам применяемых металлизированных отверстий (для выполнения качественной металлизации отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине ПП должно быть не менее 1 : 3);

- длину выводов ЭРЭ (для получения качественной пайки минимальная длина участка вывода, выступающего из отверстия, должна составлять не менее 5 мм);
- установочный размер соединителя прямого сочленения (слота) для получения надежного контакта между концевыми печатными контактами ПП и слотом;
- механические нагрузки, действующие на ПП в процессе транспортировки и эксплуатации;
- используемую элементную базу (типы корпусов, расположение и тип выводов, варианты установки, массо-габаритные показатели и пр.);
- диапазон рабочих частот функционального узла, для которого проектируется плата (для ЭС, работающих на частотах свыше 107...108 Гц для увеличения значения волнового сопротивления толщина ПП должна быть увеличена).

## 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДИ ВСЕХ КОМПОНЕНТОВ ИЗДЕЛИЯ

Установочные площади всех элементов берем из лабораторной работы №2 «Выбор элементной базы» и добавляем к ним 6 установочных площадей под головки самонарезающих винтов. Четыре точки крепления по углам печатной платы и две посередине линии, соединяющей угловые точки вдоль длинной стороны. Примем размеры одного установочного места  $10 \times 10$  мм. Тогда площадь будет равна  $100 \text{ мм}^2$ . Все указанные размеры сведем в таблицу 1.

Таблица 1

Установочные размеры и площади всех компонентов приемника

№ п/п	Позиционное обозначение	Наименование компонента	Посадочный размер, мм	Площадь посадочного размера, $\text{мм}^2$	Кол.	Сумма площадей компонентов
1	C1, C5, C6, C9, C12 - C15	Конденсатор керамический типа MC05	$4 \times 2$ мм	$8 \text{ мм}^2$	8	64
2	C2, C4	Конденсатор керамический типа K10-17в	$3,92 \times 2,4$ мм	$9,4 \text{ мм}^2$	2	18,8
3	C3	КПЕ типа СВМ-202В2	$27 \times 26$ мм	$702 \text{ мм}^2$	1	702
4	C7, C8	Конденсатор керамический типа K10-17в	$3,74 \times 1,9$ мм	$7,1 \text{ мм}^2$	2	14,2
5	C10, C11, C16	Конденсатор оксидный танталовый K53-81	$5,25 \times 3$ мм	$15,75 \text{ мм}^2$	3	47,3

№ п/п	Позиционное обозначение	Наименование компонента	Посадочный размер ,мм	Площадь посадочного размера, мм <sup>2</sup>	Кол.	Сумма площадей компонентов
6	C17	Конденсатор оксидный алюминиевый SKR	9 × 4 мм	36 мм <sup>2</sup>	1	36
7	DA1	Микросхема TCA440	10 × 6,8 мм	68 мм <sup>2</sup>	1	68
8	HL1	Светодиод КР 2012ES	3,3 × 1,3 мм	5 мм <sup>2</sup>	1	5
9	L1 – L3	Катушка индуктивности WL08	3,6 × 3 мм	10,8 мм <sup>2</sup>	3	32,4
10	L4	Катушка индуктивности NL08	3,6 × 3 мм	10,8 мм <sup>2</sup>	1	10,8
11	R1, R3, R4, R6 - R8	Резисторы P1-12	3,6 × 1,7 мм	6,12 мм <sup>2</sup>	6	36,7
12	R2, R5	Резистор переменный KLC4-WH148	23 × 17 мм	391 мм <sup>2</sup>	2	782
13	SB1	Переключатель кнопочный SPA-106A1	Диаметр 10 мм	80 мм <sup>2</sup>	1	80
14	VD1	Диод 1N4148 WS	3,1 × 1,3 мм	4 мм <sup>2</sup>	1	4
15	VT1, VT2	Транзистор BC847C	3 × 3 мм	9 мм <sup>2</sup>	2	18
16	XP1	Гнездо DS-028	15 × 18 мм	270 мм <sup>2</sup>	1	270
17	XS1	Гнездо ST-002	10 × 7 мм	70 мм <sup>2</sup>	1	70
18	XW1	Гнездо RS109	15 × 13 мм	195 мм <sup>2</sup>	1	195
19		Винт самонарезающий 3-3×12.016 ГОСТ1145-80	10 × 10 мм	100 мм <sup>2</sup>	6	600
	Итого					3054,2 мм <sup>2</sup>

