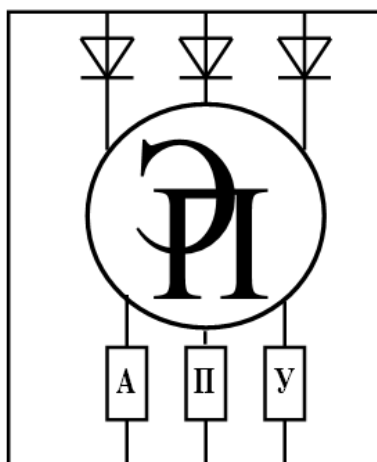


ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и АПУ»

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
АВТОТРАКТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Методические рекомендации по курсовому проектированию для студентов  
направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
направленность (профиль) «Электрооборудование автомобилей и  
тракторов»*



УДК 744.4  
ББК 30.11  
С 465

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «ЭП и АПУ» 6 февраля 2017 г., протокол № 7

Составитель ассистент Т. С. Ларькина

Рецензент канд. техн. наук, доц. Б. Б. Скарыно

В методических рекомендациях приводятся краткие сведения об основных характеристиках для основных видов конструкторских документов в специальности, а также краткие методические указания, рекомендации, необходимые для выполнения курсового проекта.

Учебно-методическое издание

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОТРАКТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ответственный за выпуск	Г.С. Ленеvский
Технический редактор	Т. С. Ларькина
Компьютерная вёрстка	Т.С. Ларькина

Подписано в печать 13.10.2017. Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,06. Тираж 50 экз. Заказ № 2254.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 24.01.2014.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилёв.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский  
университет», 2017



## Содержание

1 Цель выполнения, характеристика, порядок выполнения и структура курсового проекта .....	4
1.1 Содержание курсового проекта.....	4
1.2 Требования к содержанию пояснительной записки.....	6
1.3 Перечень графического материала.....	9
2 Требования к оформлению .....	10
2.1 Общие положения .....	10
2.2 Требования к оформлению текстовых документов.....	10
2.3 Лист задания .....	12
3 Краткие теоретические сведения.....	13
3.1 Разработка схемы электрической принципиальной.....	13
3.2 Разработка перечня элементов .....	13
3.3 Разработка сборочного чертежа .....	15
3.4 Разработка спецификации.....	17
3.5 Разработка чертежа платы печатной.....	21
3.6 Разработка схемы электрической соединений.....	27
3.7 Разработка таблицы соединений .....	30
Список литературы .....	33
Приложение А. Расчет надежности .....	35
Приложение Б. Компоновка.....	36
Приложение В. Образец выполнения чертежей графической части курсового проекта .....	37



## 1 Цель выполнения, характеристика, порядок выполнения и структура курсового проекта

Методические рекомендации определяют цели и задачи, порядок выполнения, содержат требования к оформлению курсового проекта и практические советы по подготовке и прохождению процедуры защиты.

Консультации по выполнению курсового проекта могут проводиться в рамках учебных часов, как в ходе изучения профессионального модуля, так и по индивидуальному графику согласно индивидуальной образовательной программе обучающегося.

При проектировании, ремонте, производстве, эксплуатации, испытаниях электронных и электротехнических узлов, приборов, устройств, систем, электрических аппаратов и электрических машин, стендов (далее мы это будем называть «электротехническое оборудование») используется различная техническая документация (далее мы это будем называть «конструкторская документация»).

В результате курсового проектирования студент должен разработать комплект конструкторских документов, согласно выданному заданию, в который включены:

1. Схема электрическая принципиальная (СЭП);
2. Перечень элементов (ПЭ);
3. Схема электрическая соединений (СЭС);
4. Таблица соединений (ТС);
5. Плата печатная;
6. Сборочный чертеж (СБ);
7. Спецификация (СП).

### 1.1 Содержание курсового проекта

Курсовой проект выполняется в восьмом семестре. Представляет собой разработку компонента электронного автотракторного электрооборудования с помощью изучаемых в курсе программ автоматизированного проектирования.

Каждому студенту выдается индивидуальное задание на курсовой проект.

Тема и состав курсового проекта уточняется в соответствии с темой дипломного проекта студента.

*Примечание* – в названии указывается марка автомобиля.

Содержание курсового проекта включает:

- 1) теоретическая часть – обзор по теме проектирования, исследование актуальных вопросов в данной области, постановка задач, обоснование принятого решения;



2) практическая часть – исследование элементной базы устройств, разработка рекомендаций и предложений;

3) проектная часть – разработка графической части, содержащей следующий перечень материалов:

- схема электрическая принципиальная;
- перечень элементов;
- плата печатная;
- сборочный чертеж;
- спецификация;
- схема электрическая соединений;
- таблица соединений.

Оформление курсового проекта согласно ГОСТ.

Объем пояснительной записки - 25-30 страниц формата А4. Уровень уникальности содержания пояснительной записки – от 60% по программе проверки уникальности ЕТХТ.

Графическая часть выполняется на листах формата А1 (А2, А3) с рамкой, основной надписью и дополнительными графами с заполненными атрибутами. Формат листов выбирается студентом самостоятельно.

Объем и содержание графической части курсового проекта может быть изменен в соответствии с темой дипломного проекта студента и должен быть согласован с преподавателем, руководящим курсовым проектом.

*Примечание* - Рекомендуется выполнять конструкторские документы, используя соответствующее программное обеспечение, изучаемое на лабораторных занятиях по дисциплине (AutoCAD, OrCAD, SolidWorks, MS Word, Excel и других).

Перечень этапов выполнения курсового проекта и количество баллов за каждый из них представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Перечень этапов выполнения курсового проекта и количество баллов за каждый из них

№	Этап выполнения	Минимум	Максимум
1	Разработка схемы электрической принципиальной	3	5
2	Компоновка основного и вспомогательного электрооборудования	3	5
3	Монтаж электрооборудования	3	5
4	Разработка сборочного чертежа размещения электрооборудования	3	5
5	Расчет сечения и выбор соединительных проводов и кабелей	3	5
6	Разработка схемы электрической соединений	3	5

№	Этап выполнения	Минимум	Максимум
Графическая часть курсового проекта			
7	Схема электрическая принципиальная	3	5
8	Перечень элементов	1	3
9	Чертеж платы печатной	3	4
10	Спецификация	2	3
11	Сборочный чертеж;	3	5
12	Схема электрическая соединений	3	5
13	Таблица соединений	3	5
	Итого за выполнение курсового проекта (работы)	36	60
	Защита курсового проекта (работы)	15	40

Итоговая оценка курсового проекта представляет собой сумму баллов за выполнение и защиту курсового проекта и выставляется в соответствии с таблицей 1.2.

Таблица 1.2 – Оценка курсовой работы

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

## 1.2 Требования к содержанию пояснительной записки

Объем пояснительной записки - 25-30 страниц формата А4. Уровень уникальности содержания пояснительной записки – от 60% по программе проверки уникальности ЕТХТ.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

Введение

- 1 Разработка схемы электрической принципиальной
- 2 Компоновка основного и вспомогательного электрооборудования
- 3 Монтаж электрооборудования
- 4 Разработка сборочного чертежа размещения электрооборудования
- 5 Расчет сечения и выбор соединительных проводов и кабелей
- 6 Разработка схемы электрической соединений

Заключение

Список литературы

Приложения (при необходимости).

Содержание разделов курсового проекта:

1) Введение.

Во вводной части проекта должны быть описаны назначение и область применения устройства, кратко описаны существующие аналогичные изделия (в сравнении с рассматриваемым в проекте), дан анализ технических характеристик изделия с точки зрения их необходимости для данного устройства.

2) Разработка схемы электрической принципиальной.

В этом разделе проекта должна быть описана и проанализирована работа принципиальной схемы изделия, дан анализ элементной базы (с указанием основных технических характеристик элементов). Анализ дается с точки зрения возможных замен элементов при ремонте и регулировке изделия.

А также проводится расчет надежности. При расчете надежности определяются: вероятность безотказной работы; интенсивность отказа; среднее время безотказной работы и др. показатели.

Расчет надежности электронного блока производить по следующему плану:

- заполнить таблицу интенсивности отказов элементов устройства (рисунок А.1 приложения А);
- рассчитать интенсивность отказов  $\Lambda$  для всей схемы, для этого сложить все цифры из последнего столбца;
- рассчитать среднюю наработку отказа по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\Lambda} \quad (1.1)$$

- заполнить таблицу зависимости вероятности безотказной работы от времени (рисунок А.2, приложение А);
- построить график зависимости вероятности безотказной работы от времени. Пример представлен на рисунке 1.1;



Рисунок 1.1 – Пример зависимости вероятности безотказной работы от времени

- сделать вывод.

### 3) Компоновка основного и вспомогательного электрооборудования.

В данном разделе необходимо дать описание конструкции изделия, указать расположение основных элементов конструкции: печатных плат, блока питания, органов управления, расположение контрольных точек и органов регулировки.

Также, при необходимости, следует оговорить требования к монтажу, соединительным проводам, проводам питания, экранировке узлов изделия.

Компоновку функционального узла производить по следующему плану:

- определить площадь, объем и массу функционального узла по следующим формулам:

$$S = 1,3 \cdot A \cdot B, \quad (1.2)$$

$$V = 1,5 \cdot A \cdot B \cdot H, \quad (1.3)$$

где А, В, Н – габаритные длина, ширина, высота элемента.

- заполнить таблицу (рисунок Б.1, приложение Б);
- разработать компоновочный эскиз. Для этого скомпоновать элементы платы на площади печатной платы таким образом, чтобы получить минимальные размеры печатной платы. Печатные проводники в данном пункте не учитываются, т.е. разрабатываемый эскиз является предварительным и ориентировочным. Компоновочный эскиз является предназначен для предварительной оценки габаритов изделия в соответствии с требованиями заказчика.

Компоновочный эскиз платы печатной блока электронного следует производить с применением специализированного программного обеспечения, например, DipTrace, Sprint Layout.

Пример компоновочного эскиза платы печатной в среде DipTrace представлен на рисунке В.1 приложения В.

- рассчитать объем и площадь полученного функционального узла;
- рассчитать коэффициент заполнения устройства по объему и коэффициент использования площади печатной платы:

$$K_{\text{зан}} = \frac{\sum V_{\text{п}}}{V_{\text{фy}}}, \quad (1.4)$$

$$K_{\text{исп}} = \frac{\sum S_{\text{п}}}{S_{\text{фy}}}. \quad (1.5)$$

$K_{\text{зан}}$  должен получиться в пределах 0,2..1;

$K_{\text{исп}}$  – в пределах 0,33..1.

Если коэффициенты больше единицы, то необходимо пересмотреть компоновочный эскиз.



#### 4) Монтаж электрооборудования.

В данном разделе необходимо дать описание конструкции изделия с указанием информации по монтажу.

#### 5) Разработка сборочного чертежа размещения электрооборудования.

В данном разделе необходимо разработать сборочный чертеж платы печатной в сборе с указанием крышки и корпуса. Здесь же разрабатывается спецификация.

#### 6) Расчет сечения и выбор соединительных проводов и кабелей.

В данном разделе производится расчет сечения и выбор соединительных проводов и кабелей.

#### 7) Разработка схемы электрической соединений.

В данном разделе необходимо разработать схему электрическую соединений и таблицу соединений.

#### 8) Заключение.

В этом разделе необходимо дать краткую аннотацию выполненной работы, краткое содержание разделов пояснительной записки и графической части, дать заключение о том, достигнута ли цель курсового проектирования.

### 1.3 Перечень графического материала

Графическая часть выполняется на листах формата А1 (А2, А3) с рамкой, основной надписью и дополнительными графами с заполненными атрибутами. Формат листов выбирается студентом самостоятельно.

Курсовой проект должен содержать следующую графическую часть:

1. Схема электрическая принципиальная.
2. Плата печатная.
3. Сборочный чертеж.
4. Схема электрическая соединений.

Для данных чертежей должны быть разработаны:

1. Перечень элементов.
2. Спецификация.
3. Таблица соединений.

