

Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторной работы № 5
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 № 5
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 № 5 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.– 36 с.

В методических указаниях рассматриваются основные шаги компоновки устройства и трассировки печатной платы. 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_ЛР5.pdf.

Ил. 26. 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 лабораторных работ 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 компоновки устройства и трассировки печатной платы.

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 КОМПОНОВКА УСТРОЙСТВА И ТРАССИРОВКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Целью лабораторной работы является:

- Разработка габаритных и присоединительных размеров печатной платы;
- Размещение органов управления приемника на лицевой и боковых поверхностях корпуса с точки зрения эргономики;
- Компоновка органов управления приемника на печатной плате на основе расположения органов управления приемника на лицевой и боковых поверхностях корпуса;
- Трассировка печатной платы;
- Разработка чертежа печатной платы.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Содержанием практической части работы является определение габаритных и присоединительных размеров печатной платы, размещение органов управления приемника на лицевой и боковых поверхностях корпуса с точки зрения эргономики, компоновка органов управления приемника на печатной плате на основе расположения органов управления приемника на лицевой и боковых поверхностях корпуса, представление методики трассировки печатной платы в ручной режиме, трассировка печатной платы приемника и разработка чертежа печатной платы

3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ КОМПОНОВКА ПРИЕМНИКА

В лабораторной работе №5 при выборе корпуса было принято решение о том, что плата с установленными на ней комплектующими монтируется на крышке корпуса. На рисунке 1 представлено схематическое изображение этой крышки с установленной на ней платы с комплектующими, которые выполняют функции оперативной регулировки приемника и соединения с внешними устройствами.

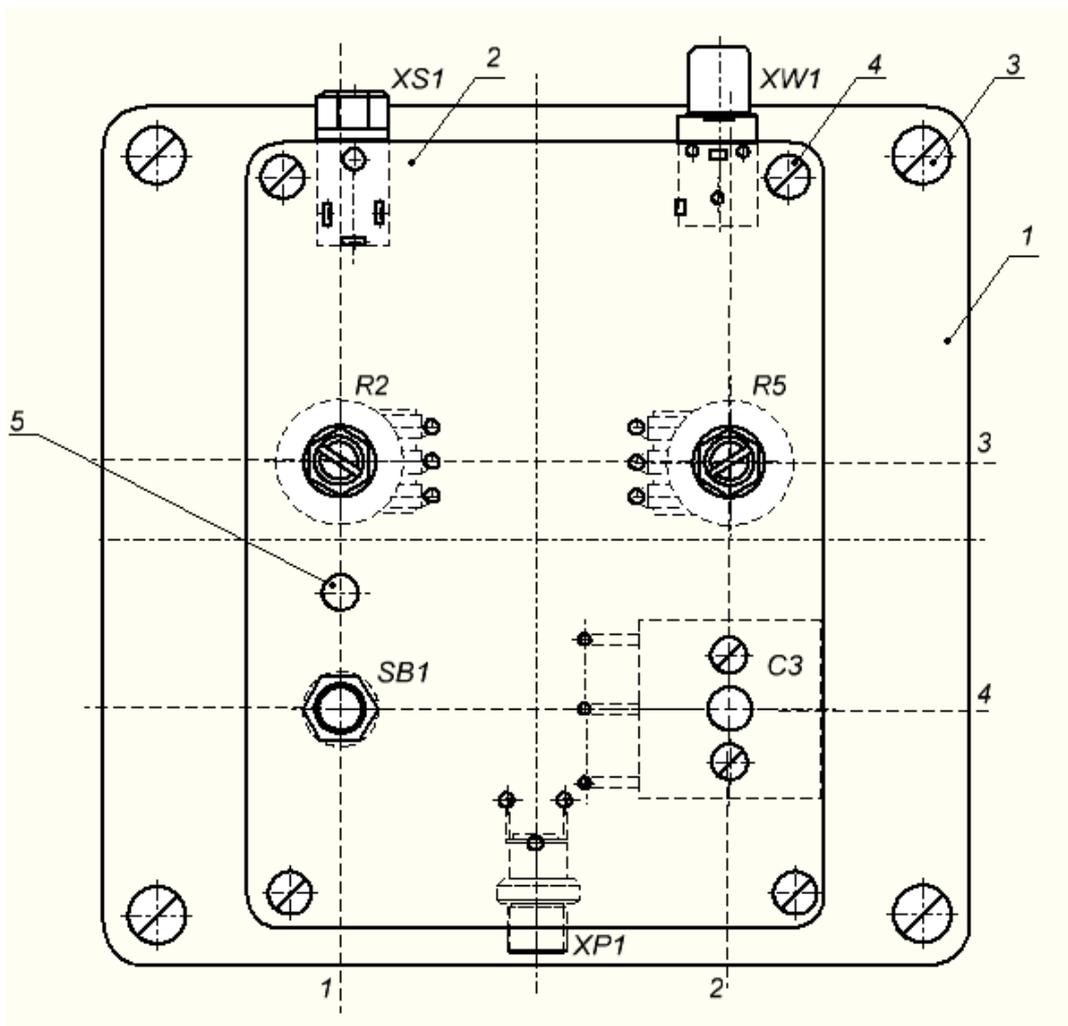


Рис. 1. Компоновка платы на крышке приемника

Определенные части этих комплектующие выходят за пределы корпуса в силу своих функциональных назначений.

Предположим, что крышка поз.1 сделана из прозрачного материала и крепится к основанию винтами поз.3. В лабораторной работе №4 подробно расписан способ крепления платы поз.2 к крышке корпуса. По углам платы установлены крепежные резьбовые втулки, с помощью которых и винтов поз 4 производится это крепление.

Одни органы управления используются более часто, другие менее. Согласно требованиям эргономики наиболее часто используемые в процессе эксплуатации органы управления располагаются справа на передней панели. При этом кисть руки оператора обычно лежит на столе, а управление производится манипуляцией пальцами. При таком управлении рука устает меньше.

Наиболее часто в нашем случае приходится работать с органом настройки на нужную частоту – переменным конденсатором С3 и регулятором громкости R5. Причем из практики эксплуатации аналогичных устройств

следует, что С3 используется чаще, чем R5, поэтому исходя из эргономических требований С3 должен находиться ниже, чем R5.

Согласно принципам симметричности технической эстетики желательно, чтобы относительно оси симметрии слева также должны находиться органы управления, которые используются реже. Поэтому слева от резистора R5 расположим резистор регулировки чувствительности R2, который используется несколько реже. Регулировку R2 можно проводить пальцами левой руки, а кисть будет лежать на столе.

Кнопка включения питания SB1 используется редко и поэтому должна быть выше, чем R2. Однако, в нижней части приемника расположено гнездо XP1 для подключения внешнего источника питания. Поэтому для оптимизации электрических связей этого гнезда и выключателя питания расположим их как можно ближе друг к другу, то есть расположим ниже, чем R2.

Индикатор питания HL1 функционально привязан к кнопке SB1, поэтому, логично, что он должен находиться около этой кнопки. Если HL1 расположить ниже SB1, то кисть или пальцы оператора могут закрывать индикатор. Поэтому его надо располагать над кнопкой SB1 на расстоянии, при котором пальцы не перекрывают бы визуальный доступ к индикатору. Светодиод HL1 находится на плате. Для наблюдения его свечения в крыше корпуса имеется отверстие поз. 5, закрытое защитным стеклом специальной формы с целью предотвращения попадания во внутрь корпуса мусора, влаги и др.

В верхней боковой грани крышки корпуса имеются отверстия, через которые при окончательной сборке приемника пропускаются торец телефонного гнезда XS1 и коаксиальный контакт ВЧ гнезда XW1 для подключения антенны. Причем торец телефонного гнезда XS1 в собранном виде должен выступать за пределы крышки корпуса не более, чем на 1 мм, а коаксиальный контакт ВЧ гнезда XW1 – полностью. Более подробно монтаж этих гнезд представлен в лабораторной работе №2. Поэтому эти гнезда устанавливаются около верхней кромки платы и симметрично относительно осевой линии.

Согласно принципам технической эстетики все органы управления вдоль длины и ширины корпуса лежат на одной линии по каждому направлению – пунктирные линии 1,2,3 и 4, как показано на рисунке 1. Однако XS1 и XW1 не попадают на линии 1 и 2 из-за головок винтов поз 4. Поэтому они симметрично сдвинуты к осевой линии.

На рисунке 2 представлено изображение приемника со стороны лицевой панели при непрозрачной крышке поз.1 и установленными ручками поз.6 согласно предварительной компоновке, представленной на рисунке 1.

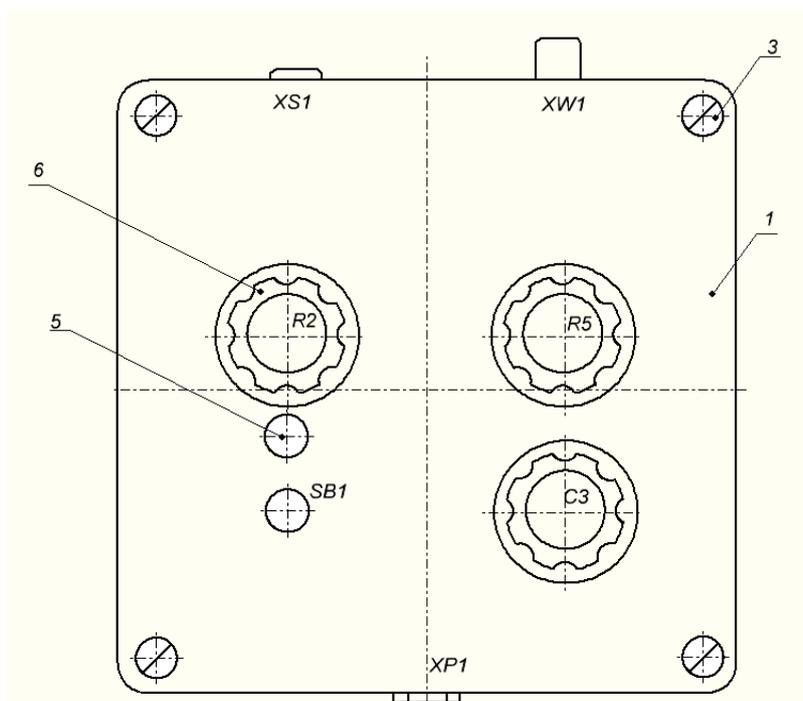


Рис 2. Вид на приемник со стороны лицевой панели после первой компоновки

Плату мы не видим. Видно колпачек толкателя SB1 и защитное стекло для HL1. От гнезд XS1 и XW1 видим только их элементы, выступающие за пределы корпуса. От гнезда XP1 видим только шестигранник резьбовой фиксирующей втулки.

Ручки мы выбрали в процессе выполнения лабораторной работы №2, где приводятся их габаритные и установочные размеры. Тип ручек MF-A3. Они фиксируются на осях переменных резисторов при помощи стопорных винтов

Какие недочеты предварительной компоновки бросаются в глаза при таком расположении органов управления. Во-первых, недостаточно места для нанесения гравировочных надписей. Во-вторых, асимметричность расположения органов управления относительно горизонтальной оси симметрии.

Исправим эти ошибки (проведем первую коррекцию компоновки) путем переноса переменных резисторов R2 и R5 вверх в положения, при котором расстояние до горизонтальной оси симметрии будет такое же, как и расстояние от оси переменного конденсатора или кнопки выключателя до этой же оси. Кроме этого с целью увеличения площади под гравировочную надпись несколько переместим вверх положение светодиода HL1.

На рисунке 3 представлено изображение приемника со стороны лицевой панели после первой коррекции компоновки и нанесения гравировочных надписей согласно обозначений, указанных на чертеже схемы электрической принципиальной РИВА.464311.001ЭЗ: C3 – «Частота», R2 – «Усил. ВЧ», R5 – «Усил. НЧ», SB1 и HL1 – «Питание», XW1 – «Ант», XP1 – «= 9.В», XS1 – «ТЛФ».

