

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»



Т. В. Молодечкина

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению дипломного проекта

для студентов специальности 1-39 02 01  
«Моделирование и компьютерное проектирование  
радиоэлектронных средств»

Новополоцк  
2018

УДК 621.396.6(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией радиотехнического факультета в качестве методических указаний (протокол № 6 от 21.06.2017)

Кафедра энергетики и электронной техники

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой электронной техники и технологии  
Белорусского государственного университета информатики  
и радиоэлектроники С. И. МАДВЕЙКО  
доц., канд. техн. наук, доц. кафедры радиоэлектроники  
Полоцкого государственного университета В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ

## **Введение**

Дипломное проектирование – завершающий этап подготовки инженера, на котором проверяются полученные студентами за период обучения в университете теоретические знания и практические навыки, выявляются творческие способности и умение самостоятельно выполнять конструкторское и технологическое проектирование радиоэлектронных средств с применением системных методов и достижений микро- и наноэлектроники, обеспечивать ее технологичность и эксплуатационную надежность.

Дипломный проект является квалификационной работой обучающегося, по уровню выполнения и результатам защиты которой ГЭК делает заключение о возможности присвоения обучающемуся, осваивающему содержание образовательной программы высшего образования I ступени, соответствующей квалификации.

### **1 ОРГАНИЗАЦИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Защита дипломного проекта проводится на открытом заседании ГЭК с участием председателя комиссии и не менее половины ее состава. Лица, присутствующие на защите дипломного проекта, не являющиеся членами ГЭК, не могут задавать вопросы обучающемуся и влиять на ход защиты.

После окончания защиты дипломных проектов ГЭК продолжает свою работу на закрытом заседании, на котором с согласия председателя ГЭК могут присутствовать руководители и рецензенты дипломных проектов.

В ходе закрытого заседания члены ГЭК оценивают результаты защиты дипломного проекта, решают вопрос о присвоении обучающимся соответствующей квалификации; с учетом отметок, полученных при итоговой аттестации, решают вопрос о выдаче выпускникам диплома о высшем образовании, диплома о высшем образовании с отличием.

Решение о выставлении отметки за защиту дипломного проекта принимается большинством членов ГЭК открытым голосованием. При равном числе членов ГЭК, предлагающих выставление различных отметок, предложение председателя ГЭК является решающим. Результаты защиты дипломных проектов, решения о присвоении квалификации, выдачи диплома о высшем образовании, диплома о высшем образовании с отличием, оглашаются в этот же день после оформления соответствующих протоколов.

К защите дипломного проекта допускаются обучающиеся при освоении содержания образовательных программ высшего образования I степени, полностью выполнившие учебные планы, учебные программы, программы практики (в т.ч. преддипломной), сдавшие государственные экзамены, выполнившие в полном объеме задание на дипломный проект. Допуск к защите дипломного проекта осуществляется в соответствии с п. 67 правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования.

## **2 ВЫБОР ТЕМЫ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Тематика дипломных проектов должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, техники. Тематика дипломных проектов учитывает конкретные задачи в данной области подготовки специалистов.

Перечень тем дипломных проектов ежегодно обновляется и доводится до сведения обучающихся в порядке, установленном учреждением высшего образования.

Обучающимся при освоении содержания образовательных программ высшего образования I степени предоставляется право выбора темы дипломного проекта. Обучающийся может предложить свою тему дипломного проекта. В этом случае необходимо обратиться к заведующему кафедрой с письменным заявлением, в котором обосновывается целесообразность работы по указанной теме. При положительном решении вопроса предложенная тема включается в перечень тем дипломных проектов.

Темы дипломных проектов определяются выпускающими кафедрами и утверждаются приказом руководителя учреждения высшего образования по представлению декана факультета. В случае необходимости изменения или уточнения темы дипломного проекта декан факультета на основании представления выпускающей кафедры ходатайствует о внесении соответствующих изменений в приказ руководителя учреждения высшего образования.

## **3 ФУНКЦИИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ И КОНСУЛЬТАНТОВ**

Руководителями дипломных проектов назначаются лица из числа профессорско-преподавательского состава данного учреждения высшего образования, преимущественно профессора и доценты, а также научные

работники и высококвалифицированные специалисты данного учреждения высшего образования и других учреждений и организаций.

Руководители дипломных проектов определяются выпускающими кафедрами и утверждаются приказом руководителя учреждения высшего образования по представлению декана факультета.

Руководитель в соответствии с темой дипломного проекта выдает обучающемуся задание на дипломный проект. Задание вместе с дипломным проектом представляется в ГЭК.

Основные функции руководителя:

- выдача задания на проектирование;
- формулировка основных задач, стоящих перед студентом (в соответствии с темой проекта);
- помощь в выборе литературных источников и нормативно-технической документации, необходимых для проведения дипломного проектирования;
- консультирование в решении тех задач проекта, которые вызывают у студента трудности.