## 2 Требования к оформлению

### 2.1 Общие положения

Все конструкторские документы, в процессе курсового проектирования, должны быть оформлены по существующим стандартам единой системы конструкторской документации. Таким образом, графические конструкторские документы (сборочный чертеж, чертеж печатной платы и схема электрическая принципиальная) должны быть выполнены на листах основных форматов, предусмотренных ГОСТ 2.301-68\*, с основной надписью по форме 1, дополнительными графами и рамками согласно ГОСТ 2.104-68\*; текстовые конструкторские документы – с основной надписью по формам 2 и 2а, дополнительными графами и рамками согласно ГОСТ 2.104-68\*.

Разрабатываемому изделию должно быть присвоено наименование согласно ГОСТ 2.109-73, которое записывается в графе 1 основной надписи (ГОСТ 2.104-68\*) вместе с видом конструкторского документа (ГОСТ 2.102-68), а для пояснительной записки – и на титульном листе. Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное. В наименование изделия не включают сведения о назначении изделия и его местоположении. Каждому конструкторскому документу должно быть присвоено обозначение, которое должно быть указано в графе 2 основной надписи, а для пояснительной записки - и на титульном листе.

Рассмотрим далее более подробно конструкторские документы, выполняемые в процессе курсового проектирования, и требования, предъявляемые к ним по разработке и оформлению.

### 2.2 Требования к оформлению текстовых документов

Текстовые документы подразделяют на документы, содержащие, в основном, сплошной текст (технические условия, паспорта, расчеты, пояснительные записки, инструкции и т.п.), и документы, содержащие текст, разбитый на графы (спецификации, ведомости, таблицы и т.п.).

Правила выполнения и оформления текстовых документов, содержащих, в основном, сплошной текст устанавливает ГОСТ 2.105-95.

Правила выполнения и оформления текстовых документов, содержащих текст, разбитый на графы устанавливает ГОСТ 2.106-96.

Основную часть документа при необходимости разделяют на разделы.

Листы документа (основная надпись) нумеруют в пределах каждого раздела.

Каждый раздел начинают на листах с основной надписью по форме 2 (ГОСТ 2.104).

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацевого отступа.

Разделы, в свою очередь могут быть разбиты на подразделы.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3,4 интервалам, при выполнении рукописным способом - 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела - 2 интервала, при выполнении рукописным способом - 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Пояснительная записка (ПЗ) выполняется с применением печатающих средств ЭВМ, шрифт 14 или 12 пунктов, Times New Roman, полуторный интервал. Исключениями являются название и шифр пояснительной записки на титульном листе – заглавными буквами шрифт от 16 до 20 пунктов.

Текст документа выполняют с одной стороны листа белой односортной писчей бумаги формата А4 (297 x 210) мм соответственно по ГОСТ 2.301 на компьютере в редакторе «Word» кеглем 14 шрифтом «Times new Roman» через полтора межстрочных интервала, прямым, нормальным по ширине. Абзацный отступ должен быть одинаковым для всего текста и равняться 1,25. Текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое - 10 мм, верхнее 15 мм, нижнее - 25 мм, левое - 25 мм в соответствии с ГОСТ 7.32-2001. Текст выравнивается на листе по ширине. Все листы должны иметь соответствующие поля (рамки).

Опечатки и графические нечеткости допускается исправлять корректором с нанесением на том же месте черным стержнем исправленного текста (графики).

Мелкий шрифт (12-го кегля) и одинарный интервал допускается только в таблицах.

Расстояние от рамки до текста в начале строки и в конце строки – не менее 3 мм.

Расстояние от рамки до текста сверху и в низу – 10 мм.



Заголовки разделов и подразделов должны быть напечатаны 14-м кеглем через полтора межстрочных интервала шрифтом Times New Roman, прямым, нормальным по ширине.

Все листы пояснительной записки оформляются основной надписью по ГОСТ 2.104-68 форма 2а. И только лист, на котором помещают содержание, оформляют основной надписью по форме 2 по ГОСТ 2.104-68

Титульный лист включается в общую нумерацию страниц без указания на нем номера.

### **2.3 Лист задания**

Лист задания выполняют на бланке, располагают сразу за титульным листом, и он входит в число листов пояснительной записки.

### 3 Краткие теоретические сведения

#### 3.1 Разработка схемы электрической принципиальной

Схема принципиальная (полная) – схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы изделия (установки).

Схему электрическую принципиальную следует выполнять по ГОСТ 2.701-84, ГОСТ 2.702-75.

Примеры выполнения чертежей схемы электрической принципиальной представлены на рисунках В.6 и В.8 в приложении В.

#### 3.2 Разработка перечня элементов

Перечень элементов выполняют в соответствии с ГОСТ 2.701-84, ГОСТ 2.702-75.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

Перечень элементов оформляют в виде таблицы, заполняемой сверху вниз.

При разбивке поля схемы на зоны перечень элементов дополняют графой "Зона", указывая в ней обозначение зоны, в которой расположен данный элемент (устройство).

В графах таблицы указывают следующие данные:

в графе "Поз. обозначение" – позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;

в графе "Наименование" – для элемента (устройства) – наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, отраслевой стандарт, технические условия); – для функциональной группы наименование;

в графе "Примечание" – рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают, как правило, над основной надписью. Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

При выпуске перечня элементов в виде самостоятельного документа его код должен состоять из буквы "П" и кода схемы, к которой выпускают перечень, например, код перечня элементов к электрической принципиальной схеме – ПЭЗ. При этом в основной надписи (графа 1) указывают наименование изделия, а также наименование документа

"Перечень элементов". Перечень элементов записывают в спецификацию после схемы, к которой он выпущен.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений.

В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

При выполнении на схеме цифровых обозначений в перечень их записывают в порядке возрастания.

Примечания: для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп – и между элементами.

Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу "Поз. обозначение" вписывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например: R3, R4; C8 ... C12, а в графу "Кол." – общее количество таких элементов.

При записи элементов одинакового наименования, отличающихся техническими характеристиками и другими данными и имеющих одинаковое буквенное позиционное обозначение, допускается в графе "Наименование" записывать:

- наименование этих элементов в виде общего наименования;
- в общем наименовании – наименование, тип и обозначение документа (государственный стандарт, технические условия или основной конструкторский документ), на основании которого эти элементы применены.

При присвоении позиционных обозначений элементам в пределах групп устройств или при вхождении в изделие одинаковых функциональных групп в перечень элементов, элементы, относящиеся к устройствам и функциональным группам, записывают отдельно.

Запись элементов, входящих в каждое устройство (функциональную группу), начинают с наименования устройства или функциональной группы, которое записывают в графе "Наименование" и подчеркивают. При автоматизированном проектировании наименование устройства (функциональной группы) допускается не подчеркивать.

Ниже наименования устройства (функциональной группы) должна быть оставлена одна свободная строка, выше – не менее одной свободной строки.

Примеры выполнения перечней элементов представлены на рисунках В.7 и В.9 в приложении В.





### 3.3 Разработка сборочного чертежа

Сборочный чертеж является документом, на котором приводятся сведения, необходимые для изготовления (сборки) сборочной единицы.

Количество сборочных чертежей должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий. При необходимости на сборочных чертежах приводят данные о работе изделия и о взаимодействии его частей.

Сборочный чертеж должен содержать:

1) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

Допускается на сборочных чертежах помещать дополнительные схематические изображения соединения и расположения составных частей изделия;

2) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;

3) указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

4) номера позиций составных частей, входящих в изделие (в точном соответствии со спецификацией на данное изделие);

5) габаритные размеры изделия;

6) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;

7) техническую характеристику изделия, координаты центра масс (при необходимости).

На сборочном чертеже изделия допускается помещать изображение пограничных (соседних) изделий ("обстановки") и размеры, определяющие их взаимное расположение. Составные части изделия, расположенные за "обстановкой", изображают как видимые. При необходимости допускается изображать их как невидимые. Предметы "обстановки" выполняют упрощенно и приводят необходимые данные для определения места установки, методов крепления и присоединения изделия. В разрезах и сечениях "обстановку" допускается не штриховать.

8) Сборочные чертежи следует выполнять, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД.

9) На сборочных чертежах допускается не показывать:

– фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие мелкие элементы;

– крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: "Крышка поз. 3 не показана";

– надписи на табличках, фирменных планках, шкалах и других подобных деталях, изображая только их контур.

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ (ГОСТ 2.109-73).

Как правило, на сборочных чертежах помещают следующую текстовую информацию (технические требования):

- 1 \*Размеры для справок.
- 2 Условные обозначения электрооборудования соответствуют схеме электрической принципиальной ХХХХ ХХХХХХ.001 Э3.
- 3 Монтаж вести согласно схемы электрической соединений ХХХХ ХХХХХХ.001 Э4.
- 4 Дверь шкафа поз. Х условно не показана.
- 5 Остальные технические требования по СТБ 1022-96.

#### ПОЗИЦИОННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СПЕЦИФИЦИРУЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ НА СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖАХ (ГОСТ 2.109-73):

1) на сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций наносят на полках линий - выносок, проводимых от изображений составных частей.

2) Номера позиций указывают на тех изображениях, на которых соответствующие составные части проецируются как видимые, как правило, на основных видах и заменяющих их разрезах.

3) Номер позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии.

4) Номер позиций наносят на чертеже, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей.

5) Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

6) Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций:

– для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления;

– для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключаяющей различное понимание, при невозможности подвести линию-





выноску к каждой составной части. В этих случаях линию-выноску отводят от закрепляемой составной части;

– для отдельных составных частей изделия, если графически изобразить их затруднительно, в этом случае допускается на чертеже эти составные части не показывать, а местонахождение их определять при помощи линии-выноски от видимой составной части и на поле чертежа, в технических требованиях помещать соответствующее указание, например: "Жгуты поз. 12 под скобками обернуть прессшпаном поз. 22".

Пример сборочного чертежа платы печатной с элементами поверхностного монтажа представлен на рисунке В.3 приложения В.

Пример платы печатной в сборе (с корпусом и крышкой) представлен на рисунке В.4 приложения В.

Пример монтажа SMD-компонентов представлен на рисунке В.2 приложения В.

Пример выполнения сборочного чертежа представлен на рисунке В.11 в приложении В.

### 3.4 Разработка спецификации

Спецификация. Разделы спецификации. Требования по составлению и заполнению (ГОСТ 2.106-96).

Спецификация и сборочный чертеж изделия относятся к рабочей конструкторской документации.

Спецификацию составляют на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект.

В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе "Наименование" и подчеркивают.

Допускается объединять разделы "Стандартные изделия" и "Прочие изделия" под наименованием "Прочие изделия".

В раздел "Документация" вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия, кроме его спецификации, ведомости эксплуатационных документов и ведомости документов для ремонта.

Документы внутри раздела записывают в следующей последовательности:

- документы на специфицируемое изделие;
- документы на неспецифицируемые составные части.

Документы в каждой части раздела записывают в порядке, в которой они перечислены в ГОСТ 2.102.

В разделы "Комплексы", "Сборочные единицы" и "Детали" вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных изделий рекомендуется производить в алфавитном порядке сочетания букв кодов организаций-разработчиков. В пределах этих кодов - в порядке возрастания классификационной характеристики, при одинаковой классификационной характеристике - по возрастанию порядкового регистрационного номера.

В разделе "Стандартные изделия" записывают изделия, примененные по стандартам:

- межгосударственным;
- государственным;
- отраслевым;
- предприятий.

В пределах каждой категории стандартов запись рекомендуется производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например подшипники, крепежные изделия, электротехнические изделия и т.п.), в пределах каждой группы - в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования - в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта - в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел "Прочие изделия" вносят изделия, примененные по техническим условиям. Запись изделий рекомендуется производить по группам, объединенным по их функциональному назначению, в пределах каждой группы - в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования - в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел "Материалы" вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

Материалы рекомендуется записывать по видам в следующей последовательности:

- металлы черные;

- металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные;
- металлы цветные, благородные и редкие;
- кабели, провода и шнуры;
- пластмассы и пресс-материалы;
- бумажные и текстильные материалы;
- лесоматериалы;
- резиновые и кожевенные материалы;
- минеральные, керамические и стеклянные материалы;
- лаки, краски, нефтепродукты и химикаты;
- прочие материалы.