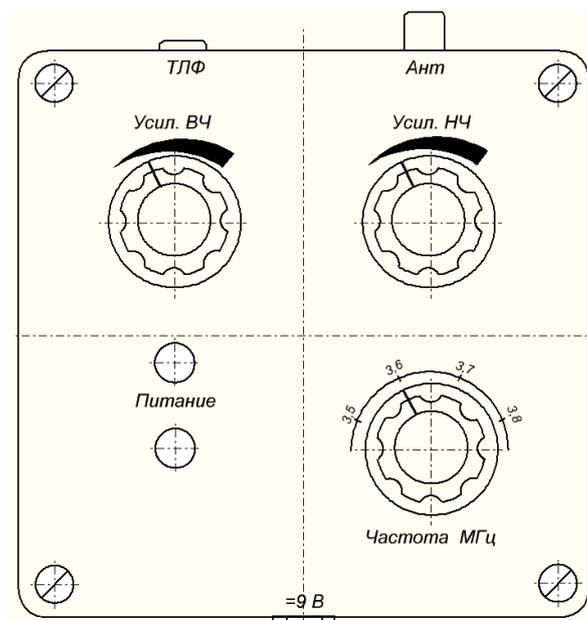


Рис. 3. Вид на приемник со стороны лицевой панели после первой корректировки компоновки и нанесения гравировочных надписей

Далее необходимо учесть изменения, представленные на рисунке 3, на положение комплектующих, представленных на рисунке 1.

В Splan это сделать очень просто. Изображение на рисунке 3, представленное в Splan группируем, а изображение на рисунке 1 разгруппируем до такого уровня, чтобы можно было перемещать целиком (т.е. группированных) R2 и R5, а также отверстие поз.5. Совмещаем эти изображения обычно по осям симметрии. Перемещаем пунктирную линию 3 так, чтобы она походила через центр ручек «Усил. ВЧ» и «Усил. НЧ». Перемещаем R2 и R5 так, чтобы центры их осей совпали с центрами соответствующих ручек. Аналогично перемещаем отверстие поз. 5. Удаляем изображение, соответствующее рисунку 3. Оставшееся изображение компоновки платы на крышке приемника группируем и через снимок с экрана и Paint переносим в отчет, где он и представлен на рисунке 4.

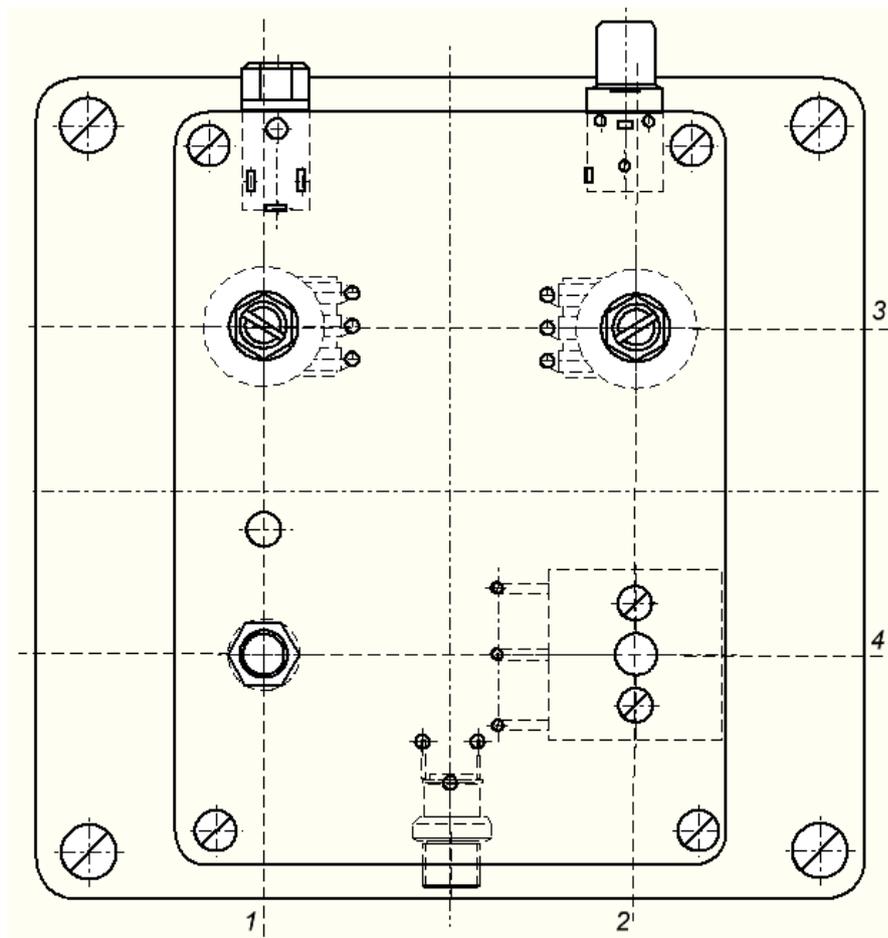


Рис. 4. Компоновка платы на крышке приемника после первой корректировки

Единственным органом оперативной регулировки, где требуется идентификация положения ручки является ручка «Частота». Поэтому около этой ручки нанесена шкала. Положение ручек «Усил. ВЧ» и «Усил. НЧ» носит случайный и субъективный характер, поэтому числовыми параметрами он не идентифицируется, а обозначается качественным мнемокодом больше-меньше. С целью упрощения при соединении приемника с внешними устройствами (не надо заглядывать сбоку) их обозначения наносятся на лицевой панели, как показано на рисунке 3.

Далее извлекаем плату из крышки корпуса. Для этого в Splap проводим разгруппировку изображения, представленного на рисунке 4. Удаляем по одному все элементы крышки. Остаются только элементы, принадлежащие плате. Приводим в порядок все пунктирные и осевые линии. Выделяем все оставшиеся элементы, и получаем чертеж, который через снимок с экрана и Paint переносим в отчет, где он представлен на рисунке 5.

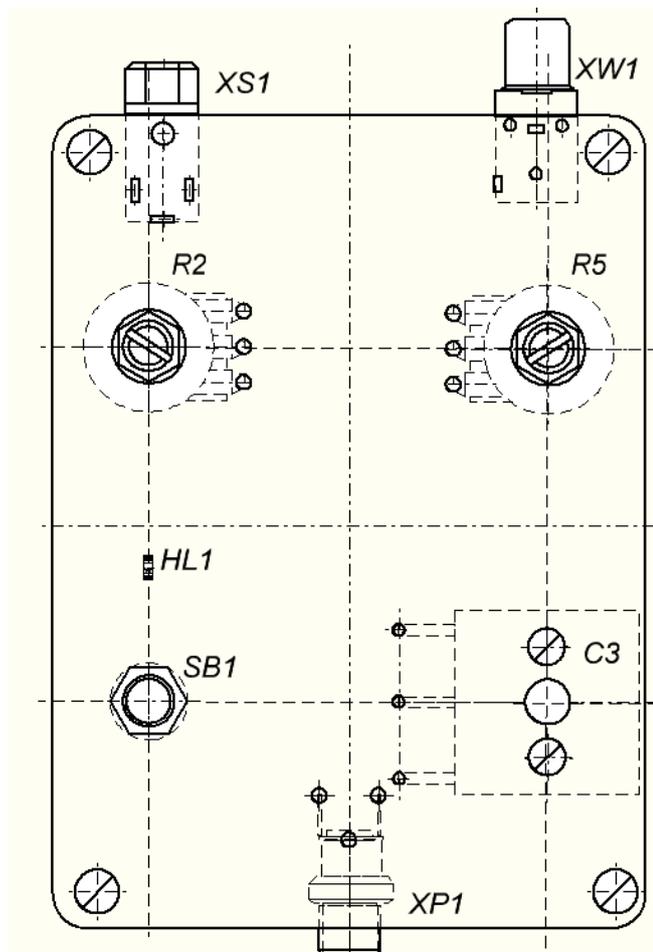


Рис. 5. Компоновка платы приемника после первой корректировки

4. ПОДГОТОВКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ К ТРАССИРОВКЕ

Шаг координатной сетки печатной платы определяется обычно расстоянием между выводами микросхемы. В нашем случае для микросхемы ТСА-440Т он равен 0,05 дюйма или 1,27 мм. Такой шаг координатной сетки отечественными стандартами не предусмотрен.

Существует стандартный шаг 1,25 мм. Если точно установить серединные выводы с каждой стороны микросхемы на середину контактных площадок, то смещение между центрами крайних выводов и контактных площадок при шаге координатной сетки 1,25 мм будет максимум 0,08 мм. При соотношении ширины вывода микросхемы 0,45 мм и рекомендуемой производителем шириной контактной площадки 0,5 мм качество паяного соединения крайних выводов будет занижено. Зазор между рекомендуемыми производителем контактными площадками составляет 0,75 мм. Уменьшим этот зазор до 0,65 мм за увеличения ширины контактных площадок до 0,6 мм. При такой ширине контактных площадок качество паяного соединения крайних выводов практически не пострадает.

Однако, в программе Splan нет такого шага координатной сетки. Поэтому трассировку будем проводить в масштабе М2:1. Тогда шаг 2,5 мм в этом масштабе будет соответствовать шагу 1,25 мм в масштабе М1:1.

Для этого несколько изменим изображение на рисунке 5. Освободим плату от невидимых и выступающих за пределы платы частей компонентов, оставив только видимые части и контактные площадки компонентов. Эти операции проводим предварительно разгруппировав элементы рисунка. Оси симметрии и пунктирные линии не трогаем.

Далее группируем полученное изображение. В контекстном меню выбираем «свойство/масштаб» и в появившемся новом меню устанавливаем масштаб 200 %. Изображение увеличится в 2 раза. Выделяем это изображение.

В строке «Инструменты» нажимаем кнопку «Компонент». В появившемся контекстном меню выбираем «Создать компонент из выделенного», появляется новое меню «Свойства компонента». Нажимаем «Редактор» и переходим в окно «Редактор компонента». Устанавливаем шаг координатной сетки 2,5 мм. Находим точку красного цвета (она перемещается ступенчато от одного узла сетки к другому) и устанавливаем ее около одного из углов печатной платы, как показано на рисунке 6.

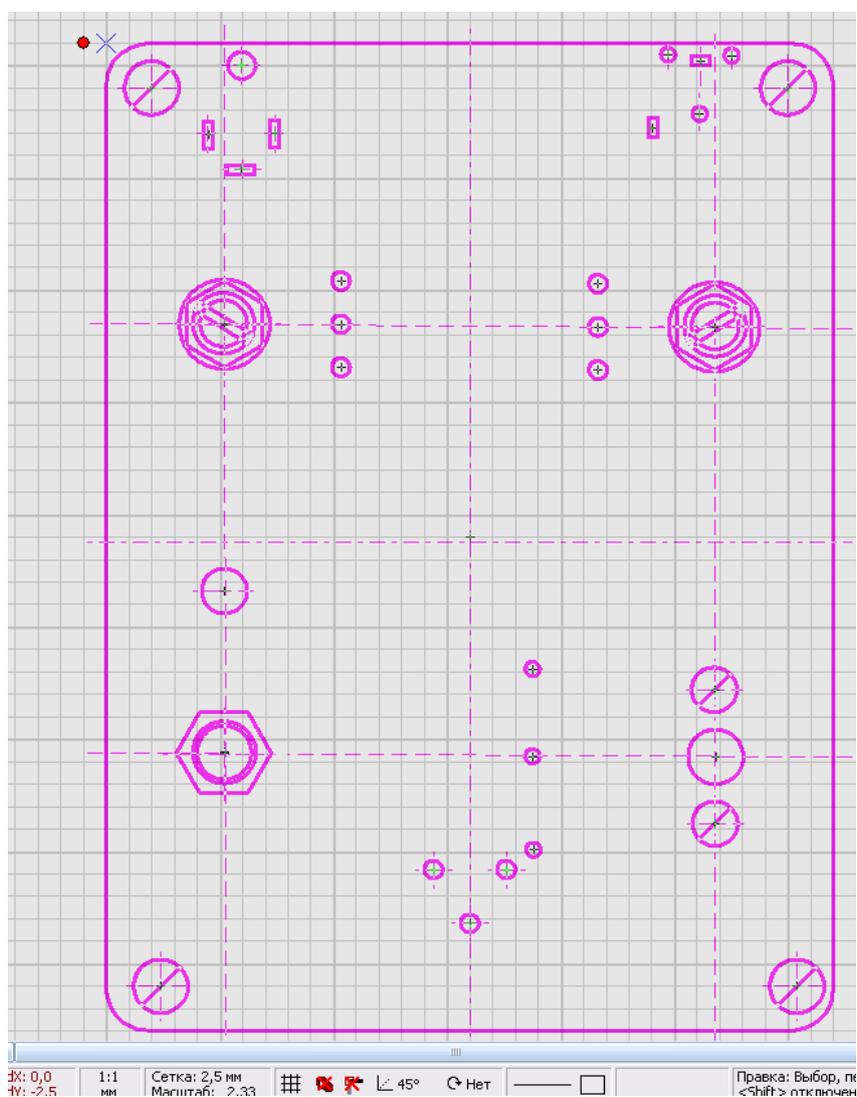


Рис. 6. Привязка изображения платы к сетке 2,5 мм

Мышкой выделяем плату, нажимаем кнопку Shift для отвязки от сетки, и перетаскиваем плату пока крестик в левом верхнем углу точно не установится по центру красной точки. Отключаем кнопку Shift. На панели инструментов нажимаем «Редактор компонента». В появившемся контекстном меню выбираем «Сохранить и выйти». Возвращаемся в исходное окно, но изображение печатной платы уже привязано к сетке с шагом 2,5 мм, как показано на рисунке 7.