В случае необходимости и по согласованию с руководителем дипломного проекта выпускающей кафедре предоставляется право приглашать консультантов по отдельным узконаправленным разделам дипломного проекта. Консультанты проверяют соответствующий раздел выполненного обучающимся дипломного проекта и ставят на его (ее) титульном листе свою подпись.

#### **4 СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Дипломный проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части (чертежей, графиков, схем, диаграмм, таблиц, рисунков и другого иллюстративного материала), наглядно представляющей выполненную работу и полученные результаты.

Расчетно-пояснительная записка включает:

Титульный лист.

Задание на дипломный проект.

Оглавление.

Перечень условных обозначений, символов и терминов (если в этом есть необходимость).

Реферат.

Введение.

- 1 Анализ требований технического задания.
- 2 Обзор аналогичных разработок и анализ технического уровня разрабатываемой конструкции.
- 3 Разработка развернутого технического задания и формулирование дополнительных частных технических требований к конструкции изделия.
  - 3.1 Введение.
  - 3.2 Основание для разработки.
  - 3.3 Источники разработки.
  - 3.4 Технические требования.
    - Состав изделия.*
    - Технические показатели.*
    - Принцип работы.*
    - Требования к надежности.*
    - Дополнительные технические требования.*
    - Требования к упаковке, маркировке, транспортированию и хранению.*
    - Требования к патентной чистоте.*
- 4 Разработка конструкции изделия и его составных частей.
  - 4.1 Выбор и обоснование методов конструирования, структуры конструкции и разработка компоновочной схемы изделия.
    - 4.1.1 Выбор и обоснование методов конструирования.
    - 4.1.2 Выбор и обоснование структуры конструкции и разработка компоновочной схемы изделия.
  - 4.2 Выбор и обоснование применяемой элементной базы.
  - 4.3 Разработка конструкций модулей различных иерархических уровней.
    - 4.3.1 Разработка конструкции блока.
    - 4.3.2 Разработка конструкции печатного узла.
    - 4.3.3 Разработка конструкции печатной платы.
  - 4.4 Выбор, обоснование и разработка способов электромонтажа и соединений модулей.
  - 4.5 Выбор и обоснование способов защиты конструкции изделия и разработка деталей несущих конструкций.
  - 4.6 Разработка внешнего оформления конструкции, описание разработанной конструкции и оценка ее качества.
- 5 Конструкторские расчеты.
  - 5.1 Расчет объемно-компоновочных характеристик изделия.
  - 5.2 Расчет элементов печатного монтажа.
  - 5.3 Расчет теплового режима изделия.

#### 5.4 Расчет на механические воздействия.

(Остальные расчеты выполняются по усмотрению руководителя и дипломника исходя из специфики работы устройства: расчет надежности устройства, расчет электромагнитной совместимости изделия).

6 Проектирование технологического процесса сборочно-монтажных работ.

##### 6.1 Анализ технологичности конструкции.

##### 6.2 Разработка варианта маршрутного технологического процесса.

##### 6.3 Энергосбережение.

#### 7 Экономический раздел.

##### 7.1 Экономическое обоснование.

##### 7.2 Планирование работ на этапе разработки изделия.

##### 7.3 Расчет затрат на разработку изделия.

##### 7.4 Расчет затрат на стадии изготовления макетного образца.

##### 7.5 Расчет затрат на стадии производства изделия.

7.6 Сравнительный технико-экономический анализ эффективности производимого изделия с существующими аналогами.

#### 8 Охрана труда.

##### 8.1 Основные понятия и определения.

###### 8.1.1 Определение охраны труда.

8.1.2 Определения: производственный фактор, вредный производственный фактор, опасный производственный фактор.

###### 8.1.3 Организация работ по охране труда на предприятии.

###### 8.1.4 Инструктажи.

###### 8.1.5 Медосмотры.

##### 8.2 Гигиена труда и промышленная санитария.

##### 8.3 Техническая безопасность.

##### 8.4 Пожарная безопасность.

Заключение.

Список использованной литературы.

Приложение А. Схема электрическая принципиальная, перечень элементов.

Приложение Б. Чертеж печатной платы.

Приложение В. Сборочный чертеж печатного узла, спецификация.

Приложение Г. Сборочный чертеж изделия, спецификация.

Содержание разделов 7 и 8 определяется консультантом соответствующей кафедры и может корректироваться.

**Дополнительно** (по выбору, исходя из специфики изделия) необходимо разработать один или два документа из следующего списка:

- схема электрическая структурная (или функциональная);
- алгоритм программы для работы микроконтроллера;
- детализовка (чертежи деталей несущих конструкций);
- разработка технологической схемы сборки;
- результаты моделирования режимов работы изделия.

Если студент выполняет дипломный проект **с представлением экспериментального макета и демонстрацией работы изделия**, количество представляемых чертежей и содержание пояснительной записки могут быть скорректированы, что утверждается решением заседания кафедры.