В раздел "Комплекты" вносят ведомость эксплуатационных документов, ведомость документов для ремонта и применяемые по конструкторским документам комплекты, которые непосредственно входят в специфицируемое изделие и поставляются вместе с ним, а также упаковку, предназначенную для изделия, и записывают их в следующей последовательности:

- ведомость эксплуатационных документов;
- ведомость документов для ремонта;
- комплект монтажных частей;
- комплект сменных частей;
- комплект запасных частей;
- комплект инструмента и принадлежностей;
- комплект укладочных средств;
- прочие комплекты (за присвоенными им наименованиями);
- упаковка.

Графы спецификации заполняют следующим образом:

1) в графе "Формат" указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе "Обозначение". Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе "Формат" проставляют "звездочку" со скобкой, а в графе "Примечание" перечисляют все форматы в порядке их увеличения.

Для документов, записанных в разделе "Стандартные изделия", "Прочие изделия" и "Материалы", графу "Формат" не заполняют. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе "Формат" указывают БЧ.

2) в графе "Зона" указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части (при разбивке поля чертежа на зоны по ГОСТ 2.104).

Если имеются повторяющиеся номера позиций, то в спецификации в графе "Зона" проставляют "звездочку" со скобкой, а в графе "Примечание" указывают все зоны;

3) в графе "Поз." указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, в

последовательности записи их в спецификации. Для разделов "Документация", "Комплекты" графу "Поз." не заполняют;

4) в графе "Обозначение" указывают:

в разделе "Документация" - обозначение записываемых документов;

в разделе "Комплексы", "Сборочные единицы", "Детали", "Комплекты" - обозначение основных конструкторских документов на записываемые в эти разделы изделия. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, - присвоенное им обозначение.

В разделах "Стандартные изделия", "Прочие изделия" и "Материалы" графу "Обозначение" не заполняют.

5) в графе "Наименование" указывают:

в разделе "Документация" для документов, входящих в основной комплект документов специфицируемого изделия и составляемых на данное изделие, - только наименование документов, например: "Сборочный чертеж", "Габаритный чертеж", "Технические условия". Для документов на неспецифицированные составные части - наименование изделия и наименование документа;

в разделах спецификации "Комплексы", "Сборочные единицы", "Детали", "Комплекты" - наименования изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывают наименование, материал и другие данные, необходимые для изготовления;

в разделе "Стандартные изделия" - наименования и обозначения изделий в соответствии со стандартами на эти изделия;

в разделе "Прочие изделия" - наименования и условные обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием обозначений этих документов.

в разделе "Материалы" - обозначения материалов, установленные в стандартах или технических условиях на эти материалы.

б) в графе "Примечание" указывают дополнительные сведения для планирования и организации производства, а также другие сведения, относящиеся к записанным в спецификацию изделиям, материалам и документам, например, для деталей, на которые не выпущены чертежи, - массу.

Для документов, выпущенных на двух и более листах различных форматов, указывают обозначение форматов, перед перечислением которых проставляют знак "звездочки", например, \*) А4, А3.

После каждого раздела спецификации допускается оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей (в зависимости от стадии разработки, объема записей и т.п.). Допускается резервировать и номера позиций, которые проставляют в спецификацию при заполнении резервных строк.

Допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом при условии их размещения на листе формата А4 (ГОСТ 2.301). При этом ее

располагают над основной надписью и заполняют в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполненную на отдельных листах.

Пример оформления спецификации приведен на рисунке В.10 в приложении В.

### 3.5 Разработка чертежа платы печатной

Правила выполнения чертежей печатных плат устанавливает ГОСТ 2.417.

Основные термины и определения печатных плат устанавливает ГОСТ 20406-75\*, который был переиздан с изменениями в 1983г. Термины, установленные этим стандартом, являются обязательными для применения в документации всех видов.

Чертеж печатной платы односторонней либо двусторонней классифицируется как чертеж детали. Чертеж печатной платы должен содержать все сведения, необходимые для ее изготовления и контроля:

- изображение печатной платы со стороны печатного монтажа;
- размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей печатной платы и всех ее элементов (отверстий, проводников), а также размеры расстояний между ними;
- необходимые технические требования;
- сведения о материале.

Печатные платы должны иметь прямоугольную форму, за исключением специальных (встраиваемых) плат, которые из технологических соображений имеют специальную геометрию.

Размеры каждой стороны печатной платы должны быть кратными:

2,5 – при длине до 100 мм;

5,0 – при длине 350 мм;

10,0 – при длине более 350 мм.

Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Соотношения линейных размеров сторон печатной платы должно быть не более 3:1.

Толщину печатной платы выбирают исходя из механических требований, предъявляемых к конструкции печатного блока, с учетом массогабаритных параметров навесных элементов и метода изготовления печатной платы.

Рекомендуются платы толщиной:

0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0.

На чертеже печатной платы, согласно ГОСТ 2.417-91, размеры должны быть указаны одним из следующих способов:

- в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307;
- нанесением координатной сетки в прямоугольной системе координат;

- комбинированным способом при помощи размерных и выносных линий и координатной сетки в прямоугольной системе координат;
- в виде таблицы координат элементов проводящего рисунка (проводников, контактных площадок и т.п.).

ГОСТ 2.417 классифицирует чертеж печатной платы как чертеж детали, следовательно, на чертеже печатной платы должны быть проставлены все необходимые размеры с указанием предельных отклонений и указана шероховатость поверхности.

Предельные отклонения линейных размеров печатной платы не должны превышать минимального шага координатной сетки. За минимальный шаг координатной сетки печатной платы принимается шаг, равный 0,625 мм.

Шероховатость поверхности монтажных неметаллизированных отверстий и торцов печатных плат должна быть не более 6,3 по шкале Ra (ГОСТ 2789). Шероховатость поверхности монтажных и переходных металлизированных отверстий должна быть не более 3,2 по шкале Ra. На чертежах печатных плат шероховатость указывается с помощью специального знака.

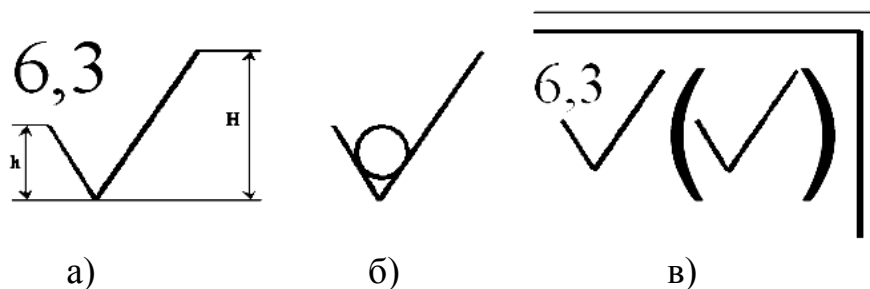


Рисунок 3.1 – Шероховатость

Размеры условного знака для обозначения шероховатости определяются по размеру шрифта:  $h$  – высота шрифта;  $H$  –  $(1,5 - 3) \cdot h$  (рисунок а). Шероховатость поверхностей, которые не подвергаются специальной обработке и обеспечиваются только лишь инструментом, обозначается с помощью специального знака (рисунок б). Если шероховатость поверхности монтажных отверстий и торцов печатной платы одинаковая, то шероховатость обозначают на всю печатную плату, проставляя в правом верхнем углу чертежа печатной платы условный знак (рисунок в).

Координатная сетка – сетка, наносимая на изображение печатной платы и служащая для определения положения монтажных отверстий, печатных проводников и других элементов платы. Точки пересечения линий координатной сетки называются узлами координатной сетки.

Расстояние между соседними линиями координатной сетки называют шагом координатной сетки.



Основной шаг координатной сетки (по ГОСТ 10317) должен быть 2,50мм. При использовании шага координатной сетки менее основного следует применять шаг, равный 1,25; 0,625; (0,5) мм. Значение, указанное в скобках, применять не рекомендуется.

Рекомендуется наносить координатную сетку с помощью линий на все поле платы, так как это облегчает дальнейшие построения монтажных отверстий, печатных проводников и других элементов платы.

Линии координатной сетки на чертеже печатной платы должны нумероваться. Шаг нумерации определяется конструктивно с учетом насыщенности и масштаба изображения и выражается, как правило, в количестве линий сетки.

За начало отсчета в прямоугольной системе координат на главном виде чертежа печатной платы следует принимать:

- левый или правый нижний угол печатной платы (рисунок 3.2, а);
- левую или правую нижнюю точку, образованную линиями построения (рисунок 3.2, б);
- центр крайнего левого или правого нижнего отверстия (рисунок 3.2, в).

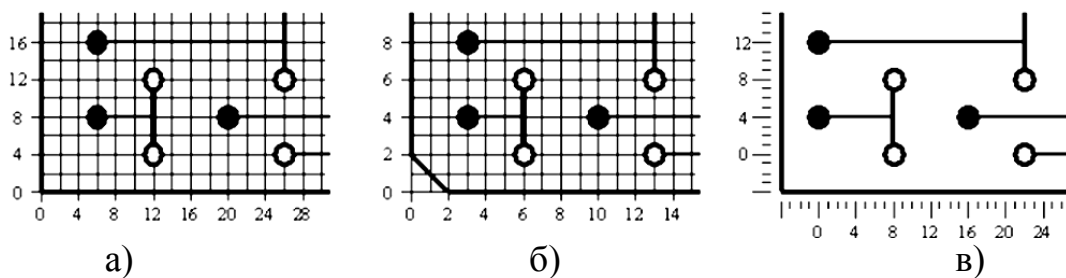
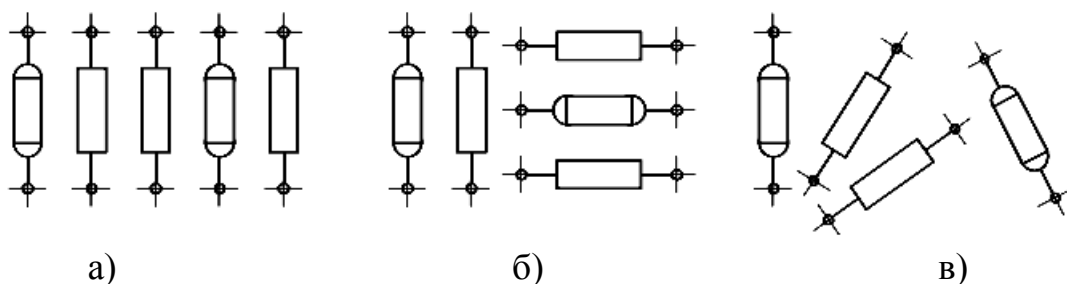


Рисунок 3.2 – Способы нанесения линий координатной сетки

Допускается выделять на чертеже отдельные линии координатной сетки, чередующиеся через определенные интервалы, при этом в технических требованиях чертежа следует помещать указания типа: «Линии координатной сетки нанесены через одну» (рисунок 3.2).

Размещение навесных элементов на печатной плате приведено на рисунке 3.3.



а) рекомендуется; б) допускается; в) не допускается  
Рисунок 3.3 – Размещение навесных элементов на печатной плате

Монтажные отверстия предназначены для закрепления выводов навесных элементов и электрического соединения их с печатными проводниками печатной платы. В соответствии с ГОСТ 10317-79\* (Платы печатные. Основные размеры) диаметры монтажных, переходных, металлизированных и неметаллизированных отверстий должны быть выбраны из ряда:

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.

Центры отверстий должны располагаться в узлах координатной сетки. При применении навесных (дискретных) элементов с шагом выводов, не кратным шагу координатной сетки, необходимо в узле координатной сетки располагать одно из отверстий, принятое за основное.