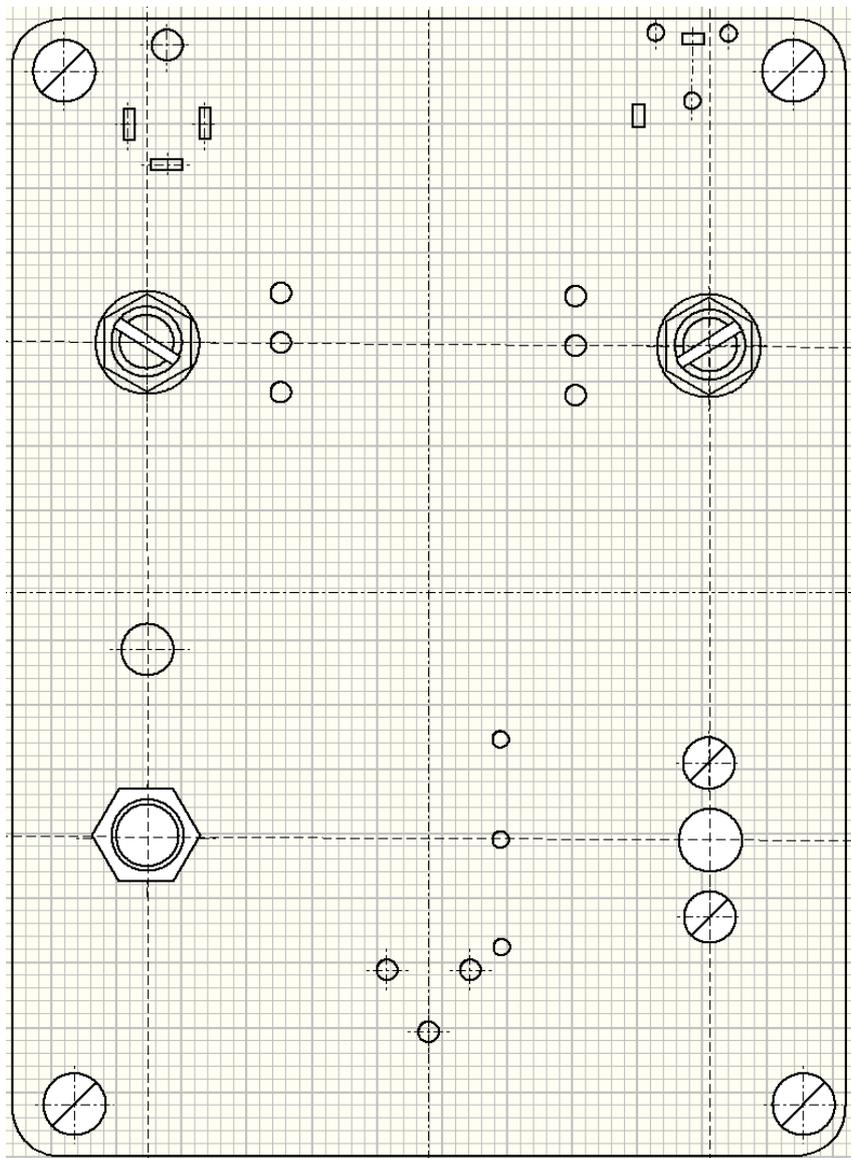


Рис. 7. Изображение печатной платы с привязкой только ее сторон к координатной сетке

На рисунке 7 видно, что осевые штрих-пунктирные линии симметрии и пунктирные линии не совпадают с линиями координатной сетке. Поэтому их нужно привязать. Разгруппируем в Splan изображение, оставляя привязку к сетке. Переместим оси симметрии до совпадения с линиями сетки.

Проконтролируем новое положение с помощью измерителя (слева в конце списка в виде линейки).

Зеркально переместим вертикальные пунктирные линии до ближайших линий сетки. Горизонтальные пунктирные линии также зеркально переместим к центру платы, потому что нижняя контактная площадка переменного конденсатора очень близко находится от контактной площадки гнезда источника питания.

Для большинства компонентов для монтажа в отверстия центры установочных (присоединительных) размеров кратны шагу координатной сетки. Поэтому достаточно поместить в узел координатной сетки один установочный элемент, как все остальные элементы автоматически попадают в узлы. К таким компонентам в нашем случае относятся переменные резисторы и конденсатор.

Однако имеется большое число комплектующих, у которых установочные размеры никак нельзя состыковать с узлами координатной сетки. В этом случае хотя бы один элемент соединения привязывают к узлу координатной сетки; если есть возможность привязывают как можно большее число этих элементов. К таким компонентам в нашем случае относятся все гнезда.

Отверстия под оси переменных резисторов, конденсатора и выключателя расположим точно на пересечении вертикальных и горизонтальных пунктирных линий, а выводы этих элементов автоматически устанавливаются в узлах. Проекция на печатную плату оси симметрии комплектующих, у которых установочные размеры никак нельзя состыковать с узлами координатной сетки должна лежать на линии сетки, при этом хотя бы одно установочное отверстие совпадает с узлом координатной сетки.

После всех вышеприведенных операции плата готова к трассировке.

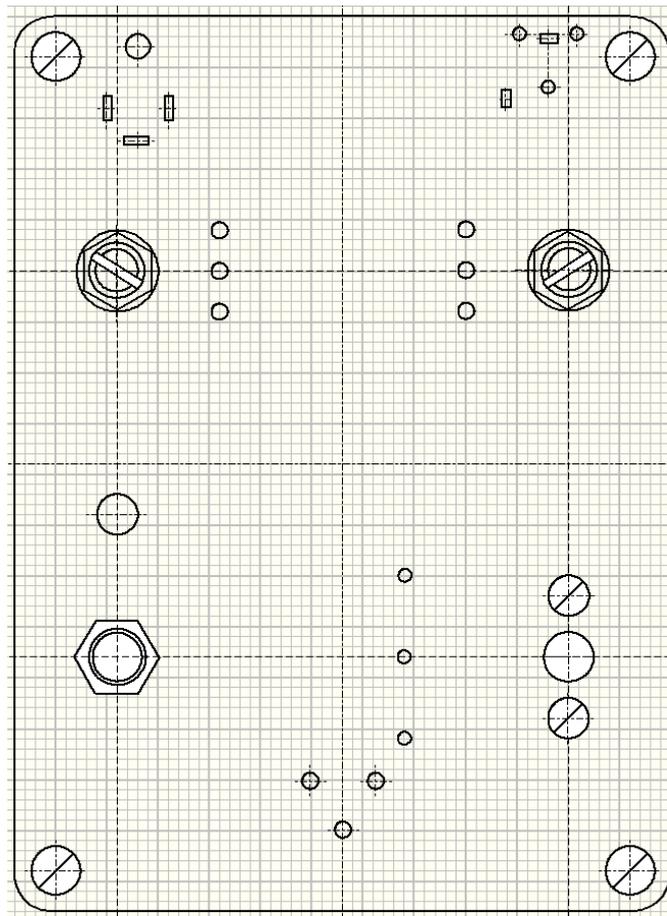


Рис. 8. Изображение печатной платы с привязкой всех элементов к координатной сетке

5. ПРИНЦИП ТРАССИРОВКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ В РУЧНОМ РЕЖИМЕ

Рассмотрим принцип трассировки печатной платы в ручном режиме. На рисунке 9 представлена электрической схемы трехкаскадного резистивного усилителя. Покажем на ее примере последовательность действий при трассировке.

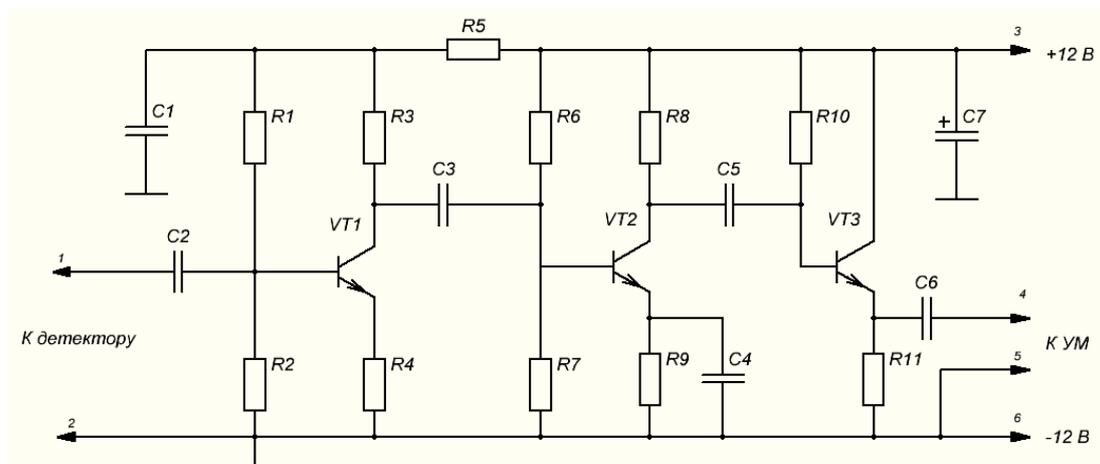


Рис. 9. Электрическая схема трехкаскадного резистивного усилителя

Для каждого типоразмера комплектующего в Sprint выбираем размеры контактных площадок согласно методике подробно описанной в лабораторной №2. На эти контактные площадки устанавливаем УГО этих элементов и группируем. Получаем изображения компонентов, представленных на рисунке 10.

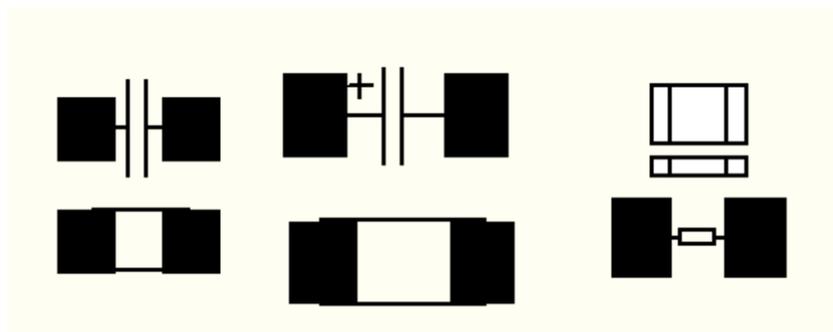


Рис. 10. Изображение контактных площадок с упрощенным изображением компонентов и их УГО

Назовем эти изображения макетами компонентов. Выбираем шаг координатной сетки и соответствующий масштаб будущего изображения. Соответственно макеты всех компонентов тоже должны быть представлены в этом масштабе.

Расставляем макеты элементов, как показано на рисунке 11, приблизительно в те же положения, в которых они представлены на электрической схеме (рисунок 9).