## **5 ПОДГОТОВКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА К ЗАЩИТЕ**

За принятые в дипломном проекте решения, правильность всех данных и сделанные выводы отвечает обучающийся, осваивающий содержание образовательной программы высшего образования I ступени, – автор дипломного проекта. Он представляет руководителю готовый дипломный проект, подписанный им и консультантами. Руководитель составляет отзыв на дипломный проект, в котором должны быть отмечены: актуальность темы дипломного проекта; объем выполнения задания; степень самостоятельности и инициативности обучающегося, осваивающего содержание образовательной программы высшего образования I ступени; умение обучающегося пользоваться специальной литературой и его способность к проектной, технологической, исследовательской, исполнительской, организаторской и другой работе; потенциальность использования полученных результатов на практике; возможность присвоения обучающемуся, осваивающему содержание образовательной программы высшего образования I ступени, соответствующей квалификации.

Дипломный проект и отзыв руководителя на дипломный проект не позднее чем за две недели до защиты дипломного проекта представляются заведующему выпускающей кафедрой, который решает вопрос о допуске обучающегося к защите дипломного проекта.

Для определения допуска обучающегося к защите дипломного проекта на выпускающей кафедре может создаваться рабочая комиссия, которая определяет соответствие дипломного проекта заданию и требуемому объему выполнения. Рабочая комиссия может заслушивать руководителя

дипломного проекта и обучающегося, осваивающего содержание образовательной программы высшего образования I степени.

Допуск к защите дипломного проекта фиксируется подписью заведующего кафедрой на титульном листе дипломного проекта.

Если заведующий кафедрой или рабочая комиссия установили несоответствие дипломного проекта заданию и требуемому объему выполнения, вопрос о допуске обучающегося к защите дипломного проекта рассматривается на заседании кафедры с участием руководителя дипломного проекта.

Дипломные проекты, допущенные выпускающей кафедрой к защите, направляются заведующим выпускающей кафедрой на рецензию. Рецензенты дипломных проектов утверждаются деканом факультета по представлению заведующего выпускающей кафедрой не позднее одного месяца до защиты дипломных проектов.

Рецензент имеет право затребовать у автора дипломного проекта дополнительные материалы, касающиеся проделанной работы.

Обучающийся, осваивающий содержание образовательной программы высшего образования I степени, должен быть ознакомлен с рецензией не менее чем за сутки до защиты.

На защиту дипломного проекта отводится не более 30 минут. Процедура его защиты устанавливается председателем ГЭК и включает доклад обучающегося, осваивающего содержание образовательной программы высшего образования I степени (10–15 минут) с использованием (по решению выпускающей кафедры) информационных технологий, чтение отзыва руководителя и рецензии, вопросы членов комиссии и ответы защищающего дипломный проект. При имеющихся замечаниях рецензента обучающийся, осваивающий содержание образовательной программы высшего образования I степени, должен ответить на них. Кроме этого, могут быть предусмотрены выступления руководителя дипломного проекта, а также рецензента, если он присутствует на заседании ГЭК.

Защита заканчивается предоставлением обучающемуся, осваивающему содержание образовательной программы высшего образования I степени, заключительного слова, в котором он вправе высказать свое мнение по замечаниям и рекомендациям, сделанным в процессе обсуждения дипломного проекта.

При оценке дипломного проекта учитываются его практическая ценность, содержание доклада и ответы защищающегося на вопросы, отзыв руководителя дипломного проекта и рецензия.

## 6 УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

### 6.1 Оформление пояснительной записки

Пояснительную записку к дипломному проекту следует оформлять с соблюдением требований ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам».

Пояснительная записка к дипломному проекту должна быть напечатана на одной стороне листа писчей бумаги формата А4 шрифтом Times New Roman 12 пт (множитель 1,12), допускается шрифт 14 пт (интервал одинарный).

Дипломная работа печатается с использованием компьютера и принтера на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с соблюдением следующих размеров полей:

- левое – 25 мм;
- правое – 10 мм;
- нижнее – 20 мм;
- верхнее – 15 мм.

Каждый раздел записки необходимо начинать с новой страницы. Описки и другие неточности, обнаруженные в процессе оформления текстовой части, допускается исправлять аккуратной подчисткой и нанесением на том же листе исправленного текста.

Пояснительную записку к дипломному проекту следует разделять на разделы и подразделы. Разделы нумеруются по порядку в пределах всей записки. Нумерация производится арабскими цифрами с точкой. Подразделы нумеруются в пределах каждого раздела. При этом номер состоит из двух цифр, разделенных точкой, например:

5.1 – пятый подраздел пятого раздела.

Наименование разделов и подразделов должны быть краткими, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовков. Переносы в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Заголовки разделов рекомендуется писать прописными буквами, подразделов – строчными.