Остальные отверстия располагают в соответствии с рабочим чертежом элемента.

Диаметр отверстия, его условный знак, диаметр контактной площадки, наличие металлизации, количество отверстий следует объединять в таблицу, которая помещается на свободном поле чертежа печатной платы (рисунок 3.4).

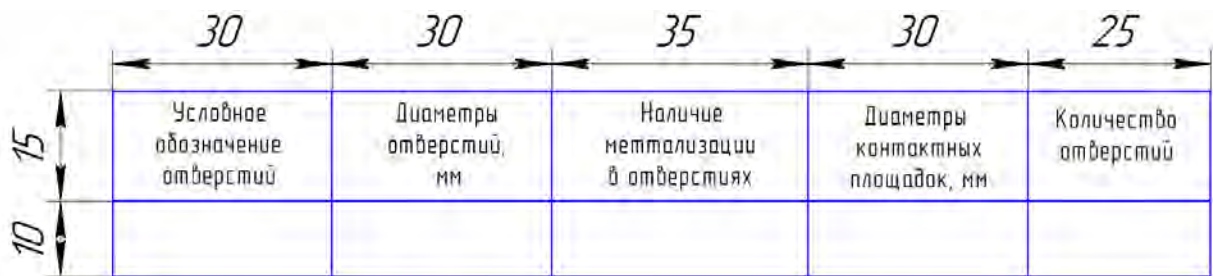


Рисунок 3.4 – Таблица

Диаметр отверстий, мм	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	5,0
Условное обозначение								

Рисунок 3.5 – Диаметр отверстия, его условный знак

Контактная площадка – это металлизированный участок вокруг монтажного отверстия, имеющий электрический контакт с печатным проводником и обеспечивающий электрическое соединение навесных элементов схемы с печатным монтажом.

Все монтажные отверстия должны иметь контактные площадки. Форма контактных площадок может быть произвольной. Желательно, чтобы центр контактной площадки совпадал с центром монтажного отверстия.



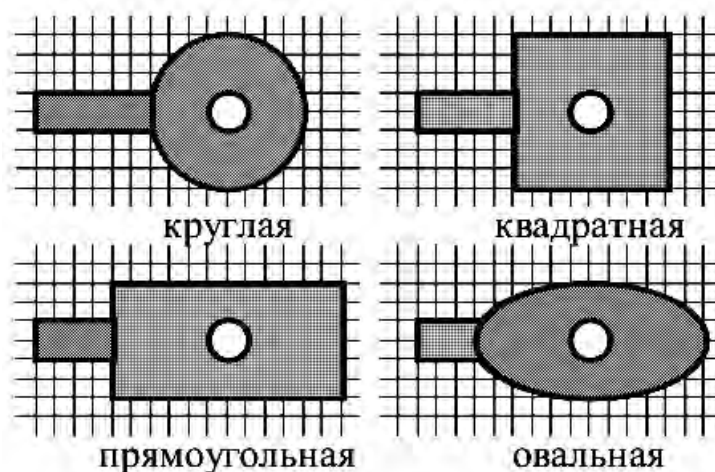


Рисунок 3.6 – Формы контактных площадок

Рекомендуется делать плавный переход контактной площадки в печатный проводник. При этом ось симметрии печатного проводника должна быть перпендикулярна касательной к контуру контактной площадки или самому контуру контактной площадки.

Если монтажные отверстия на чертеже печатной платы изображены в виде условных знаков и на поле чертежа печатной платы приведена таблица отверстий, то контактные площадки на чертеже печатной платы допускается не указывать. Информация о форме контактных площадок помещается в технических требованиях чертежа.

Печатные проводники на печатной плате выполняют роль обычных монтажных проводов.

На чертеже печатной платы печатные проводники следует изображать в виде отрезков линий, совпадающих с линиями координатной сетки, или под углом, кратным 150. Допускается выполнять печатные проводники произвольной конфигурации. Печатные проводники следует выполнять одинаковой ширины на всем протяжении. Проводники на чертеже печатной платы (по ГОСТ 2.417) должны обозначаться одной линией, являющейся осью симметрии проводника. На чертеже следует указывать числовое значение ширины печатного проводника.

Запрещается располагать печатные проводники по периметру печатной платы. Расстояние между краем проводника, контактной площадкой и краем платы должно быть не менее толщины платы.

Для изготовления однослойных печатных плат применяют фольгированные изоляционные материалы. Это, как правило, стеклотекстолит или гетинакс, покрытые с одной стороны (для односторонних печатных плат) или с двух сторон (для двусторонних) медной фольгой.

Материалы, используемые для печатных плат, выбирают по ГОСТ 10316-78 и по ОСТ 4.010.022-85. Материал печатной платы должен быть записан в основную надпись на чертеже печатной платы.

Пример условного обозначения стеклотекстолита высшего сорта толщиной 1,5 мм, облицованного с одной стороны гальваностойкой медной оксидированной фольгой толщиной 35 мкм:

*Стеклотекстолит СФ-1-35Г-1,5 ВС ГОСТ 10316-78.*

Технические требования на чертеже печатной платы располагают над основной надписью. Если чертеж печатной платы выполнен на нескольких листах, то технические требования располагают над основной надписью на первом листе документа.

Ниже приведен рекомендуемый состав и последовательность записи технических требований чертежа печатной платы:

- 1) указывается, каким методом должна быть изготовлена печатная плата;
- 2) указывается, какому нормативному документу должна соответствовать печатная плата;
- 3) указывается шаг координатной сетки;
- 4) указывается способ нанесения линий координатной сетки;
- 5) указывается минимальная ширина печатных проводников;
- 6) указывается минимальное расстояние между печатными проводниками в узких местах печатной платы;
- 7) указываются формы и минимальные размеры контактных площадок;
- 8) указываются предельные отклонения размеров между осями двух любых отверстий;
- 9) указываются: способ маркировки печатной платы, материал для маркировки и шрифт надписей.

Пример технических требований приведен ниже:

*1\*Размеры для справок.*

*2 Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79, группа жесткости 2.*

*3 Класс точности 3 по ГОСТ 23751-86.*

*4 Шаг координатной сетки 2,5 мм.*

*5 Минимальная ширина печатных проводников – 1мм. В узких местах допускается сужение до 0,8 мм.*

*6 Параметры отверстий см. таблицу 1.*

*7 Предельные отклонения размеров между осями двух любых отверстий  $\pm 0,1$  мм.*

*8 Общие допуски по ГОСТ 30893.1-2002: Н14, h14, IT14/2 .*

*9 Покрытие печатных элементов О-С(60)9-15 опл.*

*10 Маркировать дату изготовления краской МКЭ, черная по ОСТ 4ГО.054.205 УХЛ4. Шрифт 2,5-Пр3 ГОСТ 26.020-80.*

*11 Клеймить краской МКЭ, черная по ОСТ 4ГО.054.205 УХЛ4.*



12 Проводники покрыть сплавом «Розе».

13 Остальные технические требования по СТБ 1014-95.

Примеры трассировки платы печатной с выводными элементами и элементами поверхностного монтажа представлены на рисунках В.5 и В.12 приложения В.

### 3.6 Разработка схемы электрической соединений

Схема электрическая соединений выполняется согласно ГОСТ 2.702-75.

На схеме соединений должны быть изображены все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т. п.), а также соединения между этими устройствами и элементами.

Устройства и элементы на схеме изображают:

- устройства – в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний;
- элементы – в виде условных графических обозначений, прямоугольников или упрощенных внешних очертаний.

При изображении элементов в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний допускается внутри их помещать условные графические обозначения элементов.

Входные и выходные элементы изображают в виде условных графических обозначений.

Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии.

Расположение изображений входных и выходных элементов или выводов внутри графических обозначений и устройств или элементов должно примерно соответствовать их действительному размещению в устройстве или элементе.

Допускается на схеме не отражать расположение устройств и элементов в изделии, если схему выполняют на нескольких листах или размещение устройств и элементов на месте эксплуатации неизвестно.

Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать на схеме неполностью, ограничиваясь изображением только используемых частей.

На схеме около графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме.

Около или внутри графического обозначения устройства допускается указывать его наименование и тип и (или) обозначение документа, на основании которого устройство применено.

При изображении на схеме соединителей допускается применять условные графические обозначения, не показывающие отдельные контакты (ГОСТ 2.755).

В этом случае около изображения соединителя, на поле схемы или на последующих листах схемы помещают таблицы с указанием подключения контактов.

При размещении таблиц на поле схемы или на последующих листах им присваивают позиционные обозначения соединителей, в дополнение к которым они составлены.

Допускается в таблицу вводить дополнительные графы.

Если жгут (кабель – многожильный провод, электрический шнур, группа проводов) соединяет одноименные контакты соединителей, то допускается таблицу помещать около одного конца изображения жгута (кабеля – многожильного провода, электрического шнура, группы проводов). Если сведения о подключении контактов приведены в таблице соединений, то таблицы с указанием подключения контактов на схеме допускается не помещать.

Вводные элементы, через которые проходят провода (группа проводов, жгуты, кабели – многожильные провода, электрические шнуры), изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах Единой системы конструкторской документации. Проходные изоляторы, гермовводы, сальники изображают в виде условных графических обозначений, приведенных на рисунке ниже, где  $\alpha$  – линия, изображающая провод (группу проводов, жгут, кабель – многожильный провод, электрический шнур).



Рисунок 3.7 – Вводные элементы

На схеме следует указывать обозначения вводных элементов, нанесенные на изделие. Если обозначения вводных элементов не указаны в конструкции изделия, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме соединений, повторяя их в соответствующей конструкторской документации. При этом на поле схемы помещают необходимые пояснения.

Одножильные провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть обозначены порядковыми номерами в пределах изделия. Провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) следует нумеровать отдельно. При этом провода, входящие в жгут, нумеруют в пределах жгута, а жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) – в пределах кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

На схеме при помощи буквенного (буквенно-цифрового) обозначения допускается определять функциональную принадлежность провода, жгута или кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к определенному комплексу, помещению или функциональной цепи.

Буквенное (буквенно-цифровое) обозначение проставляют перед обозначением каждого провода, жгута, кабеля (многожильного провода, электрического шнура), отделяя его знаком дефиса. В этом случае буквенное (буквенно-цифровое) обозначение входит в состав обозначения каждого провода, жгута и кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

Дефис в обозначении допускается не проставлять, если это не внесет неясность в чтение схемы.

Если все провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры), изображенные на схеме, принадлежат к одному комплексу, помещению или функциональной цепи, то буквенное (буквенно-цифровое) обозначение не проставляют, а на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

Номера проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) на схеме проставляют, как правило, около обоих концов изображений.

Номера кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) проставляют в окружностях, помещенных в разрывах изображений кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) вблизи от мест разветвления жил.

Номера жгутов проставляют на полках линий-выносок около мест разветвления проводов.

Номера групп проводов проставляют около линий-выносок.

На схеме должны быть указаны: для одножильных проводов – марка, сечение и, при необходимости, расцветка; для кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), записываемых в спецификацию как материал, – марка, количество и сечение жил и, при необходимости, количество занятых жил. Количество занятых жил указывают в прямоугольнике, помещаемом справа от обозначения данного кабеля (многожильного провода, электрического шнура); для жгутов, кабелей и проводов, изготавливаемых по чертежам, – обозначение основного конструкторского документа. На схеме приводят характеристики входных и выходных цепей устройств и элементов или другие исходные данные, необходимые для выбора конкретных проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), если при разработке схемы комплекса данные о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) не могут быть определены.

Характеристики входных и выходных цепей рекомендуется указывать в виде таблиц, помещаемых взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов.





Данные (марку, сечение и др.) о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) указывают около линий, изображающих провода и кабели (многожильные провода, электрические шнуры).

В этом случае допускается обозначения проводам и кабелям (многожильным проводам, электрическим шнурам) не присваивать. При указании данных о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) в виде условных обозначений эти обозначения расшифровывают на поле схемы.