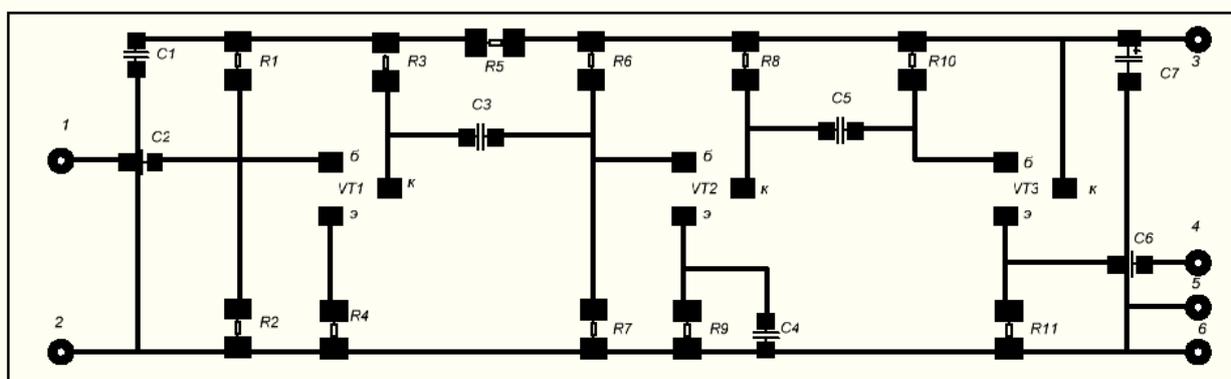


Рис. 11. Трассировка печатной платы без учета коэффициента заполнения площади печатной платы компонентами (без учета плотности монтажа)

Линии связи электрической схемы заменяются на печатные проводники, а выводы компонентов – на контактные площадки. В конструкторских чертежах печатные проводники представляются прямыми или ломаными линиями, толщиной от 0,4 до 1 мм. Прямая часть ломанных линий располагается по линиям координатной сетки, а изломы начинаются в одних узлах этой сетки заканчиваются в других, необязательно соседних.

Соединяем контактные площадки макетов печатными проводниками, как показано на рисунке 11. В результате у нас получилась с одной стороны электрическая схема соединений (похожая на обозначение электрики в автомобилях), а с другой стороны печатная плата со специфическим представлением компонентов. Обводим контур платы. Данную конструкцию можно реализовать на практике и, она должна работать.

Печатные проводники могут проходить между контактными площадками компонентов (или под корпусами компонентов), если позволяет расстояние между площадками. Кружками с отверстием обозначены контактные площадки для проводников, с помощью которых плата подключается к другим устройствам. Такую же форму имеют обычно контактные площадки для выводов компонентов, монтируемых в отверстия.

На плате (рисунок 11) очень много пространства, незаполненного компонентами и печатными проводниками. Коэффициент заполнения конструкции такой платы очень мал. Чтобы повысить этот коэффициент нужно монтаж сделать более плотным. Необходимо заполнить пустующую поверхность платы компонентами с печатными площадками и печатными проводниками.

Вот здесь начинается самое интересное – сплошная геометрическая комбинаторика: перестановки, сочетания и размещения макетов компонентов и связывающих их печатных проводников. Разрабатывается первый вариант в Splan, запоминается, анализируется и копируется. Далее второй, третий и т.д. Обычно что-то подходящее получается на 5-ом - 6-ом варианте. На рисунке 12 представлен окончательный вариант компоновки. Площадь печатной платы для этого варианта уменьшена около 10 раз по сравнению с исходной.

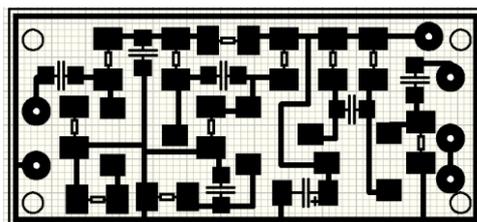


Рис. 12. Компоновка окончательного варианта в масштабе рисунка 11

По углам печатной платы расположены 4 отверстия для крепления печатной платы. При таком масштабе сложно проставить на плате позиционные обозначения компонентов. Поэтому в Splan увеличим масштаб и проставим позиционные обозначения, как показано на рисунке 13.

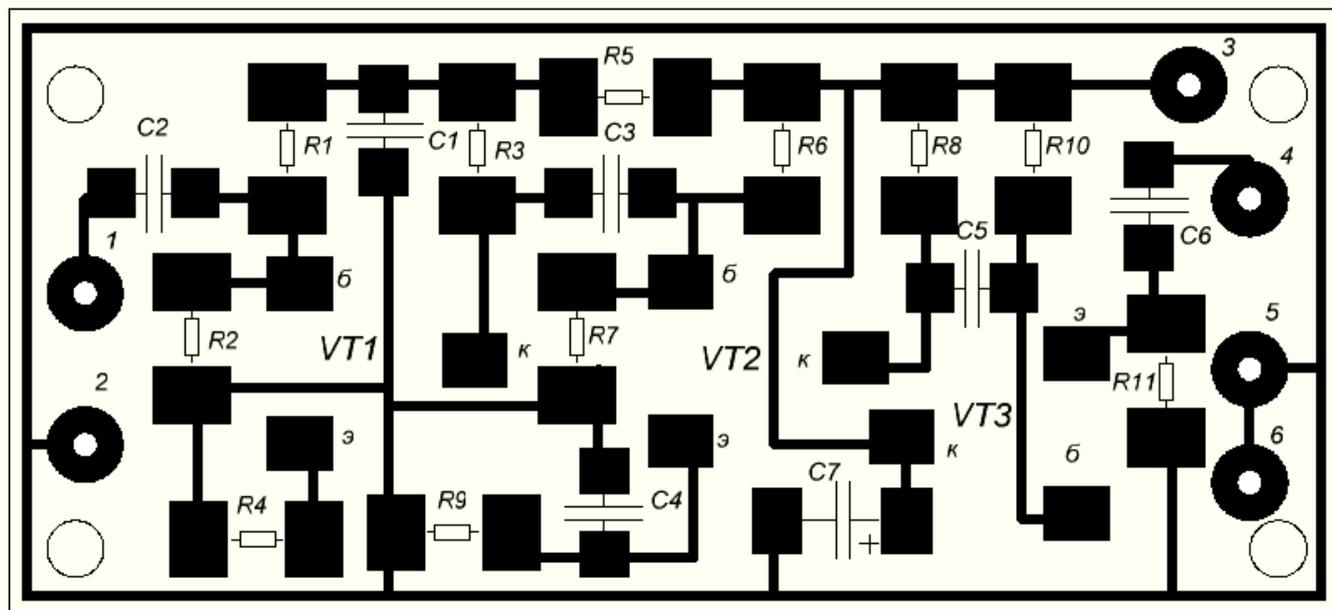


Рис. 13. Компоновка окончательного варианта в увеличенном масштабе

Разгруппируем в Splan чертеж платы, представленный на рисунке 13, удалим позиционные обозначения и УГО компонентов. Оставим лишь числа, обозначающие контактные площадки для подключения внешних устройств. Эти числа наносятся на печатную плату в процессе ее изготовления, и окончательно получаем чертеж платы печатной. Этот чертеж помещаем в рамку с основной надписью, изготавливаем таблицу размеров контактных площадок, проставляем габаритные и установочные размеры, оси координатной сетки и технические требования. Все эти атрибуты чертежа будут показаны в конце лабораторной работы в приложении. На рисунке 14 представлен окончательный вариант чертежа платы печатной трехкаскадного резистивного усилителя.

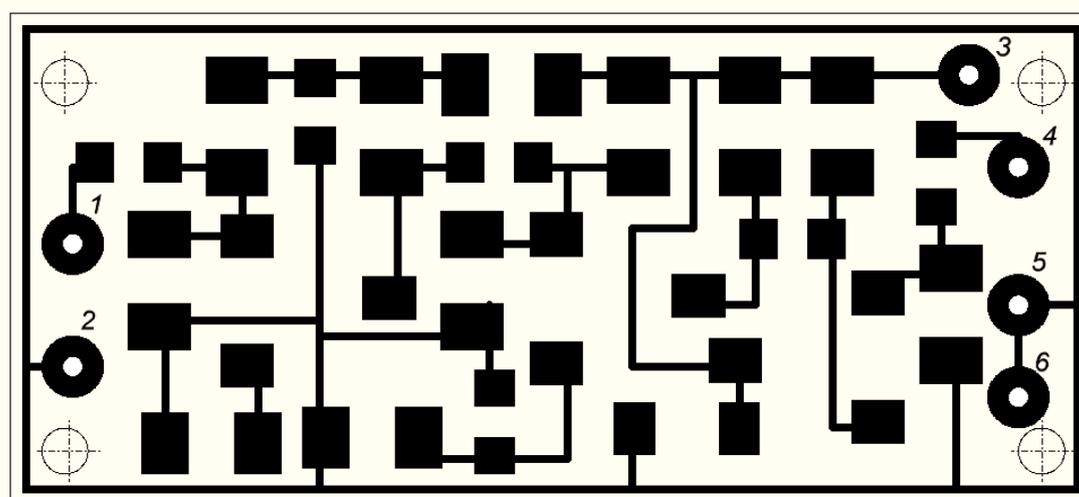


Рис. 14. Снимок с экрана платы печатной трехкаскадного резистивного усилителя

6. ТРАССИРОВКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ПРИЕМНИКА В РУЧНОМ РЕЖИМЕ

Трассировку будем проводить по выше приведенной методике в программе Splan.

На рисунке 15 представлена печатная плата с элементами компонентов, монтируемых в отверстие, которые необходимы для трассировки. Этот рисунок исполнен на основании рисунка 8.

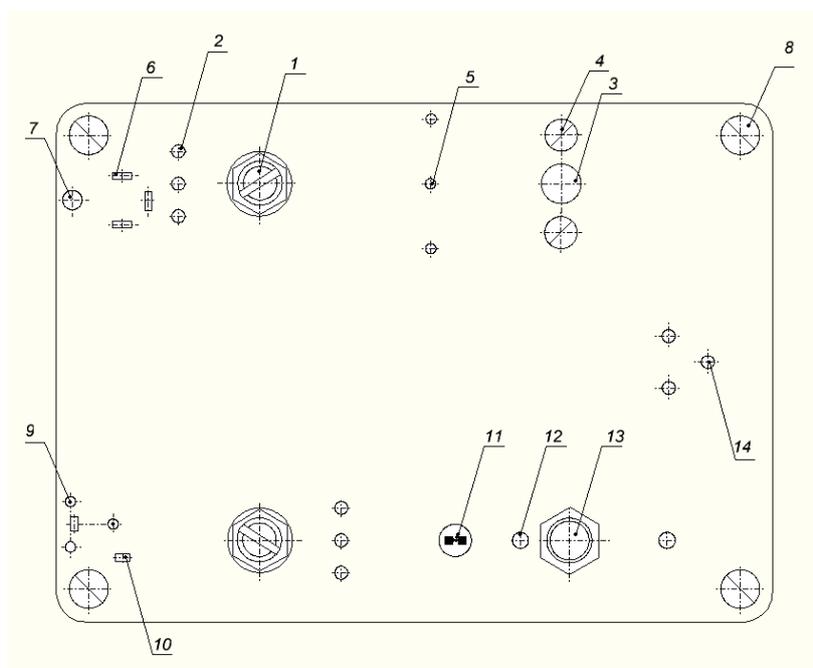


Рис. 15. Печатная плата перед проведением трассировки: 1 – видимая часть переменных резисторов (ось, крепежная гайка, шайба); 2 – контактные площадки переменных резисторов; 3 – ось переменного конденсатора; 4 – крепежный винт переменного конденсатора; 5 - контактные площадки переменного резистора; 6 - контактные площадки гнезда XS1; 7 – отверстие под колонку гнезда XS1; 8 – винт для крепления платы; 9 - отверстие под колонку гнезда XW1; 10 - контактные площадки гнезда XW1; 11 – светодиод HL1 и защитное стекло; 12- контактная площадка выключателя SB1; 13 – толкатель и гайка крепления выключателя SB1; 14 - контактная площадка гнезда SP1

Печатная плата на рисунке 15 отличается от аналогичной на рисунке 8.

Контактные площадки переменных резисторов и конденсатора повернуты на 90° . Обычно по периметру печатной платы находится земляной провод. При повороте на 90° один из крайних выводов будет попадать на этот провод. Если смотреть на переменный резистор со стороны оси выводами вниз, то заземлению подлежит левый крайний вывод. Тогда при вращении оси резисторов по часовой стрелке громкость и чувствительность в приемнике будут увеличиваются, как показано на рисунке 3. Чтобы именно левый вывод попал на землю, один резистор поворачивают по часовой стрелке, а другой – против.

У переменного конденсатора земляной – это средний вывод. При вращении оси по часовой стрелке емкость конденсатора уменьшается, а частота растет, как показано на рисунке 3.