Изложение содержания пояснительной записки должно быть выполнено кратко, грамотно, техническим языком. Следует избегать сложных и длинных предложений. Не рекомендуется повторять уже однажды изложенные мысли. При описании конструкций изделий и аппаратуры не следует смешивать в одной фразе настоящее время с прошедшим

и будущим, совершенный вид с несовершенным, наличную форму с безналичной и т.д.

Терминология, используемая в пояснительной записке, должна быть единой и соответствовать установленным стандартам, при отсутствии таковой – общепринятой в научно-технической литературе. Следует избегать употребления для одного и того же понятия двух или более терминов.

В пояснительной записке допускается в виде исключений производить сокращения отдельных слов. Такими исключениями являются следующие виды сокращений: общепринятые в русском языке (например, ЭВМ, САПР и др.); установленные правилами русской орфографии и пунктуации (например, то есть – т.е.; так далее – т.д.; тому подобное – т.п.); установленные ГОСТ 2.316 «Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц».

Применяемые в записке условные буквенные сокращения механических, физических, математических и других величин должны соответствовать установленным в стандартах. Расшифровка символов, входящих в формулу, производится непосредственно под формулой. Значение каждого символа приводят с новой строки в той же последовательности, в какой они приведены в формуле. После формулы ставится тот знак препинания, который необходим исходя из построения фразы. Все формулы в пределах пояснительной записки должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами, причем номер ставят с правой стороны страницы в круглых скобках. Номер для многострочной формулы ставится против последней ее строки. Обозначение единицы измерения определяемой величины рекомендуется проставлять после конечного результата вычисления.

Для пояснения излагаемого в записке текста должны использоваться иллюстрации, которые рекомендуется располагать по мере ссылок на них.

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены по тексту пояснительной записки. Иллюстрации, за исключением приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1».

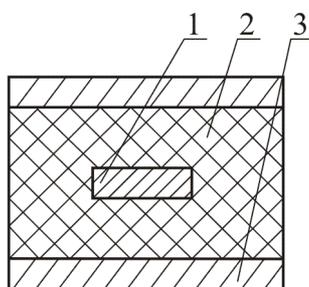
Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом:

Рисунок 1 – Узлы блока.

Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке, за исключением повторяющихся позиций, а для электрорадиоэлементов – позиционные обозначения, установленные в схеме данного изделия. Пример выполнения рисунка изделия, имеющего составные части, приведен на рисунке 1.



- 1 - центральный проводник;
- 2 - диэлектрик;
- 3 - наружный проводник.

Рисунок 1 – Полосковая линия (сечение)

Требования к оформлению графиков устанавливаются в соответствии с ГОСТ 1.5.

Цифровой материал по тексту излагают в таблицах. Таблицы используются для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким; его следует помещать над таблицей.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Цифровой материал оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 2.

Таблицы нумеруют арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

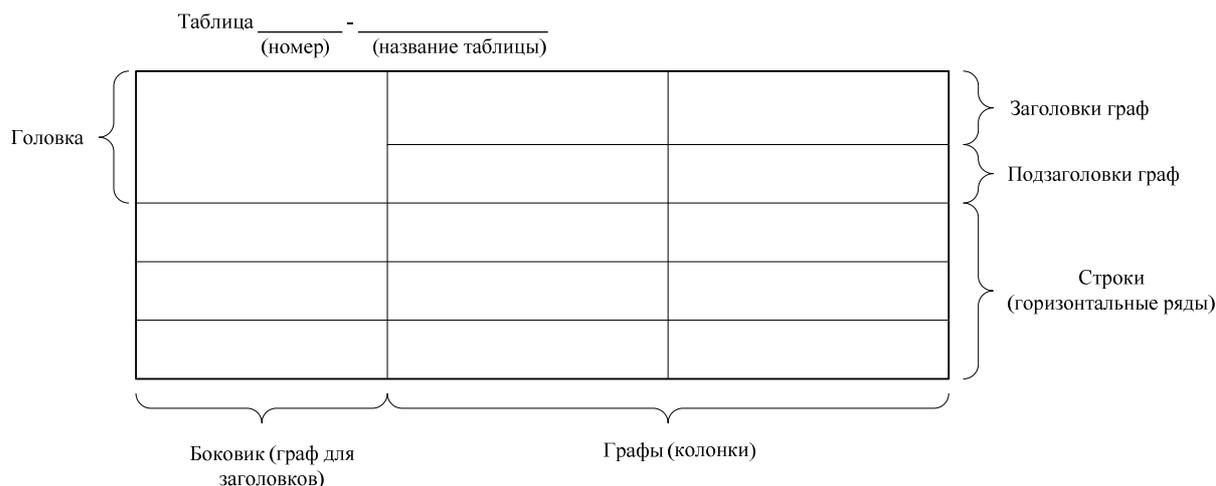


Рисунок 2 – Оформление цифрового материала в таблицах

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при которых указывают слово «таблица» и ее номер.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или прописной – если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Таблицы, как правило, ограничивают слева, справа и снизу линиями. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное их расположение.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Высота строк – не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, при необходимости – в приложении к документу.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием ее номера.