Тогда минимальная площадь печатной платы  $S_{\min}$  будет равна:

$$S_{\min} = k_{\min} \sum_{i=1}^n S_i = 2 \cdot 3054 = 6108 \text{ мм}^2,$$

а максимальная площадь печатной платы  $S_{\max}$  определится из формулы:

$$S_{\max} = k_{\max} \sum_{i=1}^n S_i = 3 \cdot 3054 = 9162 \text{ мм}^2.$$

Предпочтительные размеры печатных плат представлены в таблице 2.

Таблица 2

Линейные размеры, мм, ОПП, ДПП и МПП на жестком основании

Ширина	22,5	30	40	50
Длина	60	40, 55, 60, 90*	40*, 50, 60, 80*, 100, 120*	50*, 60, 70*, 75, 80, 100
Ширина	60	62,5	65	70
Длина	60, 75*, 80, 90, 100*, 110, 120, 160*, 180	125	90, 100	70*, 90*, 110, 120, 140*, 150
Ширина	75	80	85	90
Длина	170	80, 90, 100, 110*, 120, 140, 160, 200, 240	150	90*, 100, 110, 120, 130, 150, 160, 170, 180*, 200, 260
Ширина	100	105	110	120
Длина	100, 110, 120, 150, 160, 170*, 180, 200	125	130, 150, 160*, 170, 200*, 260	140, 160*, 180, 200, 220, 240, 280
Ширина	130	140	150	160
Длина	150, 170, 200, 300	140*, 150, 220, 240, 280	170, 180*, 200, 240, 280	200, 240, 320
Ширина	170	185	200	240
Длина	170, 200, 240, 250, 270, 280, 300, 340	205, 270	220, 240, 320	300, 320

Размеры ПП без знака “\*” являются предпочтительными.

Для полученной площади подходят размеры, произведение которых попадает в интервал от 6108 мм<sup>2</sup> до 9162 мм<sup>2</sup>. Сведем эти размеры в таблицу 3.

Таблица 3

Предпочтительные размеры ПП для коэффициентов заполнения  $k$  от двух до трех

№п/п	Предпочтительный размер, мм	Площадь, мм <sup>2</sup>	Примечание
1	60 × 110	6600	
2	60 × 120	7200	
3	62,5 × 125	7813	
4	65 × 100	6500	
5	70 × 110	7700	
6	70 × 120	8400	
7	80 × 80	6400	
8	80 × 90	7200	
9	80 × 100	8000	
10	90 × 100	9000	

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Данные методические указания направлены на изучение способа расчета площади печатной платы, также рассматриваются вопросы выбора материала и технологии изготовления печатной платы.

При необходимости углубить теоретические знания по рассмотренным темам следует обратиться к библиографическому списку.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муромцев Д. Ю. Конструирование узлов и устройств электронных средств: учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 540 с.
2. Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов. / А. П. Ненашев – М.: Высш. шк., 1990. – 432 с.
3. Романычева Э. Т. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др.; Под. ред. Э.Т. Романычевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 448 с.
4. СТП ВГТУ 62-2007 Текстовые документы. Правила оформления. – Воронеж: ВГТУ, 2007. – 53 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
1. Лабораторная работа №3. Расчет площади печатной платы .....	3
2. Содержание работы.....	3
3. Общие сведения о печатных платах.....	3
4. Требования к конструкционным параметрам печатных плат .....	6
5. Определение коэффициента, определяющего плотность установки ЭРЭ ....	9
6. Определение толщины основания печатной платы.....	10
7. Определение общей площади всех компонентов изделия.....	11
Заключение.....	14
Библиографический список.....	15

# **Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств**

## ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 3  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

Составитель  
Худяков Юрий Васильевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 21.09.2022.  
Уч.-изд. л. 0,8.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84