Для каждого типоразмера комплектующего, монтируемых на поверхность, в Splan выбираем размеры контактных площадок согласно методике подробно описанной в лабораторной №2. На эти контактные площадки устанавливаем УГО этих элементов или упрощенное изображение корпуса, и проводим группировку. Получаем изображения компонентов, представленных на рисунке 16. Назовем эти изображения макетами компонентов. Выбираем шаг координатной сетки и соответствующий масштаб будущего изображения. Соответственно макеты всех компонентов тоже должны быть представлены в этом масштабе.

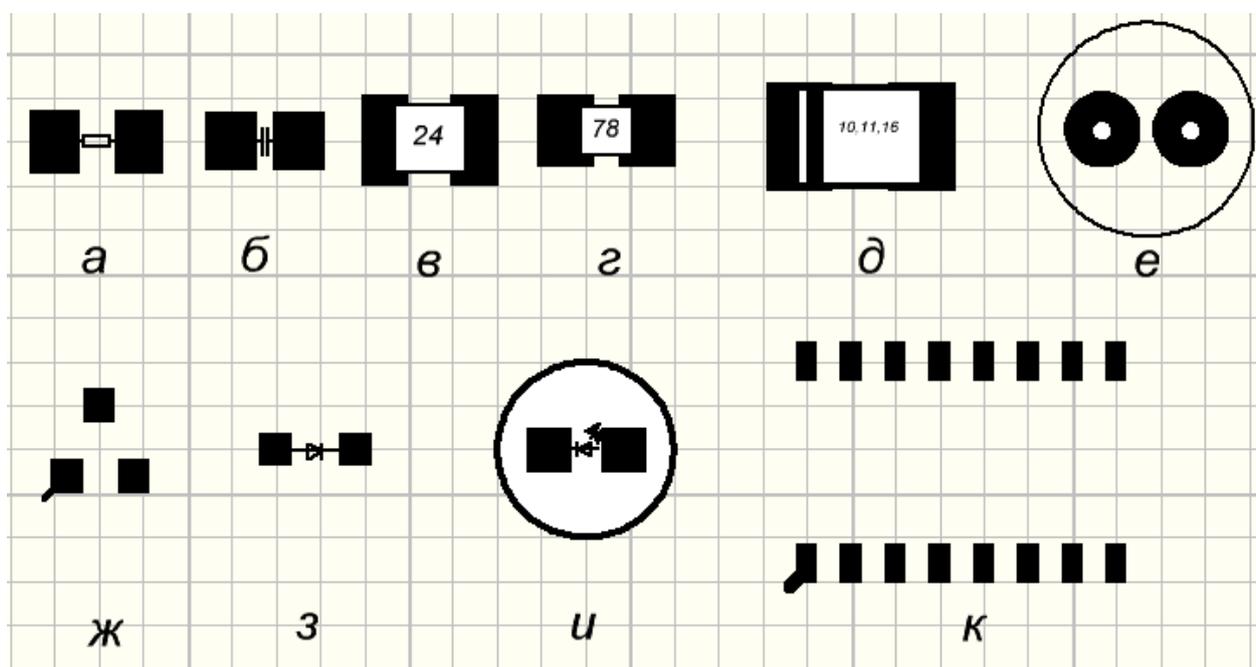


Рис. 16. Контактные площадки с упрощенным изображением компонентов и их УГО в масштабе М2:1, шаг координатной сетки 1,25 мм: а – резистор с размером 0805; б – конденсатор керамический с размером 0805; в – конденсаторы керамические С2 и С4; г - конденсаторы керамические С7 и С8; д – конденсаторы оксидно-полупроводниковые С10, С11 и С16; е - конденсатор оксидный алюминиевый для монтажа в отверстия С17; ж – контактные площадки транзисторов VT1 и VT2 (вывод базы с усиком); з – диод VD1; и – светодиод HL1; к – микросхема DA1 (первый вывод с усиком)

Трассировку начинаем с расположения самого сложного для этого процесса компонента – микросхемы DA1. Необходимо, чтобы линии связи между соответствующими выводами микросхемы и контактными площадками переменных резисторов и конденсатора были как можно короче и с минимальным числом перегибов.

С обеих длинных сторон микросхемы располагают земляные проводники и согласно ЭЗ соединяют их через конденсаторы с соответствующими выводами микросхемы. При этом можно использовать площадь под корпусом микросхемы. В результате рисунок трассировки будет похож на обвязку микросхемы на ЭЗ.

Необходимо расположить усилитель мощности НЧ с той стороны микросхемы, где находится вывод 7 выхода НЧ сигнала и провести его трассировку. И наконец, подключаем микросхему к источнику питания. При этом на первом этапе проводники могут быть сложной конфигурации со множеством перегибов. Главное исключить пересечение проводников разных цепей.

Далее проводим оптимизацию рисунка печатной платы. По возможности равномерно распределяем компоненты и проводники по печатной плате. На одном из этапов этой автоматизации пришлось поменять местами гнезда XS1 и XW1.

На рисунке 17 представлен черновой вариант трассировки печатной платы.

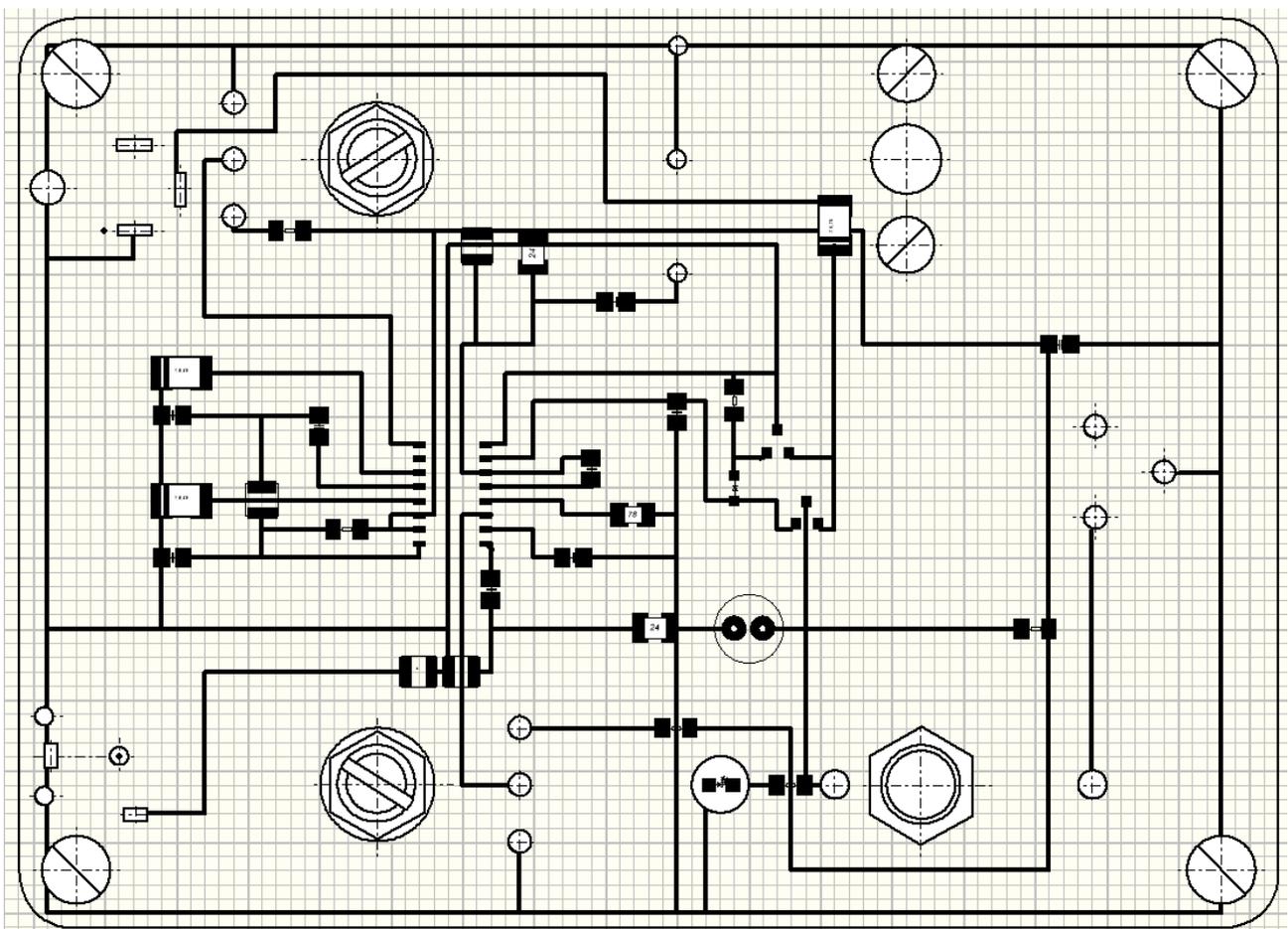


Рис. 17. Черновой вариант трассировки печатной платы

Для исполнения чертежа платы необходимо изъять из чернового варианта макеты всех комплектующих, вместо крепежных узлов оставить только отверстия для их установки, как показано на рисунке 18.

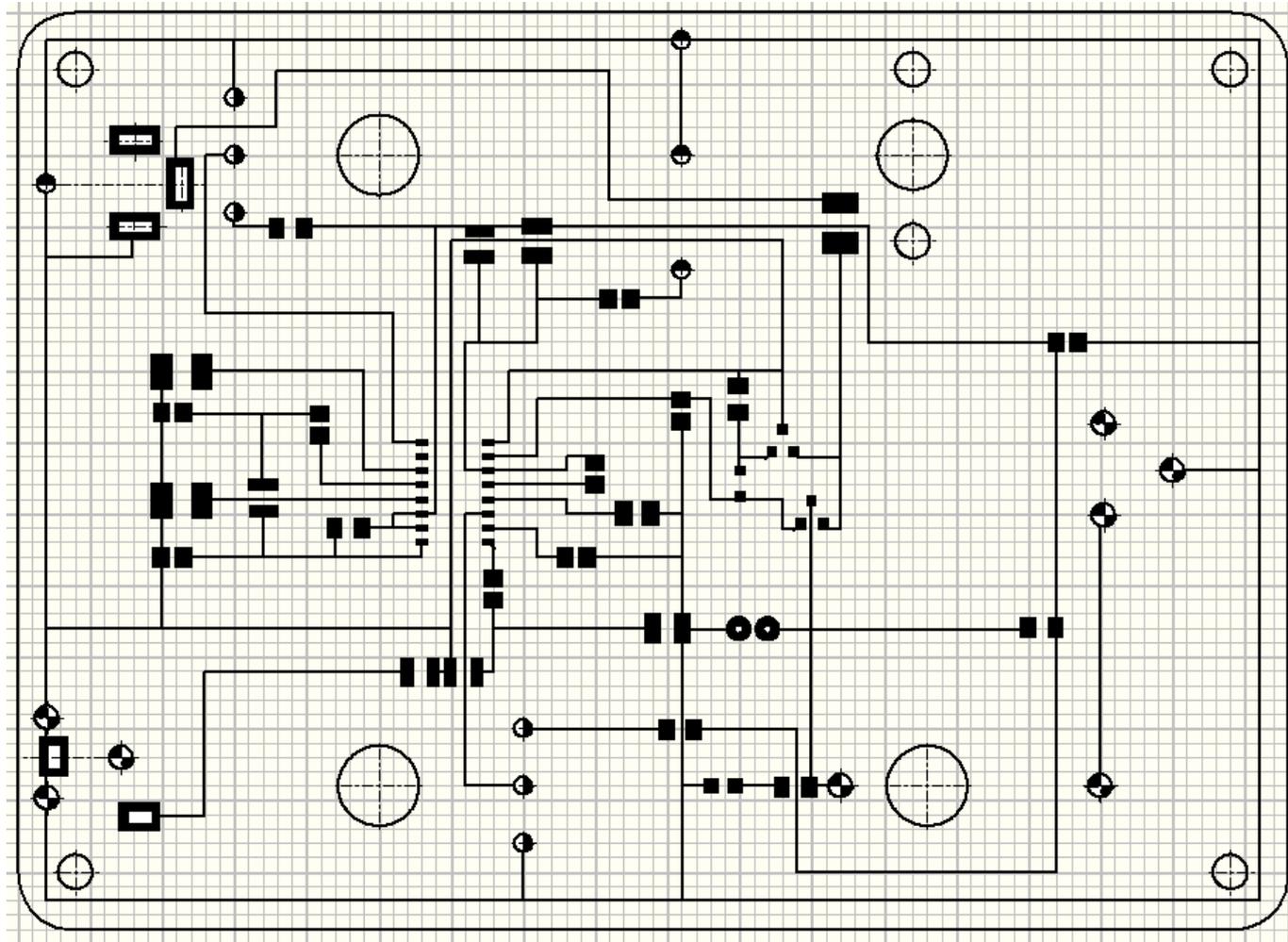


Рис. 18. Вариант трассировки печатной платы приемника

7. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ЧЕРТЕЖА

В приложении 1 представлен рисунок А1 чертежа печатной платы. Рамка чертежа выполненная в формате А3. Основная надпись расположена вдоль длинной стороны рамки. Она заполнена согласно требованиям ГОСТ 2.104-68 «Основные надписи».