Пример оформления текста пояснительной записки приведен в приложении В.

В конце пояснительной записки приводится список литературы, использованной при ее составлении и расчетах. Выполнение списка и ссылки на него в тексте – по ГОСТ 7.32 7-1-2003. Список литературы включают в содержание документа. Например:

1. Пикуль, М.И. Конструирование и технология производства ЭВМ : учебник / М.И. Пикуль, И.М. Русак, Н.А. Цырельчук. – Минск : Выш. шк., 1996. – 263 с.

2. Жданович, В.М. Технические средства ЭВМ. Элементная и конструктивная база : справоч. пособие / В.М. Жданович, В.П. Луговский, И.М. Русак. – Минск : Выш. шк., 1991. – 637 с.

3. Русак, И.М. Технические средства ПЭВМ : справ. / И.М. Русак ; под ред. И.М. Русака. – Минск : Выш. шк., 1996. – 437 с.

При обращении к тому или иному литературному источнику в тексте документа делаются ссылки на приложенный список литературы. Например:

Вывод использованной формулы сделан в [2].

Иллюстрированный материал, таблицы и текст вспомогательного характера приводятся в виде приложений к пояснительной записке. Нумерация листов пояснительной записки и приложений должна быть сквозная. При наличии приложений в пояснительной записке по тексту должны быть ссылки на них.

## **6.2 Оформление графической части проекта**

При оформлении графической части дипломного проекта необходимо руководствоваться действующими стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Содержание и объем графической части дипломного проекта определяется руководителем. Графическая документация выполняется на листах формата А1. Допускается применение листов и других форматов, предусмотренных ГОСТ 2.301-68. Однако рекомендуется форматы, меньшие А2, на отдельные листы не разрезать.

Графическую документацию дипломного проекта допускается выполнять автоматизированным способом на печатающих устройствах.

Толщина линий должна быть одинакова для всех изображений в пределах выполняемых чертежей. Все надписи на чертежах выполняются стандартным чертежным шрифтом.

Каждый чертеж должен содержать основную надпись, которую располагают в правом нижнем углу документа. Порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней регламентирует ГОСТ 2.104-2006. Вся графическая документация к дипломному проекту подразделяется на три основных вида:

- чертежи деталей;
- сборочные чертежи;
- схемы.

Основные требования к выполнению чертежей на различные виды изделий регламентирует ГОСТ 2.109-73. Согласно его требованиям чертеж детали должен содержать:

- необходимое количество изображений и размеров, определяющих форму детали;
- указания о предельных отклонениях размеров детали;
- указания о шероховатости поверхностей и предельных отклонениях их формы;
- сведения о материале, из которого изготовлена деталь;
- указания о покрытиях.

Деталь изображают на чертеже в том виде, в каком она поступает на сборку. Для упрощения графического изображения деталей рекомендуется максимально использовать местные виды и разрезы, развертки, выносные элементы, а также различные упрощения, предусмотренные стандартами. Количество размеров на чертеже детали должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля детали; указывается обозначение марки и сортамента материала, из которого изготавливают деталь. В основной надписи чертежа детали указывают не более одной разновидности материала. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их указывают в технических требованиях, которые излагают на поле чертежа. Следует отметить, что все чертежи деталей содержат, как правило, технические требования, правила изложения которых регламентирует ГОСТ 2.316-2008.

Наиболее распространенной деталью, на которую необходимо разрабатывать конструкторскую документацию в процессе выполнения дипломного проекта, является двухсторонняя печатная плата. Характерно, что изложенные выше требования к чертежам деталей также распространяются и на оформление чертежей двухсторонних печатных плат. Кроме того, специфику оформления чертежей печатных плат более полно учитывает ГОСТ 2.417-91. Согласно названному стандарту размеры на чертеже печатной платы задаются одним из следующих способов:

- в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-2011;
- нанесением координатной сетки в прямоугольной или полярной системе координат;
- комбинированным способом при помощи размерных и выносных линий и координатной сетки.

Если размеры и конфигурация рисунка печатной платы оговорены в технических требованиях чертежа, элементы печатных плат допускается изображать условно. Следует обратить внимание и на то, что первым пунктом в технических требованиях, излагаемых на поле чертежа платы, указывается способ изготовления платы. Остальные требования излагаются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.316-2008.

Чертежи печатных узлов, блоков, объединительных панелей, других составных сборочных единиц проектируемого изделия оформляют в виде сборочных чертежей. Требования к оформлению таких чертежей также регламентируются ГОСТ 2.109-73.