Одинаковые марку, сечение и другие данные о всех или большинстве проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) допускается указывать на поле схемы.

Пример выполнения схемы электрической соединений приведен на рисунке В.13 в приложении В.

### 3.7 Разработка таблицы соединений

Таблица соединений выполняется согласно ГОСТ 2.702-75.

Если на схеме не указаны места присоединений (например, не показаны отдельные контакты в изображении соединителей) или затруднено отыскание мест присоединения проводов и жил кабеля (многожильного провода, электрического шнура), то данные о проводах, жгутах и кабелях (многожильных проводов, электрических шнуров) и адреса их соединений сводят в таблицу, именуемую «Таблицей соединений».

Таблицу соединений следует помещать на первом листе схемы или выполнять в виде самостоятельного документа. Таблицу соединений, помещаемую на первом листе схемы, располагают, как правило, над основной надписью. Расстояние между таблицей и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Продолжение таблицы соединений помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы. Таблицу соединений в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104 (форма 2 и 2а)

Форму таблицы соединений выбирает разработчик схемы в зависимости от сведений, которые необходимо поместить на схеме, как показано на рисунке ниже.

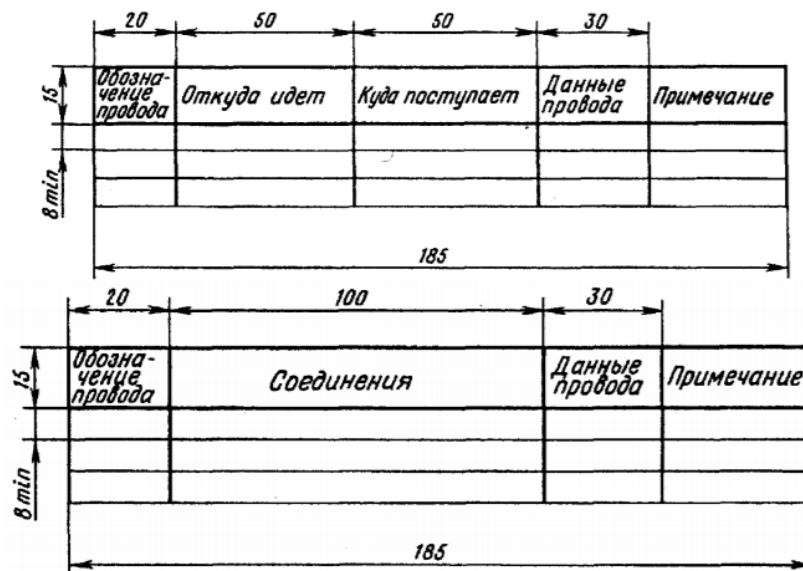


Рисунок 3.8 – Форма таблицы соединений

В графах таблиц указывают следующие данные:

в графе «Обозначение провода» — обозначение одножильного провода, жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) или провода жгута;

в графах «Откуда идет», «Куда поступает» — условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств;

в графе «Соединения» — условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств, разделяя их запятой;

в графе «Данные провода»:

для одножильного провода — марку, сечение и, при необходимости, расцветку в соответствии с документом, на основании которого его применяют;

для кабеля (многожильного провода, электрического шнура), записываемого в спецификацию как материал, — марку, сечение и количество жил в соответствии с документом, на основании которого применяют кабель (многожильный провод, электрический шнур);

в графе «Примечание» — дополнительные уточняющие данные.

*Примечания:*

1. Размеры граф рекомендуемые.

2. Допускается графы делить на подграфы.

При заполнении таблицы соединений следует придерживаться следующего порядка:

– при выполнении соединений отдельными проводами в таблицу записывают провода в порядке возрастания номеров, присвоенных им;

– при выполнении соединений проводами жгутов или жилами кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) перед записью проводов каждого жгута или жил каждого кабеля (многожильного провода, электрического шнура) помещают заголовок, например: «Жгут 1» или «Жгут АБВГ.ХХХХХХ.032»; «Кабель 3» или «Кабель АБВГ.ХХХХХХ.042»;

«Провод 5». Провода жгута или жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) записывают в порядке возрастания номеров, присвоенных проводам или жилам;

– при выполнении соединений отдельными проводами, жгутами проводов и кабелями (многожильные провода, электрические шнуры) в таблицу соединений вначале записывают отдельные провода (без заголовка), а затем (с соответствующими заголовками) жгуты проводов и кабели (многожильные провода, электрические шнуры);

– если на отдельные провода должны быть надеты изоляционные трубки, экранирующие оплетки и т. п., то в графе «Примечание» помещают соответствующие указания. Допускается эти указания помещать на поле схемы.

*Примечание.* При применении схемы соединений только для электромонтажа допускается другой порядок записи, если он установлен в отраслевых стандартах.

На схеме соединений около обоих концов линий, изображающих отдельные провода, провода жгутов и жилы кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) допускается указывать адрес соединений. В этом случае таблицу соединений не составляют. Обозначения проводам допускается не присваивать.

На поле схемы над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания, например: требования о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров);

величины минимально допустимых расстояний между проводами, жгутами и кабелями (многожильными проводами, электрическими шнурами);

данные о специфичности прокладки и защиты проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) и т. п.

Пример выполнения таблицы соединений приведен на рисунке В.14 в приложении В.



## Список литературы

1. **Малюх, В. Н.** Введение в современные САПР: Курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 192 с.: ил ISBN 978-5-94074-551-8.
2. Компьютерный инжиниринг : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 93 с.
3. Системы автоматизированного проектирования электронных устройств и систем (E-CAD / EDA - системы): учебное пособие / Под ред. Ю.В. Петрова; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб, 2015. – 120 с.
4. **Егунов, А.В.** Автоматизация и механизация сборки и монтажа узлов на печатных платах / А.В. Егунов, Б.Л. Жоржوليани, В.Г. Журавский, и др.. - М.: Радио и связь, 2013. - 280 с.
5. **Динц, К. М.** P-CAD 2006. Схемотехника и проектирование печатных плат (+ DVD) / К.М. Динц, А.А. Куприянов, Р.Г. Прокди. - М.: Наука и техника, 2009. - 320 с.
6. **Норенков, И.П.** Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / И.П. Норенков. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 430 с.
7. **Александров, К.К.** Электротехнические чертежи и схемы. /К.К. Александров, Е.Г. Кузьмина. -3-е изд. стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 300(4) с.: ил.
8. **Александров, К.К.** Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 288 с.: ил.
9. **Петров, Ю.В.** Моделирование радиоэлектронных и телекоммуникационных устройств в САПР OrCAD, в 3х т. Программа моделирования OrCAD PSpice: практ. пособие Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2009. – 66 с.
10. **Гольдберг, О. Д.** Инженерное проектирование и САПР электрических машин: Учебник для студентов высших учебных заведений. / О.Д. Гольдберг, И.С. Свириденко; под ред. О.Д. Гольдберга. – М.: издательский центр» Академия», 2008. – 560 с.
11. **Бабич, Н. П.** Основы цифровой схемотехники : Учеб. пособие / Н. П. Бабич, И. А. Жуков. – М.: Додэка-XXI; : МК-Пресс, 2007. – 480с.
12. **Гольдберг, О. Д.** Инженерное проектирование и САПР электрических машин: учебник для вузов / О. Д. Гольдберг, И. С. Свириденко; Под ред. О. Д. Гольдберга. – М.: Академия, 2008. – 560с. – (Высш. проф. образование). – Оглавление (doc).
13. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике /Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.-800с.: ил.
14. Введение в цифровую схемотехнику: Учеб. пособие / Ю. В. Новиков. – М. Интернет-Университет Информационных Технологий; Бином. Лаборатория знаний, 2007. - 343с.



15. Использование САПР SolidWorks в конструкторско-технологическом проектировании электронных средств: метод. указания. В 2 ч. Ч. 1. Основы создания трехмерных моделей / Владим. гос. ун-т; А. А. Варакин. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 52 с.
16. АСКОН. Азбука КОМПАС-3D V15. Руководство пользователя. – 2014. – 588 с.
17. Высокотехнологичный компьютерный инжиниринг: обзор рынков и технологий / научный редактор К.В. Дорофеев, руководитель группы В.Н. Княгинин. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2014. – 110 с.
18. **Стешенко, В. Б.** P-CAD. Технология проектирования печатных плат / В.Б. Стешенко. - М.: БХВ-Петербург, 2011. - 720 с.
19. **Суходольский, В. Ю.** Altium Designer. Проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах / В.Ю. Суходольский. - М.: "БХВ-Петербург", 2010. - 480 с.
20. **Суходольский, В. Ю.** Altium Designer. Проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах / В.Ю. Суходольский. - М.: БХВ-Петербург, 2010. - 480 с.
21. **Суходольский, В. Ю.** Altium Designer. Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах. Учебное пособие / В.Ю. Суходольский. - М.: БХВ-Петербург, 2015. - 560 с.
22. **Уваров, А.С.** P-CAD 2000, ACCEL EDA. Конструирование печатных плат / А.С. Уваров. - М.: Книга по Требованию, 2015. - 314 с.
23. **Уваров, А.С.** Автотрассировщики печатных плат / А.С. Уваров. - М.: Книга по Требованию, 2015. - 288 с.



## Приложение А. Расчет надежности

Наименование	Тип	Кол. $n$	Температура тура окр.ср. 940 °С)	Фактическое значение параметра, определяющего надёжность ( $Pф = k * Pном$ )	Номинальное значение параметра, определяющего надёжность (предельные эксплуатационные параметры)	$k$ ( $k=0,1$ – 0,9, чем меньше $k$ , тем выше надёжность)	$\alpha$ (это справочные данные)	$\lambda_0, 1/ч$ (это справочные данные)	$\lambda_t = \alpha * \lambda_0$	$\lambda_c = \lambda_t * n$
Резистор	МЛТ- 0,25	405	40	$P=0,025$ Вт	$P_n=0,025$ Вт	0,1	0,5	$0,04 * 10^{-6}$	$0,02 * 10^{-6}$	$8,1 * 10^{-6}$

Рисунок А.1 – Таблица интенсивности отказов элементов устройства

$t$	0								$T_{ср}$
$P(t) = e^{-\Lambda * t}$									

Рисунок А.2 – Таблица зависимость вероятности безотказной работы от времени

### Приложение Б. Компоновка

Название	Тип	Кол-во $n$	Площадь одного элемента $S$ , мм <sup>2</sup>	Площадь элементов $S_n$ , мм <sup>2</sup>	Объём одного элемента $V$ , мм <sup>3</sup>	Объём элементов $V_n$ , мм <sup>3</sup>	Масса одного элемента $m$ , г	Масса элементов $m_n$ , г	$n$
Ваши элементы									
Итого:			$\sum S_n$		$\sum V_n$		$\sum m_n$		