Печатная плата в нашем случае относится к деталям, поэтому ее классификационный номер РИВА.758721.001 выбирается по классификатору 75. Принято одно общее наименование для всех таких деталей «Плата печатная». В графе материал указывают основные параметры этого листового материала. Указывается литера «У- учебная», масса в граммах, масштаб и идентификация подразделения, где работает автор чертежа.

Чертеж состоит из нескольких частей. Основной частью является изображение печатной платы, находящееся в левой части чертежа. Это изображение согласно правилам машиностроительного черчения содержит

несколько видов. Основной вид – это вид, содержащий максимальное количество информации об изделии, выполнен по выше указанным причинам в масштабе увеличения М2:1. Таковой в нашем случае является поверхность печатной платы с печатными проводниками.

Остальные виды: слева, справа, сверху, снизу и сзади дублируют размеры друг друга и главного вида. Кстати для чертежей, исполненных зарубежными фирмами вид слева располагается слева от главного вида, вид справа – справа, сверху – вверху и т.д. В России все наоборот. Поэтому достаточно выбрать только один дополнительный вид, чтобы иметь полное представление о печатной плате. Выберем вид сверху, который по правилам машиностроительного черчения расположен снизу от основного вида. На этом чертеже представлении только один размер, которого нет на главном виде – это толщина платы.

Еще ниже находятся три фрагмента главного вида печатной платы в увеличенном масштабе М4:1 с размерами. Если имеется возможность эти размеры расположить на главном виде, то чертеж получается очень насыщенным и практически нечитаемым.

Справа от изображения печатной платы представлены таблица с размерами контактных площадок и текстовая информация, называемая техническими требованиями.

В таблице представлены параметры контактных площадок с отверстиями, предназначенные для комплектующих для монтажа в отверстия, и без отверстий, предназначенными комплектующих для монтажа на поверхность. Отверстия бывают в виде круга и прямоугольной форме в зависимости от конфигурации выводов и рекомендаций производителя этих комплектующих.

Иногда невозможно или сложно графически показать особенности конструкции изделия. В этом случае используют текстовую информацию, называемую техническими требованиями. Технические требования располагают над основной надписью, отступив от нее не менее, чем на 8 мм.

8. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Большинство размеров проставлено на главном виде, меньше в таблице с параметрами контактных площадок и всего один размер на виде сверху.

Все размеры делятся на габаритные и межцентровые. Габаритные показывают размеры всего изделия и его составных частей, представленных на изображении изделия в виде плоских геометрических фигур разной формы. Межцентровые показывают на каком расстоянии друг от друга находятся эти составные части, а на поле чертежа - на каком расстоянии друг от друга находятся плоские геометрические фигуры разной формы.

Изображение двухмерное, поэтому и все размеры содержать две компоненты: по оси Х и по оси Y.

На поверхности печатной платы находится координатная сетка с шагом, как в нашем случае, 1,25 мм (в масштабе М2:1 – 2,5 мм). Оси Х и Y

координатной сетки расположены соответственно по длинной и короткой сторонам платы. Реперные точки имеют нумерацию и расположены через 5 шагов.

Для каждого компонента геометрические центры контактных площадок, расстояния между ними и крепежными отверстиями определяются конструкцией комплектующего и жестко связаны друг с другом. Если его расположить на поверхности платы, то в большинстве случаев геометрические центры контактных площадок и крепежных отверстий не совпадут или частично совпадут с узлами координатной сетки. С целью привязки компонента к координатной сетки достаточно совместить и зафиксировать хотя бы один геометрический центр элемента компонента к узлу координатной сетки.

На плате устанавливаются несколько компонентов – органов оперативной регулировки, оси которых при сборке должны точно проходить через отверстия в крышке на лицевую сторону приемника. Поэтому центры крепежных отверстий на печатной плате при сборке должны совпадать с центрами соответствующих отверстий в крышке. Такое можно получить, имея общую точку отчета размеров на плате и на крышке. Такой точкой отчета является центры одной пары отверстий, через которые проходит винт для соединения платы и крышки.

Обычно за начало отчета принимают центр левого нижнего отверстия диаметром $4,2^{+0,2}$ мм. От этой точки отмеряют размеры по осям X и Y до тех контактных площадок или центров крепежных отверстий компонентов (условный центр компонента), которые совпадают с узлами координатной сетки, как показано на рисунке 19.

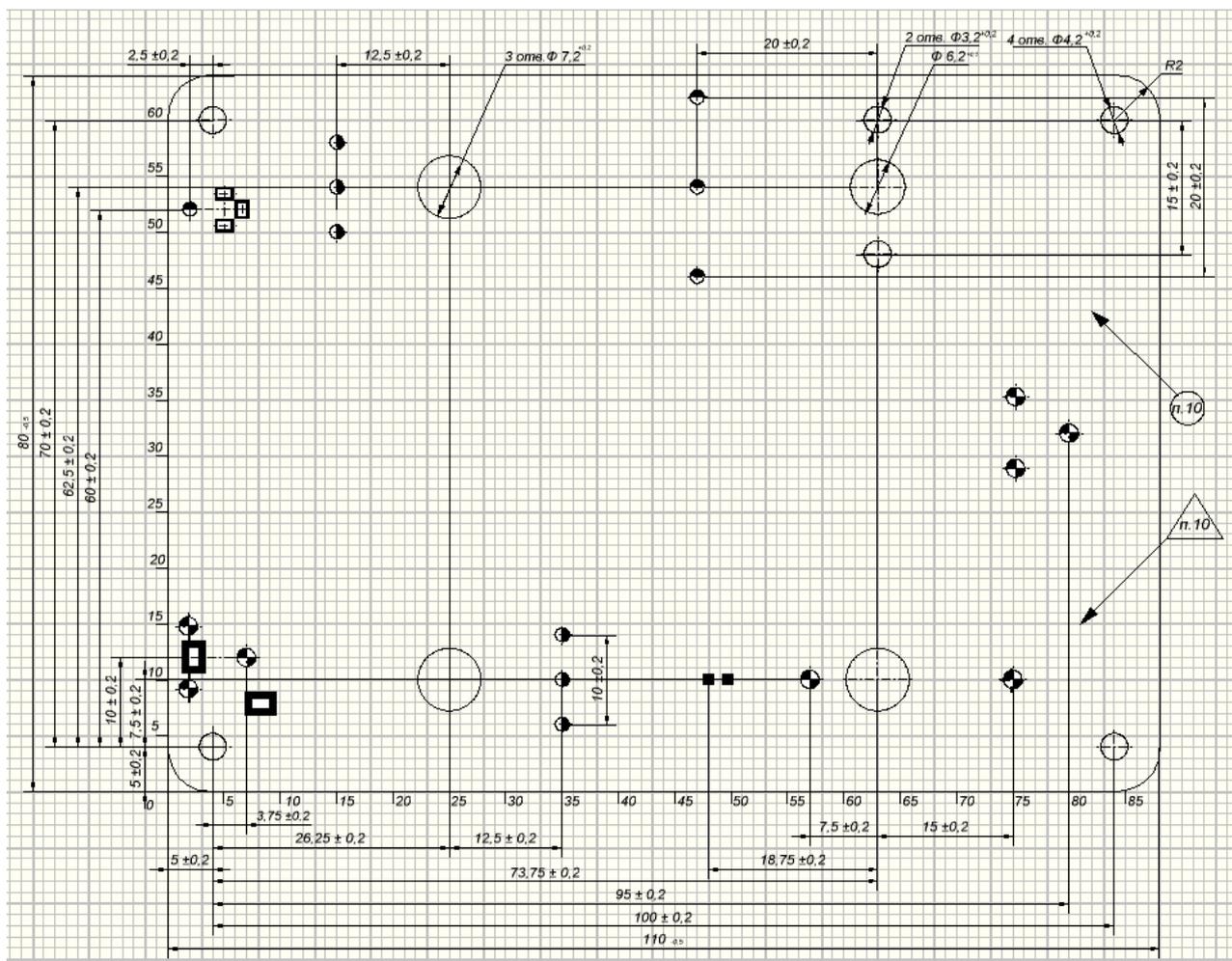


Рис. 19. Простановка межцентровых размеров

Диаметры отверстий под контактные площадки имеют значения 1,2 мм, 1,5 мм и 1,8 мм. На чертеже главного вида традиционным способом их показать практически невозможно, а тем более отличить отверстия одного диаметра от другого. Поэтому отверстия разных диаметров обозначают как окружность, но с разными способами зачернения части площади круга. Конкретное значение диаметра показано в таблице.

Рассмотрим межцентровые размеры по мере их увеличения по оси X :

- первый условный компонент – стороны печатной платы (минус 5 мм, минус 5 мм);
- второй компонент – условный центр гнезда под ТЛФ (минус 2,5 мм, 60 мм);
- третий компонент – центр отверстия для крепежной втулки платы (0 мм, 70 мм);
- четвертый компонент – условный центр ВЧ гнезда (3,75 мм, 10 мм);
- пятый компонент – центр крепежного отверстия под переменный резистор R2 (26,25 мм, 7,5 мм);
- шестой компонент – центр крепежного отверстия под переменный резистор R5 (26,25 мм, 62,5 мм);

- седьмой компонент – центр крепежного отверстия под кнопку (73,75 мм, 7,5 мм);
- восьмой компонент – центр отверстия под ось переменного конденсатора (73,25 мм, 62,5 мм);
- девятый компонент - условный центр гнезда питания (95 мм, 35 мм);
- десятый компонент - центр отверстия для крепежной втулки платы (100 мм, 0 мм);
- одиннадцатый компонент - центр отверстия для крепежной втулки платы (100 мм, 70 мм).

Многие из этих компонентов являются установочными размерами, рекомендованные производителем этих компонентов. Они состоят из жестко связанных между собой отверстий разной формы и размеров и имеют свои габаритные и межцентровые размеры. Рассмотрим такие компоненты, придерживаясь выше принятой нумерации.

Второй компонент - гнездо под ТЛФ - имеет свои установочные размеры и также состоит из своих габаритных и межцентровых размеров. Чтобы не затемнять чертеж главного вида, эти размеры представляются в виде выноски А в увеличенном масштабе М4:1, как показано на рисунке 20. Знак \odot означает отсутствие проекционной связи с основным изображением.

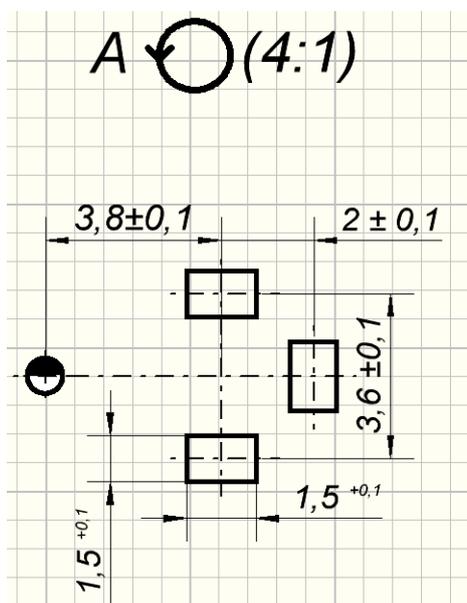


Рис. 20. Установочные размеры отверстий телефонного гнезда

На рисунке 21 представлен четвертый компонент – ВЧ гнездо в таком же формате, как и предыдущее гнездо.