В общем случае сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы;
- размеры и предельные отклонения, которые должны быть контролированы по данному чертежу;
- указания о характере сопряжения деталей;
- номера позиций составных деталей, входящих в изделие;
- габаритные размеры изделия;
- установочные, присоединительные и справочные размеры и т.д.

Сборочные чертежи в дипломном проекте допускается выполнять с упрощениями, установленными ГОСТами 2.109-73 и 2.305-2008. Сборочные чертежи должны содержать также технические требования, которые следует излагать на поле чертежа.

Все составные части сборочной единицы нумеруют на сборочном чертеже в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации. Номера позиций наносят на полях линий-выносок. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии.

Правила составления спецификаций изложены в приложении А.

К графической части дипломного проекта относятся и чертежи схем. В зависимости от основного назначения схемы подразделяются на структурные, функциональные, принципиальные, соединения, подключения, расположения. Как правило, в дипломном проекте чаще всего приходится оформлять чертежи электрических принципиальных схем. При оформле-

нии таких чертежей следует руководствоваться соответствующими стандартами. Основные правила выполнения чертежей электрических схем, единые для всех видов изделий, в т.ч. и для изделий вычислительной техники, регламентируются ГОСТ 2.702-2011. Кроме того, ГОСТ 2.708-81 устанавливает правила выполнения чертежей электрических схем цифровой вычислительной техники. Условные графические обозначения двоичных логических элементов регламентируются ГОСТ 2.743-91, а условные графические обозначения резисторов и конденсаторов – ГОСТ 2.728-74. При оформлении чертежей схем особое внимание следует обращать на правильность буквенно-цифровых обозначений в электрических схемах. Такие обозначения регламентирует ГОСТ 2.710-81.

### **6.3 Общие указания по выполнению расчетов**

В дипломном проекте приводятся расчеты, необходимые для обоснования конструкторских решений.

Следует помнить, что расчеты бывают как оценочными (поверочными, приближенными, прикидочными), так и точными (обладающими высокой точностью результата). Оценочные расчеты допускается приводить по тексту пояснительной записки, в тех разделах, где обосновывается определенное конкретное решение. Точные расчеты целесообразно выделять в отдельный раздел. Необходимость выполнения более точных расчетов должна быть обоснована из анализа результатов оценочных расчетов. Например, общий оценочный расчет надежности устройства может быть уточнен с учетом реальных тепловых режимов элементов и т.п.

В первую очередь необходимо выполнять расчеты, относящиеся ко всему изделию в целом. Вместе с тем часто возникает необходимость в детальной конструктивной проработке какого-либо модуля низшего иерархического уровня: печатного узла, печатной платы, микросборки и т.п. В этом случае для подтверждения работоспособности разрабатываемых модулей могут быть проведены конструкторские расчеты.

Серьезное внимание должно быть уделено выбору методик расчета, особенно при выполнении его на ЭВМ. Необходимо четко знать, при каких условиях и данных расчетах применима та или иная методика, какие ограничения действуют, как правильно документируются и оформляются расчеты.

Обязательно должен быть проведен анализ полученных результатов при расчете, показано, где эти результаты применены при разработке в конструкторской документации (чертежах, выборе решений и т.п.).

В дипломном проекте выполняются следующие расчеты:

- расчеты компоновочных параметров изделия и размещения основных составных частей. Должны быть рассчитаны: масса, объем и размеры ПП, масса печатного узла, масса несущих конструкций (например, основания и крышки), масса и объем всего изделия, а также удельные массогабаритные параметры [2, 3, 7];
- расчеты надежности устройства;
- расчет теплового режима устройства. Пример расчета приведен в учебнике «Конструирование и микроминиатюризация РЭА» (П.П. Гель, Н.К. Иванов-Есипович; Ленинград: Энергоиздат, 1984. – 536 с.) [1–4, 6, 20, 31];
- магнитные и электромагнитные расчеты паразитных связей и электрических соединений. Пример расчета – в учебнике под ред. Парфенова [1, 2, 11, 19];
- конструктивные и электрические расчеты печатных плат. Пример расчета – в учебнике «Проектирование и технология печатных плат» (Е.В. Пирогов, 2005), а также в учебнике под ред. Парфенова [1, 3, 6, 17, 32];
- расчеты механических характеристик ударо- и вибропрочности. Пример расчета – в приложении к учебнику «Проектирование и технология печатных плат» (Е.В. Пирогов, 2005) [7, 23, 28, 34];
- расчеты технологичности конструкций [15];
- и др.