Рисунок Б.1 – Компоновка функционального узла

## Приложение В. Образец выполнения чертежей графической части курсового проекта

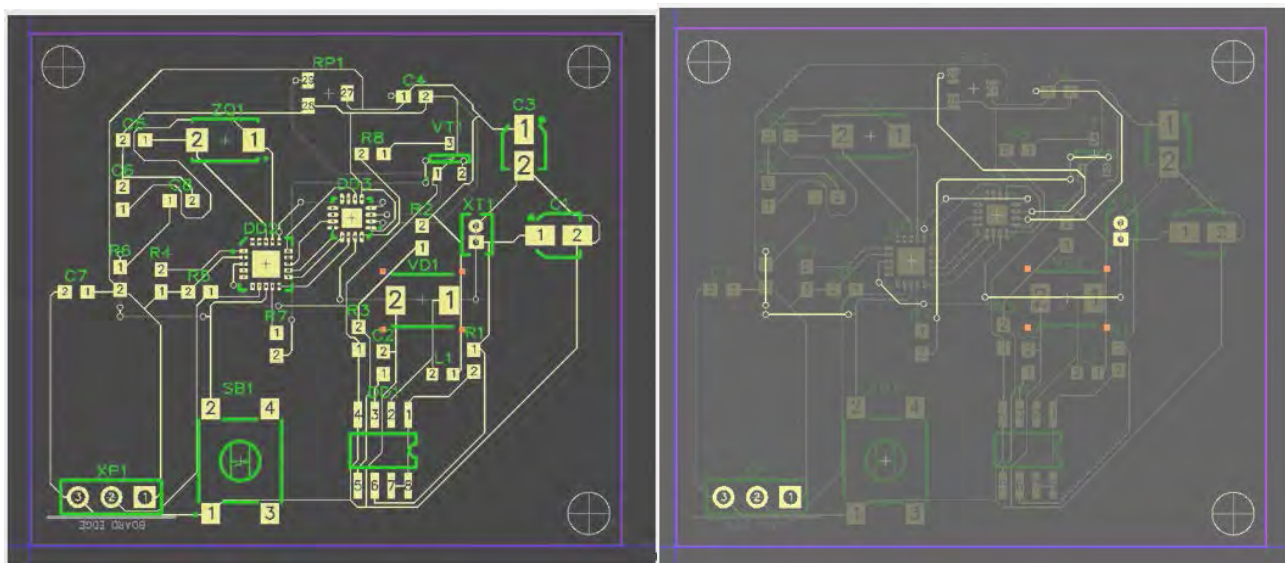


Рисунок В.1 – Пример компоновочного эскиза платы печатной в среде DipTrace

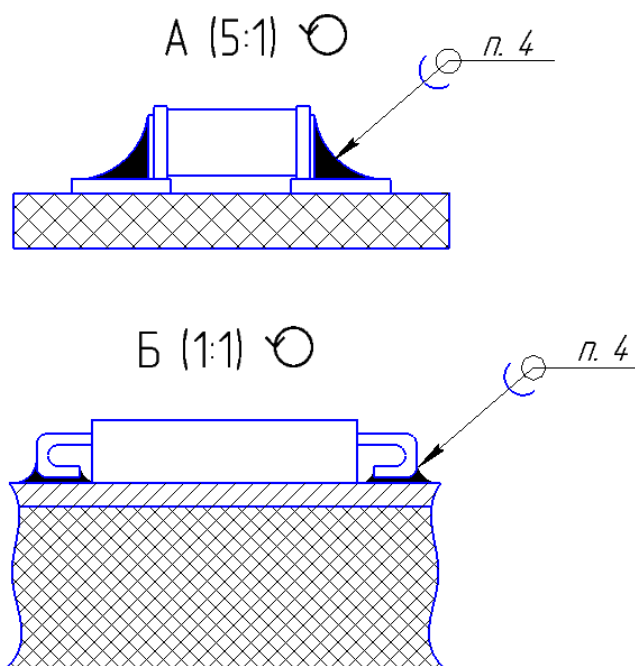


Рисунок В.2 – Пример монтажа SMD-компонентов

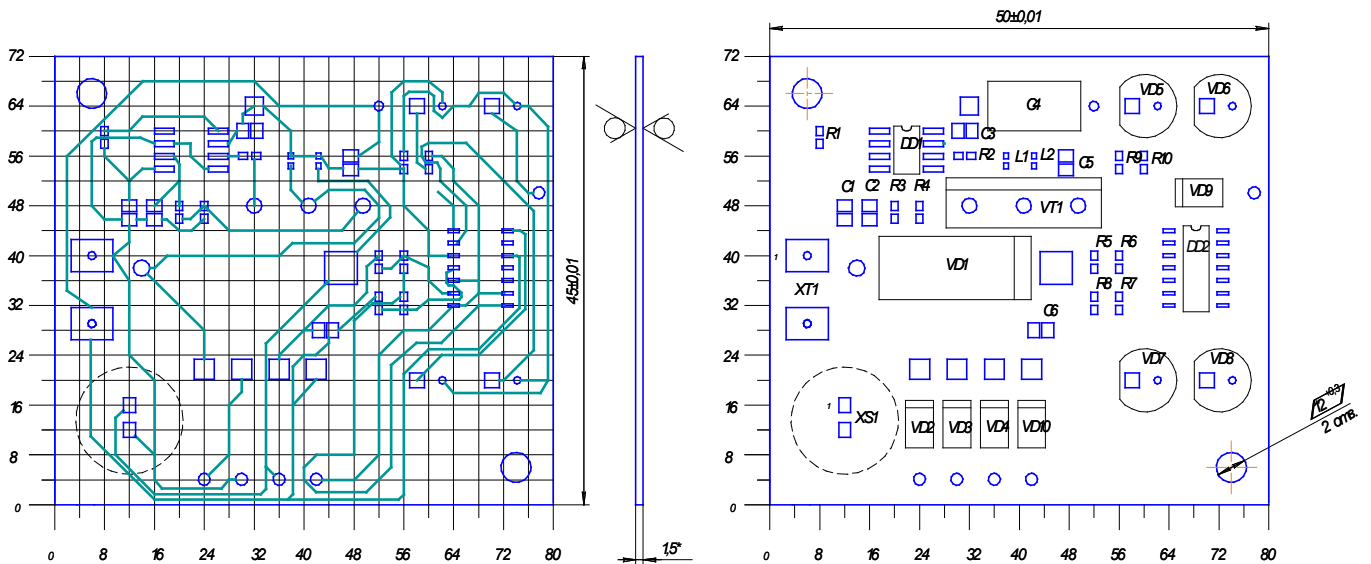


Рисунок В.3 – Пример трассировки платы печатной с элементами поверхностного монтажа

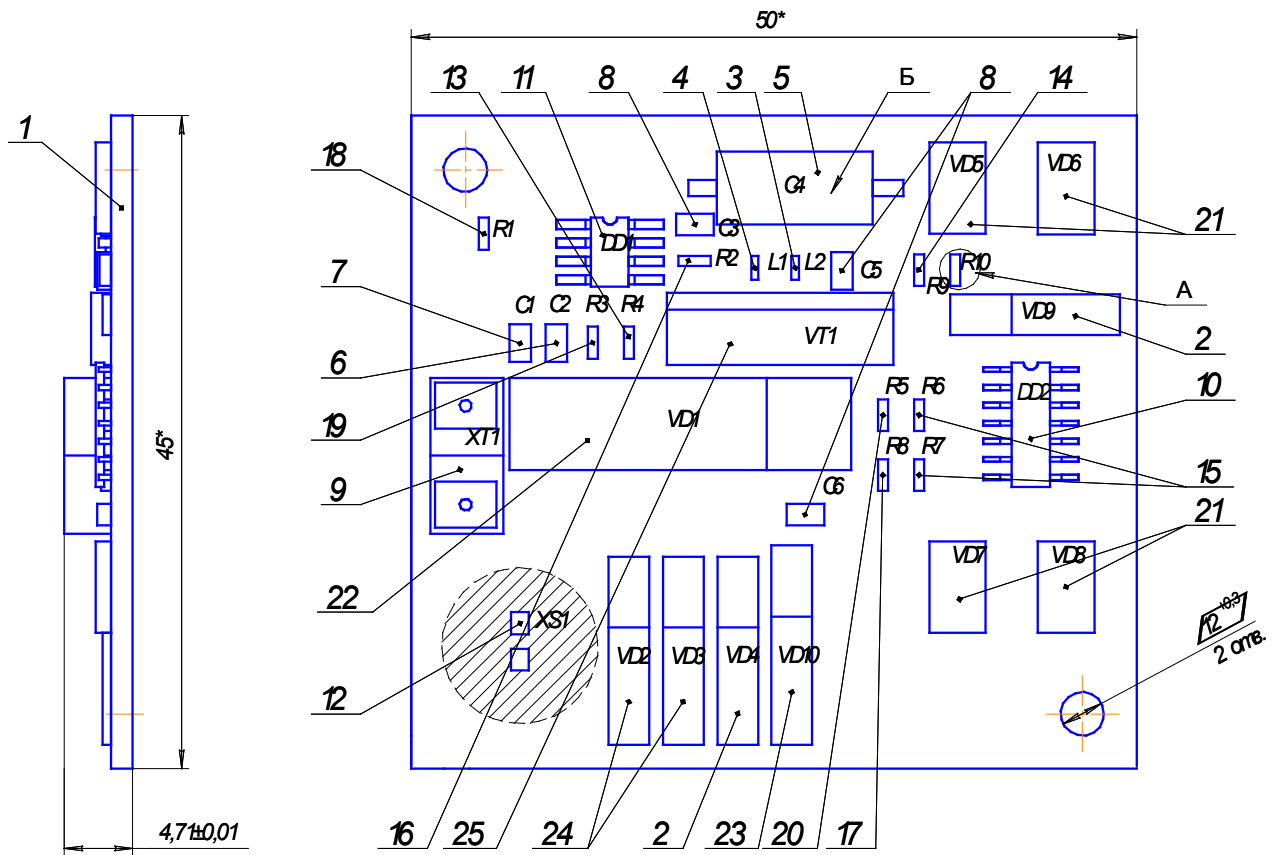


Рисунок В.4 – Пример сборочного чертежа платы печатной с элементами поверхностного монтажа



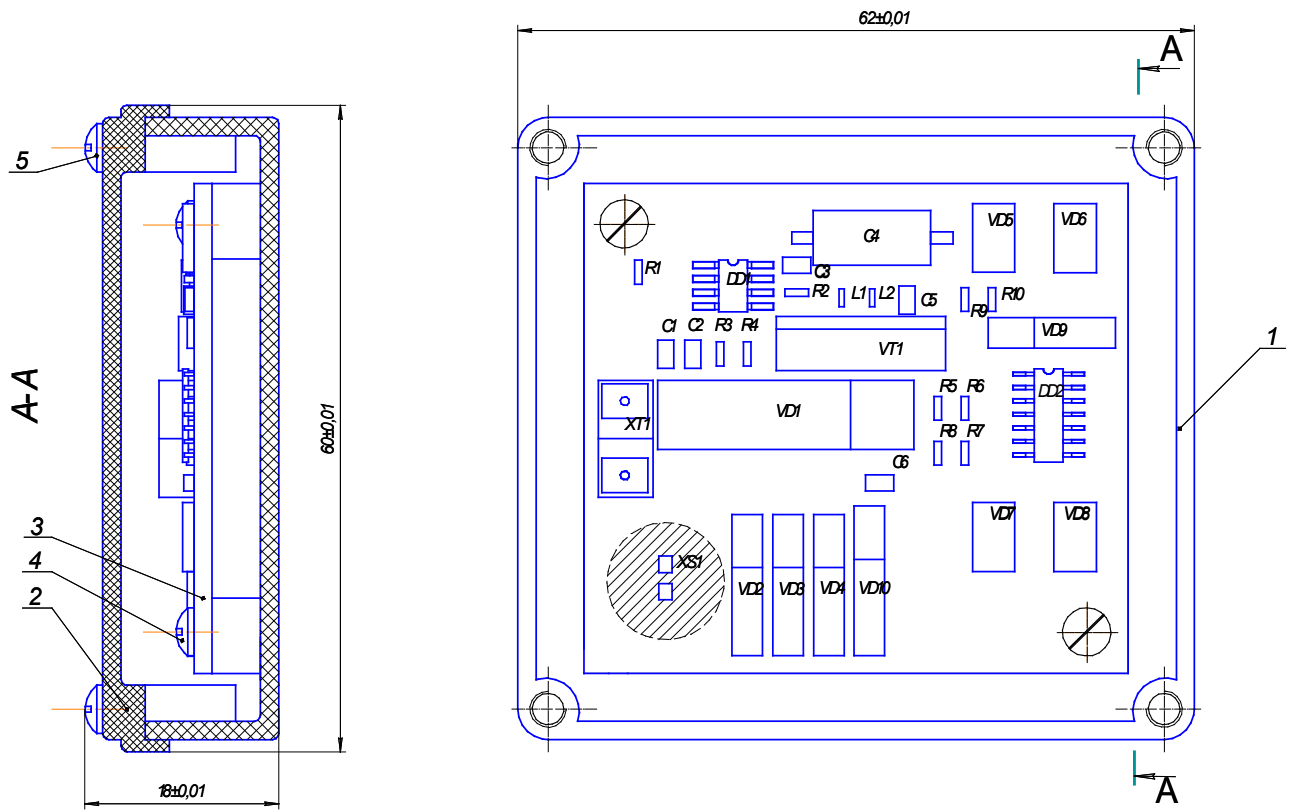


Рисунок В.5 – Пример платы печатной в сборе (с корпусом и крышкой)