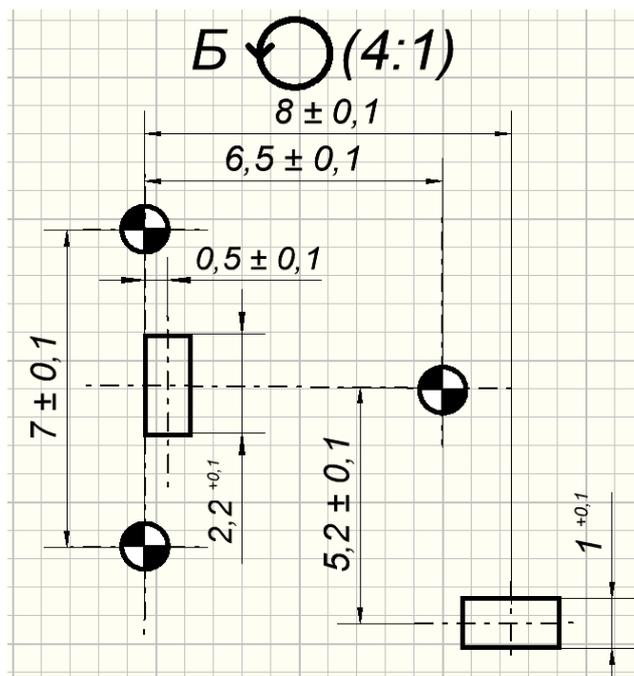


Рис. 21. Установочные размеры отверстий ВЧ гнезда

На рисунке 22 представлен пятый и шестой компоненты – крепежные отверстия и отверстия контактных площадок переменных резисторов. В отличие от выносных изображений в данном случае установочные размеры нанесены на главном виде, причем в разных местах.

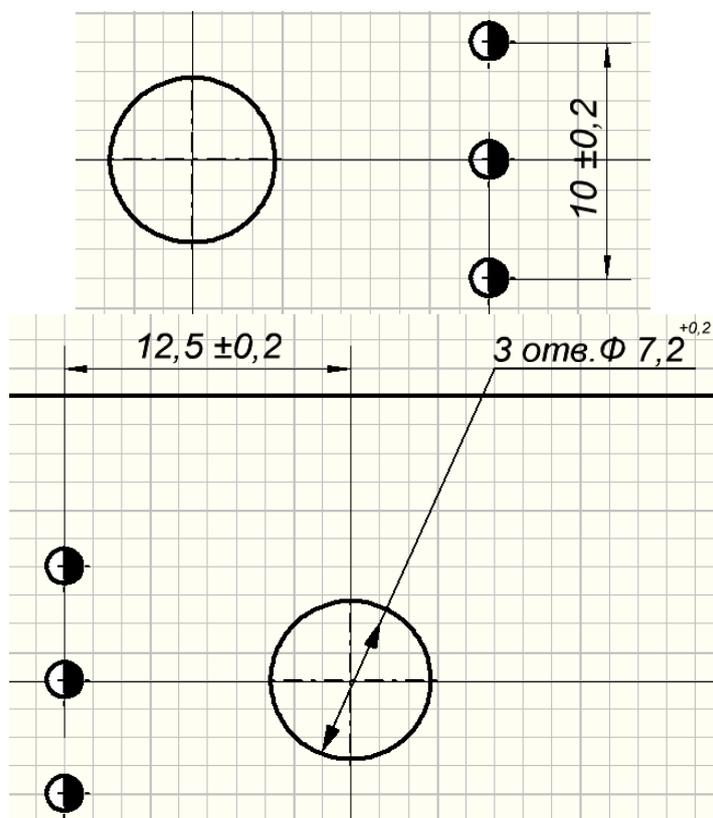


Рис. 22. Установочные размеры отверстий для переменных резисторов

Седьмой компонент содержит крепежное отверстие кнопки, два отверстия для соединительных проводников от выводов кнопки и светодиод.

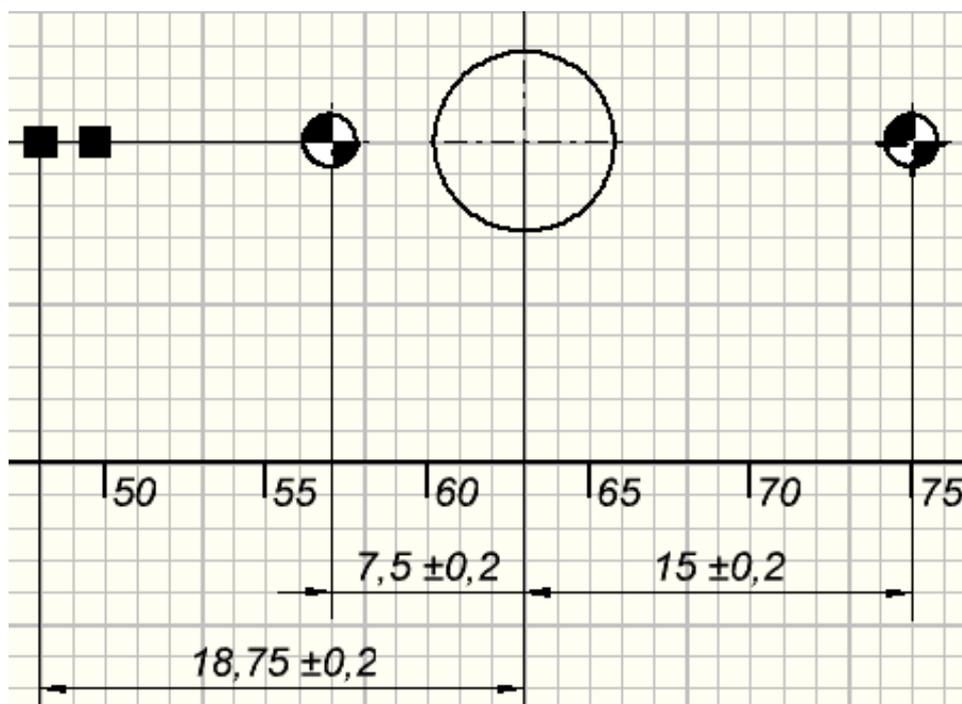


Рис. 23. Установочные размеры отверстий для кнопки

Восьмой компонент содержит отверстие под ось переменного конденсатора, два крепежных отверстия и три отверстия контактных площадок.

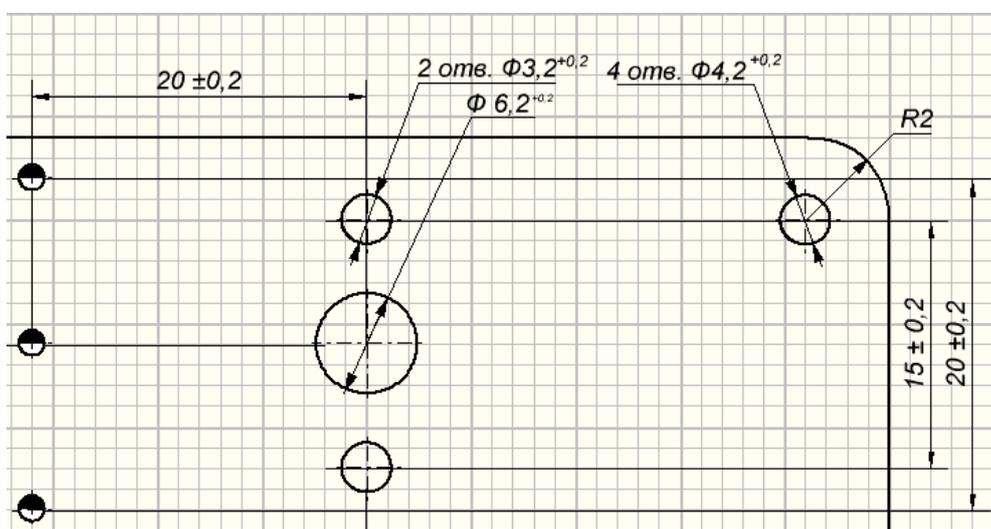


Рис. 24. Установочные размеры отверстий для переменного конденсатора

Девятый компонент содержит только отверстия под контактные площадки. Установочные размеры показаны на выноске В.

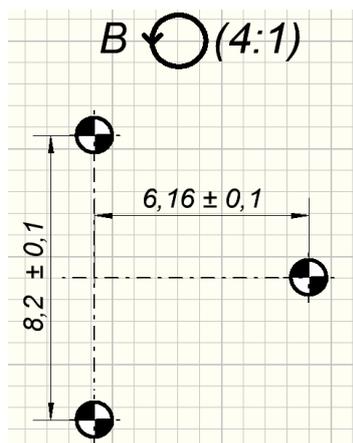


Рис. 25. Установочные размеры отверстий контактных площадок для гнезда питания

Остальные компоненты содержат только одно отверстие, размеры которых указаны на главном виде.

Невозможно изготовить деталь с абсолютно точным размером. Поэтому на величину размеров задается интервал, который называется полем допуска на размер.

Все габаритные размеры деталей и их элементов можно разделить на сопрягаемые и свободные.

Сопрягаемые принадлежат двум деталям или их элементам, которые соединяются друг с другом. Деталь или ее элемент, поверхность которой охватывается, называют валом. Деталь или ее элемент, поверхность которой охватывает, называют отверстием.

Процесс соединения называется посадкой. Детали или их элементы могут соединяться с зазором, без зазора или в натяг, поэтому существуют разные виды посадок. Посадки определяют величину полей допусков соединяемых размеров и их взаимное расположение. Причем, чем больше размер, тем сложнее выполнить его с высокой точностью. Однако в относительных единицах точность зависит только от типа посадки и называется качеством. Поэтому с увеличением размера при одинаковом качестве поле допуска в абсолютных значениях увеличивается.

В самом простом представлении о посадке необходимо, чтобы вал входил в отверстие. Поэтому размер вала должен быть меньше размера отверстия.

На чертеже размеры вала и отверстия обозначают одним числом (соединяются впритирку). Затем с целью получения гарантированного зазора увеличивают размеры отверстия, оставляя размеры вала неизменными (система вала), либо уменьшают размер вала, оставляя размер отверстия неизменным (система отверстия). Но в том и другом случае допуск проставляется в тело детали.

Допуски на отверстия под резьбовое соединение и контактных площадок на печатной плате проставляются по системе вала. Действительно, не будем же

мы обрабатывать резьбовые поверхности, чтобы получить необходимую посадку.

Свободные размеры принадлежат деталям или их элементам, которые ни с чем не соединяются. Поэтому жестких требований к полю допуска на такие размеры нет, однако и в этом случае допуск проставляется в тело детали. К свободным относится размер печатной платы.

Допуска на межцентровые размеры симметричные. Они не зависят от величины самого размера, а зависят от зазора между диаметрами вала и отверстия, как показано на числовом примере на рисунке 26.

Диаметр отверстия на 4 мм больше, чем диаметр вала. При совпадении межцентровых расстояний валов и отверстий получается зазор 2 мм. Валы свободно входят в отверстия. При межцентровом расстоянии отверстий 54 мм и 46 мм валы входят в отверстия вперирку. Поэтому поле допуска на межцентровое расстояние между отверстиями будет от 46 мм до 54 мм или 50 ± 4 мм. Таким образом значение допуска равно разнице диаметров отверстий и валов.

При увеличении допуска на величину межцентрового размера валы можем не вставить в отверстия. При уменьшении допуска валы будут болтаться в отверстиях и растет стоимость работ по изготовлению деталей.

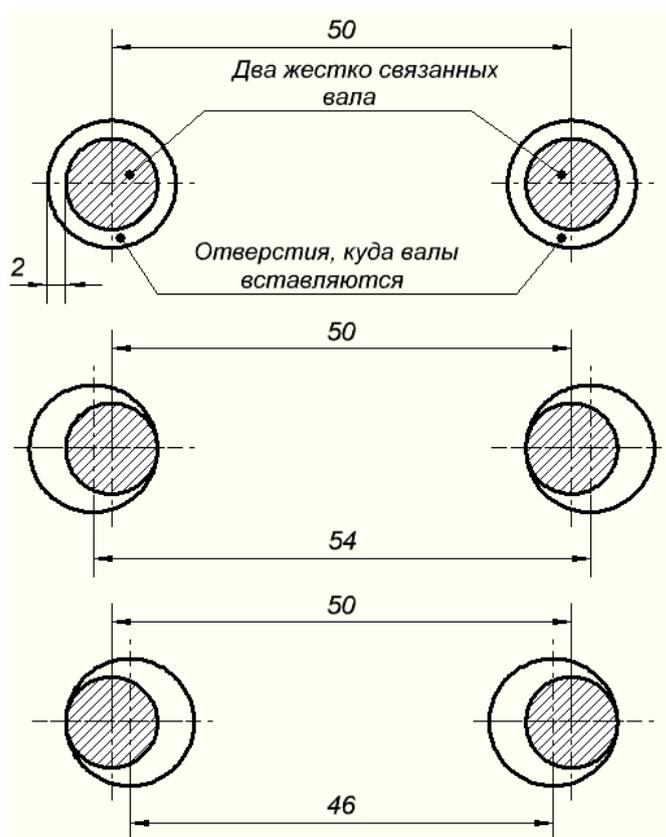


Рис. 26. К определению значения допуска для межцентровых размеров

Размер на толщину платы мы не исполняем, а довольствуемся тем, с какой точностью его исполнили на заводе-изготовителе. Поэтому проставляем его как размер для справок *.