## Литература

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании : 13 янв. 2011 г., № 243-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 13. – 2/1795.
2. Куземин, А.Я. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА / А.Я. Куземин. – М. : Радио и связь, 1985. – 280 с.
3. Преснухин, Л.Н. Конструирование ЭВМ и систем / Л.Н. Преснухин, В.А. Шахнов. – М. : Высш. шк., 1986. – 512 с.
4. Шерстнев, В.В. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА / В.В. Шерстнев. – М. : Радио и связь, 1984. – 272 с.
5. Савельев, А.Я. Конструирование ЭВМ и систем / А.Я. Савельев, В.А. Овчинников. – М. : Высш. шк., 1989. – 248 с.
6. Жданович, В.М. Технические средства ЭВМ. Элементная и конструктивная база / В.М. Жданович, В.П. Луговский, И.М. Русак. – Минск : Выш. шк., 1991. – 637 с.
7. Гель, П.П. Конструирование и микроминиатюризация РЭА / П.П. Гель, Н.К. Иванов-Есипович. – Ленинград : Энергоиздат, 1984. – 536 с.
8. Несущие конструкции РЭА / под ред. П.И. Овсищера. – М. : Радио и связь, 1988. – 232 с.
9. Савельев, М.В. Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ : учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. шк., 2001. – 319 с.
10. Пикуль, М.И. Конструирование и технология производства ЭВМ : учебник / М.И. Пикуль, И.М. Русак, Н.А. Цырельчук. – Минск : Выш. шк., 1996. – 263 с.
11. Романов, Ф.И. Конструкционные системы микрои персональных ЭВМ / Ф.И. Романов, В.А. Шахнов. – М. : Высш. шк., 1991. – 272 с.
12. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости / А.Д. Князев [и др.]. – М. : Радио и связь, 1989. – 224 с.
13. Микроэлектронная аппаратура на бескорпусных ИМС / под ред. И.Н. Воженни. – М. : Радио и связь, 1985. – 264 с.
14. Монтаж микроэлектронной аппаратуры / Г.Я. Гуськов [и др.]. – М. : Радио и связь, 1986. – 176 с.
15. Пронин, Е.Г. Проектирование технических средств ЭВА / Е.Г. Пронин, В.С. Шохат. – М. : Радио и связь, 1986. – 192 с.
16. Компоновка и конструкции микроэлектронной аппаратуры / под ред. Б.Ф. Высоцкого. – М. : Радио и связь, 1984. – 208 с.
17. Русак, И.М. Технические средства ПЭВМ : справ. / И.М. Русак, В.П. Луговский ; под ред. И.М. Русака. – Минск : Выш. шк., 1996. – 504 с.
18. Русак, И.М. Конструирование и расчет печатных плат : учеб. пособие по курсу «Конструирование ЭВС» / И.М. Русак. – Минск : МРТИ, 1993. – 34 с.
19. Конструирование аппаратуры на БИС и СБИС / под ред. Б.Ф. Высоцкого и В.Н. Сретенского. – М. : Радио и связь, 1989. – 272 с.
20. Валин, М.Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. – М. : Радио и связь, 1981. – 296 с.
21. Дульнев, Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре / Г.Н. Дульнев. – М. : Высш. шк., 1984. – 247 с.
22. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА / Э.Т. Романычева [и др.]. – М. : Радио и связь, 1989. – 256 с.
23. Конструирование и расчет БГИС, Микросборок и аппаратуры на их основе : учеб. пособие для вузов / под ред. Б.Ф. Высоцкого. – М. : Радио и связь, 1981. – 216 с.

24. Справочник конструктор РЭА: Общие принципы конструирования / под ред. Р.Г. Варламова. – М. : Совет. Радио, 1980. – 480 с.
25. Поляков, К.П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры / К.П. Поляков. – М. : Радио и связь, 1982. – 240 с.
26. Русак, И.М. Автоматизированное проектирование печатных узлов ЭВС : учеб. пособие / И.М. Русак, А.В. Станкевич. – Минск : БГУИР, 2005. – 52 с.
27. Заплетохин, В.А. Конструирование деталей механических устройств : справ. – Л. : Машиностроение, 1990. – 669 с.
28. Гжиров, Р.И. Краткий справочник конструктора / Р.И. Гжиров. – Л. : Машиностроение, 1984. – 464 с.
29. Механические воздействия и защита РЭА / М.Ф. Токарев [и др.] ; под ред. В.А. Фролова. – М. : Радио и связь, 1984. – 224 с.
30. Испытания радиоэлектронной аппаратуры и испытательное оборудование / О.П. Глудкин [и др.]. – М. : Радио и связь, 1987. – 272 с.
31. Справочник конструктора-приборостроителя / В.Л. Соломахо [и др.]. – Минск : Выш. шк., 1988. – 272 с.
32. Роткоп, Л.Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании РЭА / Л.Л. Роткоп, Ю.Е. Спокойный. – М. : Радио и связь, 1986. – 496 с.
33. Применение ИМС в ЭВТ / под ред. Б.Н. Файзулаева, Б.В. Тарабрина. – М. : Радио и связь, 1986. – 384 с.
34. Ненашев, А.П. Конструирование радиоэлектронных средств / А.П. Ненашев. – М. : Высш. шк., 1990. – 432 с.
35. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств / Н.И. Каленкович [и др.]. – Минск : Выш. шк., 1989. – 244 с.
36. ГОСТ 2.105. Межгосударственный стандарт ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск, 1999.
37. ГОСТ 2.109 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
38. ГОСТ 2417 ЕСКД. Правила выполнения чертежей печатных плат.
39. ГОСТ 2.708 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
40. ГОСТ 22732 ЕСКД. Методы оценки качества промышленной продукции.
41. ГОСТ 2.116. Карта технического уровня и качества продукции.
42. ОСТ 4ГО.010.009. Узлы и блоки ЭА на микросхемах. Конструирование.
43. ГОСТ 2.701-2008. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы схем. Общие требования к выполнению.
44. ГОСТ Р 53429-2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции.
45. ГОСТ Р 53386-2009. Платы печатные. Термины и определения.
46. ГОСТ 2.413-72. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа.
47. ГОСТ Р 51040-97. Платы печатные. Шаги координатной сетки.
48. ГОСТ Р 53386-2009. Платы печатные. Термины и определения.