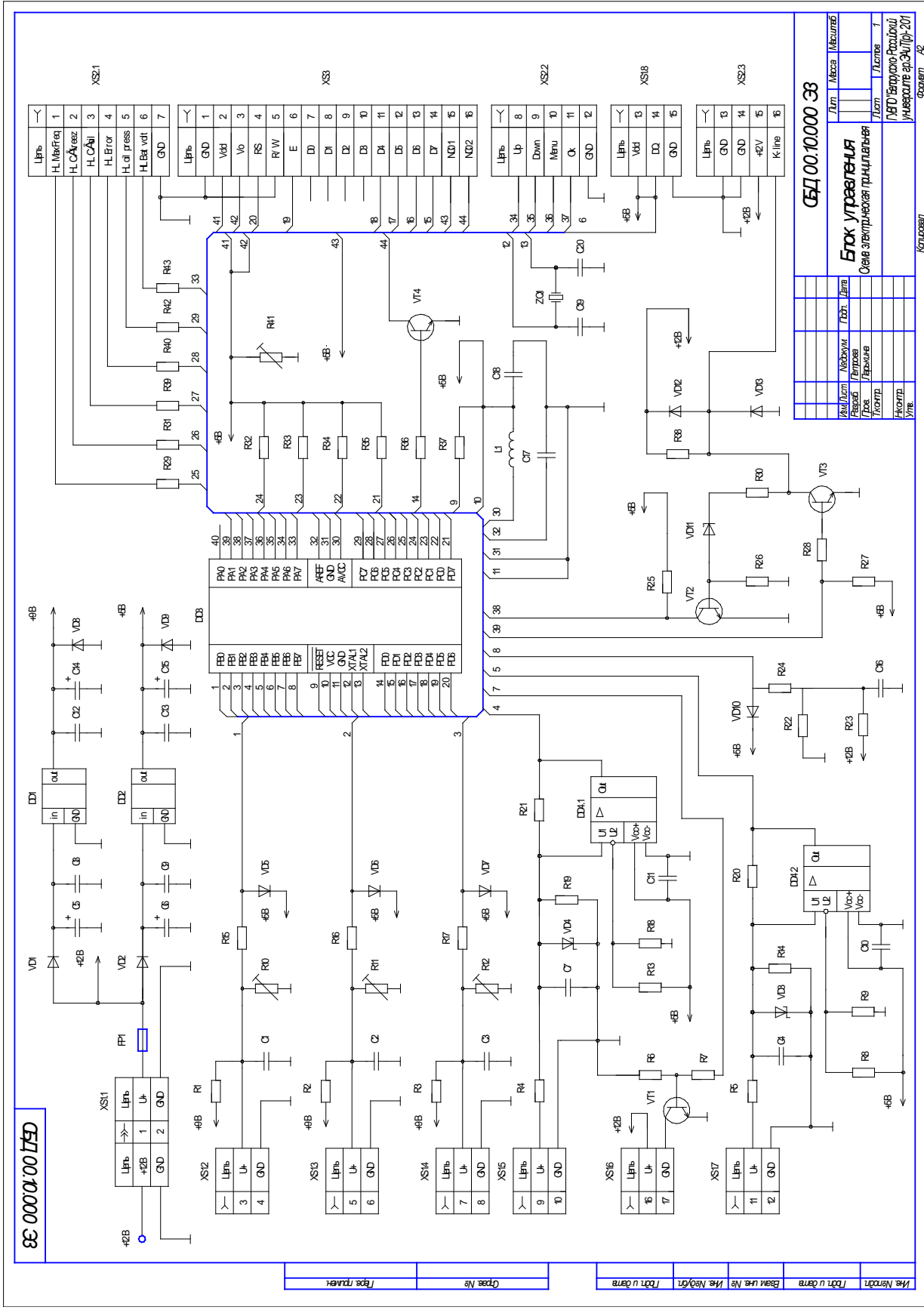


Рисунок В.8 – Пример выполнения чертежа схемы электрической принципиальной блока электронного





Формат	Знак	Гр.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A2			БЕЛ00.00.0000.05	Сборный чертёж	1	VDB
A2			БЕЛ00.00.0000.33	Схема электрической принципиальной	1	VDB
A4			БЕЛ00.00.0000.188	Перечень элементов	2	VDB, VDA
A4			БЕЛ00.00.0000.18	Пояснительная записка	8	MD2.57.01.2.3
				Детали	1	VD11
A2			БЕЛ00.10.001	Плата печатная	1	L1
				Прочие изделия	1	ZQ1
				Диаг. РБКББ8А (DQF6)	1	VDB
				Диаг. РБКБЕДА (DQF6)	1	VDB
				Диаг. ЗСН7А.0.18.32.835 ТУ (DQ6)	2	VDB, VDA
				Диаг. КБЗ25.8P3.362.029 ТУ (DQ6)	8	MD2.57.01.2.3
				Диаг. КС334.А.03.836.162 ТУ (DQ6)	1	VD11
				Инструкция БСБН-15% (Q402)	1	L1
				Керцесый резонатор РТК01.32.768МГц	1	ZQ1
				6321-001-07604008-02 ТУ (ХТАЛ18)	1	ZQ1
				Кодекатор МР-7-2мФ01% ОК046128 ТУ (DQ6)	2	С09, С20
				Кодекатор КС3-0-1мФ01% ОК046124 ТУ (DQ6)	8	СБ.13.17.18
				Кодекатор КС3-1-1мФ01% ОК046124 ТУ (DQ6)	6	С1.4.С7.С6
				Кодекатор электрлитический КСР-35	2	С4, С6
				470мФ ±10% ОК046124 ТУ (DQ6)	2	С4, С6
				Кодекатор электрлитический КСР-35	2	С4, С6
				1мФ±10% ОК046124 ТУ (DQ6)	2	СБ, С6
БЕЛ00.10.0000						
<b>Блок управления</b>						
Изд.	Лист	Итого	Листов	Лист	Лист	Лист
1	1	1	1	1	1	2
ИТОГО: 1880 Белорусско-Российский университет ф.э.к.т.р.-201						

Формат	Знак	Гр.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Микрохема АТТера6	1	DD8
				Микрохема LM783J	1	DD4
				Микрохема LM7805	1	DD2
				Микрохема LM7809	1	DD1
				Преобразователь MF-2025 (MF0)	1	FP1
				Резьбм СВЧН DLL-16	2	XS2, XS3
				Резьбм СВЧН DLL-16	1	XS1
				Резистор Р1-2-0,025Вт 240Ω±5% (D06)	3	R1/R3
				Резистор Р1-2-0,025Вт 100Ω±5% (D06)	13	R4, R5, R13, R22, R24
				Резистор Р1-2-0,025Вт 200Ω±5% (D06)	1	R6
				Резистор Р1-2-0,025Вт 330Ω±5% (D06)	1	R66
				Резистор Р1-2-0,025Вт 170Ω±5% (D06)	1	R68
				Резистор Р1-2-0,025Вт 100Ω±5% (D06)	8	R13, R22, R24, R40, R42
				Резистор Р1-2-0,025Вт 470Ω±5% (D06)	1	R8
				Резистор СР5-9-0,025Вт 100Ω±5% (D06)	2	R20/R21
				Резистор СР5-9-0,025Вт 100Ω±5% (D06)	4	R10, R2, R41
				Транзистор КТ3102В в40.336.122 ТУ (DQ2/18)	4	VT1, VT4
				Прочие изделия		
				Кендарь ососова Г079113-73	100	Гр
				Кванта ОМЛУ 29-02-832	20	Гр
				Газовый выключатель подпитки-срм62	30	Гр
				Грунт Г05-611 0027263-76	50	Гр
БЕЛ00.10.0000						
Итого: 2						

Гр.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Транзисторы		
VT1, VT4	КТ3102В в40.336.122 ТУ (DQ2/18)	3	3	"Интервал"
	Соединения контактные			
XS1	СВЧН DLL-16	1	1	Заместован
XS2, XS3	СВЧН DLL-16	2	2	Заместован
ZQ1	Керцесый резонатор РТК01.32.768МГц 6321-001-07604008-02 ТУ (ХТАЛ18)	1	1	Заместован
БЕЛ00.10.0000 ГРБ				
Итого: 3				