Размеры контактных площадок и допуски на них приведены в таблице. Допуски на них идут в плюс исходя из принципа коэффициента запаса и с учетом рекомендации производителя комплектующих.

Класс точности и положение проводников соответствуют конструкции бытовой аппаратуры и соответствующей такой конструкции технологии. Самыми несложными и надежными являются ПП первого и второго классов точности, они просты при изготовлении и сборке и, следовательно, наиболее дешевые. Выберем второй класс точности

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, эпоксидно-фенолальдегидной смолой или кремнийорганическими лаками с последующей термообработкой. Стеклотекстолиты, пропитанные кремнийорганическими лаками и совмещенными фенолформальдегидными смолами, находят широкое применение в ЭС, когда требуются материалы с повышенными механическими и диэлектрическими свойствами и высокой тепло- и влагостойкостью.

Основными критериями при выборе материала основания ПП служат:

- пригодность для изготовления выбранного типа конструкции ПП;

- соответствие требуемым электрическим и механическим характеристикам;
- возможность эксплуатации в заданных ТЗ условиях;
- стоимость.

Отечественные материалы обладают значительно более низкой стоимостью по сравнению с импортными, но имеют гораздо худшие электрические и механические характеристики. Их следует выбирать для изготовления недорогих ПП не выше третьего класса точности, эксплуатирующихся в нежестких условиях.

Учитывая последнее замечание, а также распространенность и доступность на Российском рынке и другие преимущества выбираем в качестве материала печатной платы стеклотекстолит.

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. С учетом размеров ПП, выбранного способа крепления выберем толщину равную 1,5 мм.

Металлизация отверстий отсутствует, поэтому шероховатость поверхности может быть высокая. Для такой шероховатости можно применить для формообразования размеров всей печатной платы и диаметров отверстия более 3 мм штамповку, а для отверстий меньшего диаметра - сверление на станках ЧПУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

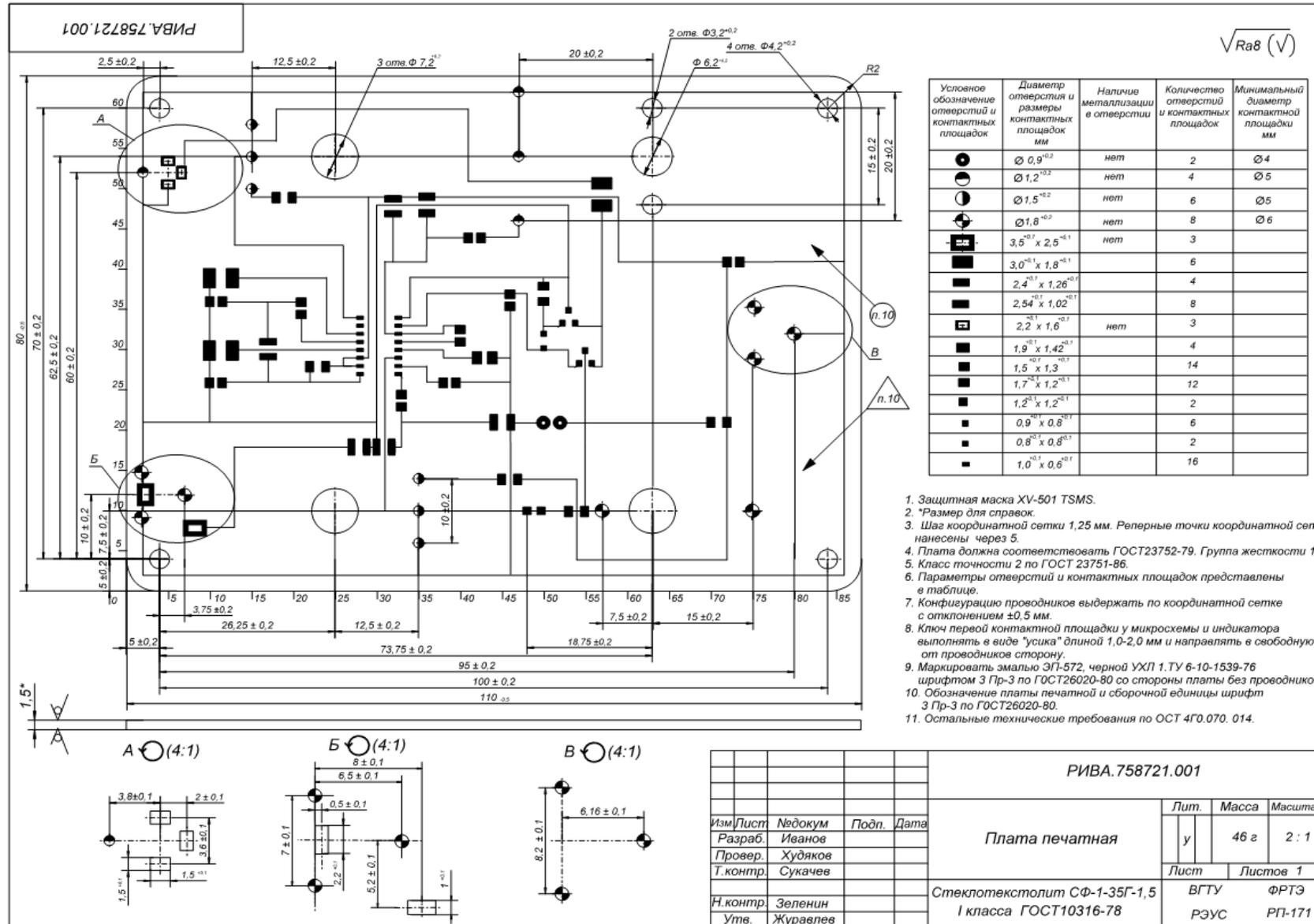
Данные методические указания направлены на изучение выбора компоновки изделия и процесса трассировки печатной платы.

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.

ЧЕРТЕЖ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ



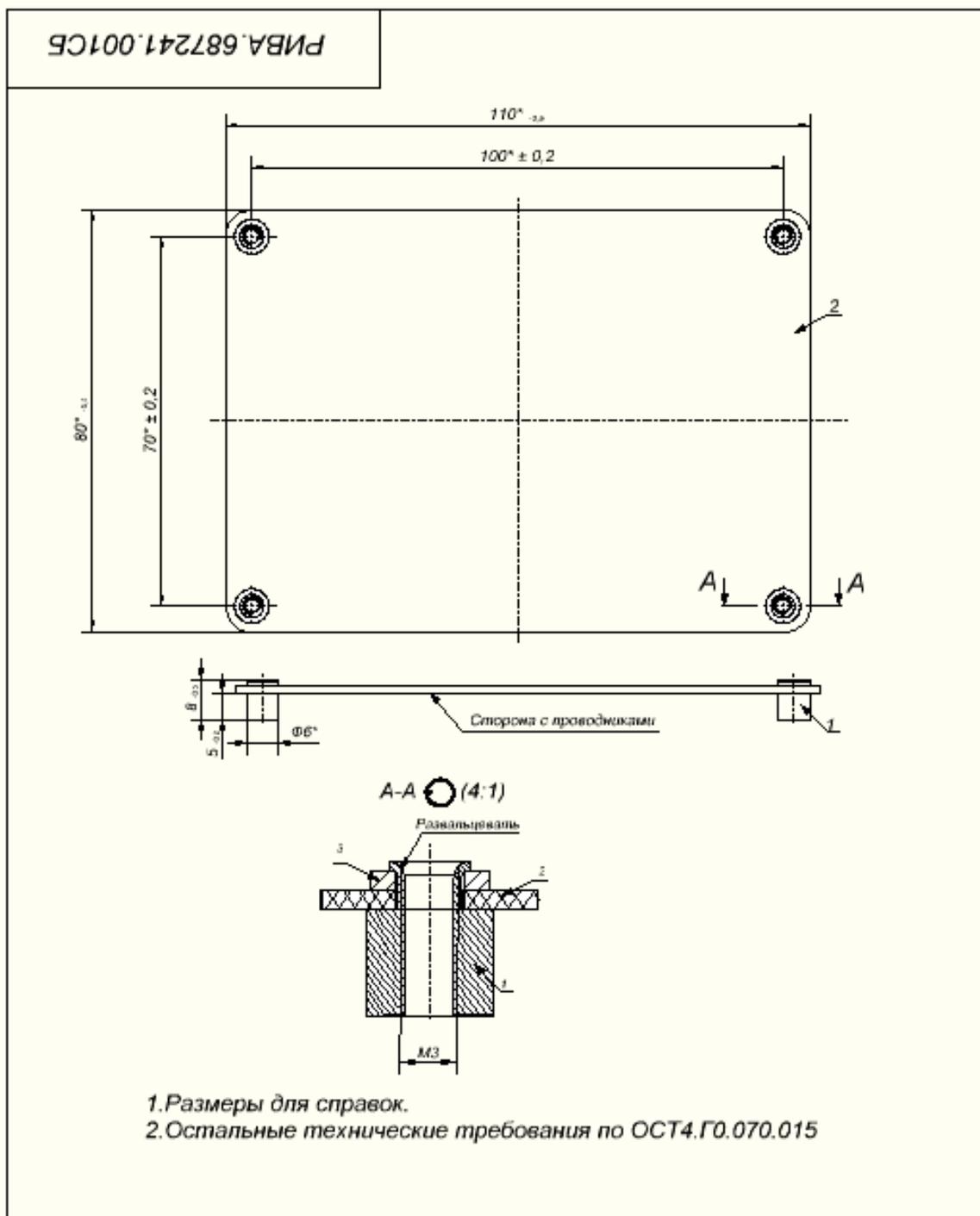
ПРИОЖЕНИЕ 2

СПЕЦИФИКАЦИЯ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ПЛАТЫ РИВА.687241.001

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A4			РИВА.687241.001 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
A4	1		РИВА.713161.001	Втулка	4	
A4	2		РИВА.758721.001	Плата печатная	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	3			Шайба А3.04.016 ГОСТ 10450 - 78	4	
РИВА.687241.001						
<u>Изм.</u>	<u>Лист</u>	<u>Модифи.</u>	<u>Подп.</u>	<u>Дата</u>		
<u>Разраб.</u>		Иванов			<u>Литера</u>	<u>Лист</u>
<u>Провер.</u>		Худяков			У	1
<u>Н.контр.</u>		Зеленин			ВГУ ФРГ	
<u>Уте.</u>		Журавлев			РЭУС РП-171	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЛАТЫ РИВА.687241.001



				РИВА.687241.001СБ				
Изм.	Лист	№докум	Подп.	Дата	Плата Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.	Иванов				y	75 г	1:1
	Провер.	Худяков						
	Т.контр.	Сукачев				Лист	Листов 1	
	Н.контр.	Зеленин				ВГУ	ФРТЭ	
Утв.	Журавлев				РЭУС	РП-171		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Лабораторная работа №5. Компоновка устройства и трассировка печатной платы.....	3
2. Содержание работы.....	3
3. Предварительная компоновка приемника	3
4. Подготовка печатной платы к трассировке	9
5. Принцип трассировки печатной платы в ручном режиме	13
6. Трассировки печатной платы приемника в ручном режиме	17
7. Составные части чертежа	20
8. Нанесение размеров печатной платы	21
Заключение.....	30
Библиографический список.....	31
Приложение 1. Чертеж печатной платы	32
Приложение 2. Спецификация сборочного чертежа платы РИВА.687241.001	33
Приложение 3. Сборочный чертеж платы РИВА.687241.001	34

Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторной работы № 5
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения*

Составитель
Худяков Юрий Васильевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 26.09.2022.
Уч.-изд. л. 1,8.

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