Рисунок В.10 – Пример спецификации

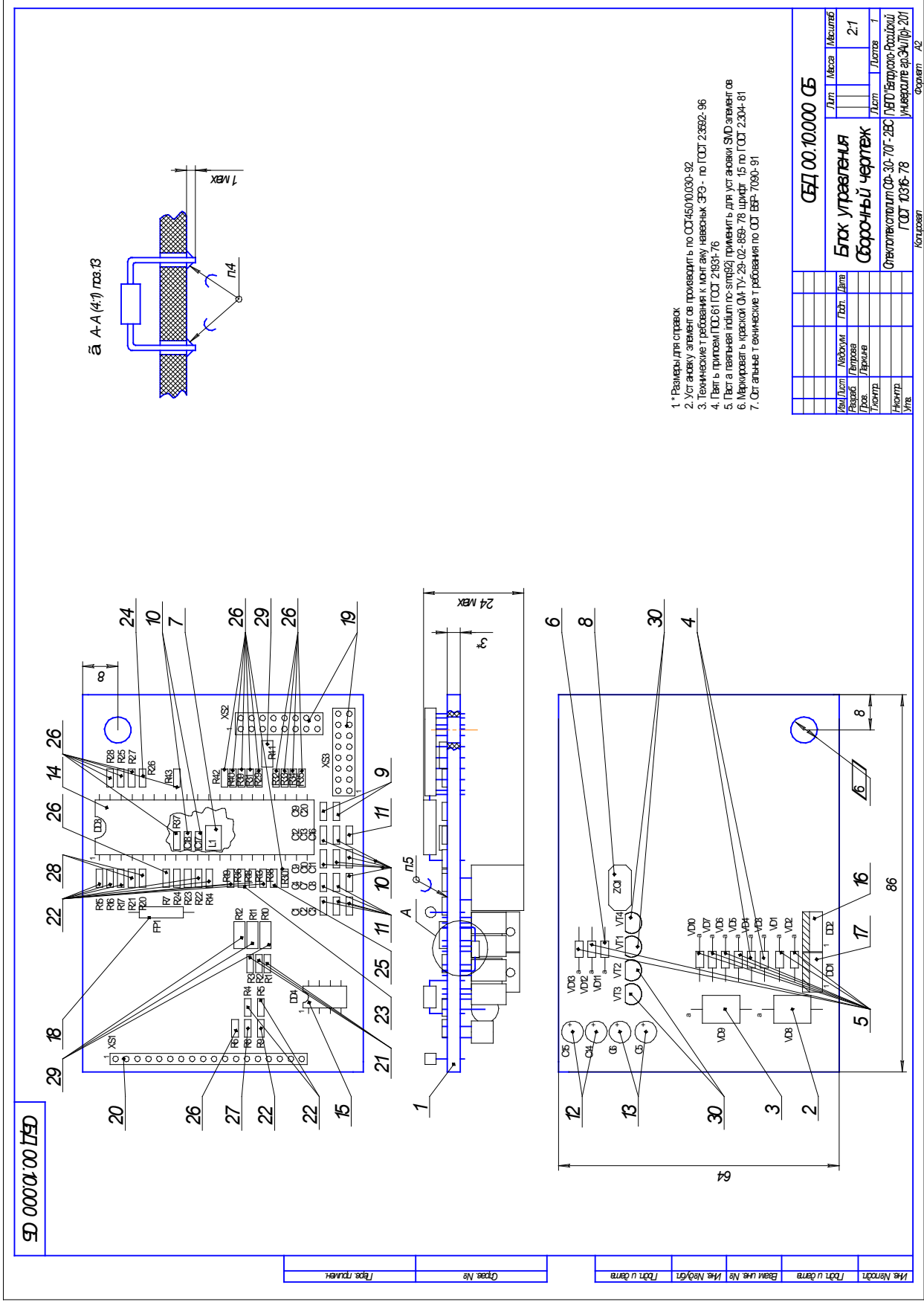


Рисунок В.11 – Пример сборочного чертежа

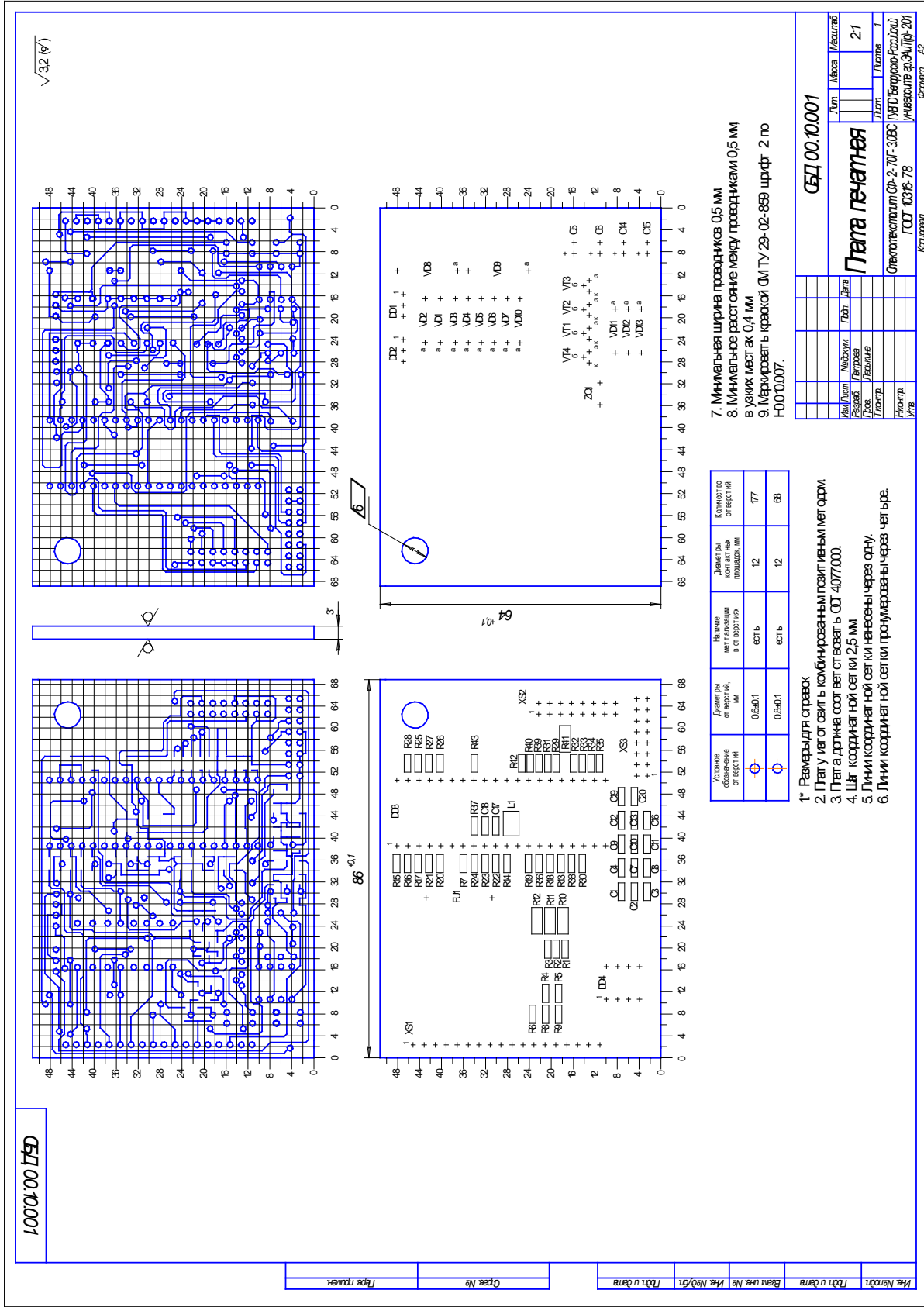
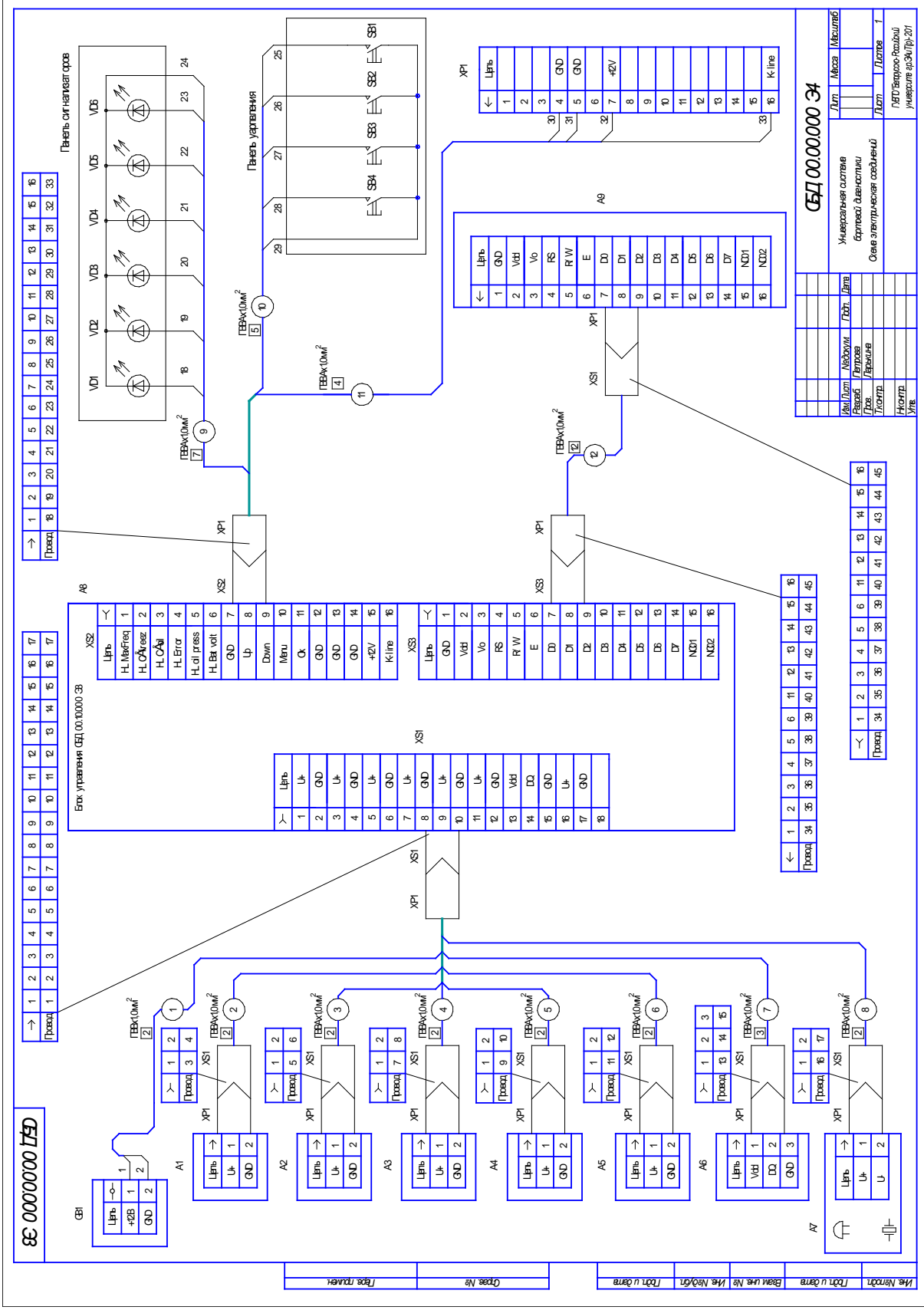


Рисунок В.1.2 – Пример трассировки платы печатной







Сбачн- чече грасада	Опудабат	Куда пакупае	Данне града		Племе	
			ЛП	сч		
1	≠СВ(СВ1)	Кабель 1 ≠АВ.XS11				
2	≠СВ(СВ2)	≠АВ.XS12	ТБВ2	10	4	
3	≠А1.XP11	≠АВ.XS13				
4	≠А1.XP12	≠АВ.XS14	ТБВ2	10	4	
5	≠А2.XP11	≠АВ.XS15				
6	≠А2.XP12	≠АВ.XS16	ТБВ2	10	4	
7	≠А3.XP11	≠АВ.XS17				
8	≠А3.XP12	≠АВ.XS18	ТБВ2	10	4	
9	≠А4.XP11	≠АВ.XS19				
10	≠А4.XP12	≠АВ.XS10	ТБВ2	10	4	
11	≠А5.XP11	≠АВ.XS11				
12	≠А5.XP12	≠АВ.XS12	ТБВ2	10	4	
13	≠А6.XP11	≠АВ.XS13				
14	≠А6.XP12	≠АВ.XS14	ТБВ3	10	4	
15	≠А6.XP13	≠АВ.XS15				
16	≠А7.XP11	≠АВ.XS16	ТБВ2	10	4	
17	≠А7.XP12	≠АВ.XS17				
<b>СБД 00.00.000 ТЭА</b>						
Имя	Пол	ИдЗум	Пач	Дата	Лист	
Рэдакт	Ляв	Ляв	Ляв	Ляв	Ляв	
Грэд	Грэд	Грэд	Грэд	Грэд	Грэд	
Настр	Настр	Настр	Настр	Настр	Настр	
Улр	Улр	Улр	Улр	Улр	Улр	
<b>Універсальная аплата бартвой дзэнаткі Табліца сувядннй</b>					СБД 00.00.000 ТЭА	
					Лист	Ляв
					1	2
					Ляв ТБВ2 Беларуска-Російскі універсітэце гр.СЧ(П)-201	

Сбачн- чече грасада	Опудабат	Куда пакупае	Данне града		Племе
			ЛП	сч	
8	≠СВА	Кабель 9 ≠АВ.XS21			
9	≠СВА	≠АВ.XS22			
20	≠СВА	≠АВ.XS23			
21	≠СВА	≠АВ.XS24	ТБВ7	10	5
22	≠СВА	≠АВ.XS25			
23	≠СВА	≠АВ.XS26			
24	≠СВАК	≠АВ.XS27			
25	≠СВ1	Кабель 9 ≠АВ.XS28			
26	≠СВ2	≠АВ.XS29			
27	≠СВ3	≠АВ.XS20	ТБВ5	10	5
28	≠СВ1	≠АВ.XS211			
29	≠СВ(СВ11)	≠АВ.XS22			
30	≠P14	Кабель 10 ≠АВ.XS23			
31	≠P15	≠АВ.XS24			
32	≠P17	≠АВ.XS25	ТБВ4	10	5
33	≠P16	≠АВ.XS26			
34	≠P11	Кабель 11 ≠АВ.XS27			
35	≠P12	≠АВ.XS22			
36	≠P13	≠АВ.XS23			
37	≠P14	≠АВ.XS24			
38	≠P15	≠АВ.XS25			
39	≠P16	≠АВ.XS26			
40	≠P11	≠АВ.XS27	ТБВ2	10	С
41	≠P12	≠АВ.XS22			
42	≠P13	≠АВ.XS23			
43	≠P14	≠АВ.XS24			
44	≠P15	≠АВ.XS25			
45	≠P16	≠АВ.XS26			
<b>СБД 00.00.000</b>					
Имя	Пол	ИдЗум	Пач	Дата	Лист
<b>СБД 00.00.000</b>					Лист
					2

Рисунок В.14 – Пример таблицы соединений