## Правила составления спецификации

Спецификацию составляют на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект по формам 1 и 1а.

Спецификация определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и необходима для изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство указанных изделий.

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

Спецификации в общем случае состоят 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». Запись изделий в этом случае производят в соответствии с требованиями к оформлению раздела «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, а также документы основного комплекта записываемых в спецификацию неспецифицируемых составных частей (деталей), кроме их рабочих чертежей.

Документы внутри раздела записывают в следующей последовательности:

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

Документы в каждой части раздела записывают 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 пределах обозначения изделия документы записываются в последовательности, в которой они перечислены в ГОСТ 2.102-2013 (табл. 3):

- сборочный чертеж;
- схемы;
- пояснительная записка;
- перечень элементов;
- документы прочие.

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.

При наличии в индексах записываемых изделий цифры запись производят в следующей последовательности:

- сочетание типа АВВ2 – в алфавитном порядке букв, а в пределах каждого сочетания – в порядке возрастания цифры;
- сочетание типа АВ2В – в алфавитном порядке двух первых букв и далее в пределах каждого сочетания этих букв в порядке возрастания цифры, а в пределах каждой цифры – в алфавитном порядке последней буквы;
- сочетание типа А2ВВ – в алфавитном порядке первой буквы и далее в пределах этой буквы в порядке возрастания цифры, а в пределах каждой цифры – в алфавитном порядке последующих букв;
- сочетание типа 2АВВ – в порядке возрастания первой цифры индекса, а в пределах этой цифры – в алфавитном порядке букв.

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 не по основным конструкторским документам (по техническим условиям), за исключением стандартных изделий. Запись изделий производят по однородным группам, в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

Для изделий с электромонтажом запись в спецификацию составных частей, являющихся элементами электрической принципиальной схемы и примененных по стандартам или техническим условиям, производят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106-96 с учетом следующих дополнений и изменений:

а) составные части, являющиеся элементами электрической принципиальной схемы, записывают в начале соответствующего раздела группами в порядке расположения буквенных позиционных обозначений, приведенных в ГОСТ 2.710-81 (по латинскому алфавиту позиционных обозначений). Запись в пределах однородной группы ЭРЭ, например, резисторов, производят в алфавитном порядке марки (типа) ЭРЭ. При наличии в марке букв и цифр запись производят вначале по буквам, затем в пределах цифр. Если в марке содержатся английские и русские буквы, запись производят вначале в пределах русских букв, а затем английских;

б) внутри группы ЭРЭ одной марки (типа) запись производят в порядке возрастания основных параметров (в порядке следования параметров в обозначении ЭРЭ).

В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Материалы записывают по видам в следующей последовательности:

- металлы черные;
- металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные;
- металлы цветные, благородные и редкие;
- кабели, провода и шнуры;
- пластмассы и прессматериалы;

- бумажные и текстильные материалы;
- лесоматериалы;
- резиновые и кожевенные материалы; '
- минеральные, керамические и стеклянные материалы;
- лаки, краски, нефтепродукты и химикаты;
- прочие материалы.

В пределах каждого вида материалы записывают в алфавитном порядке наименований, а в пределах каждого наименования – по возрастанию размеров или других технических параметров.

В раздел «Материалы» не записывают материалы, необходимое количество которых не может быть определено конструктором по размерам элементов изделия и вследствие этого устанавливается технологом. К таким материалам относятся, например, лаки, краски, клей, смазки, замазки, припой, электроды. Указание о применении таких материалов дают в технических требованиях на поле чертежа.

В разделе «Комплекты» вносят ведомость эксплуатационных документов и применяемые по конструкторским документам комплекты, которые непосредственно входят в специфицируемое изделие, и записывают их в следующей последовательности:

- ведомость эксплуатационных документов;
- комплект монтажных частей;
- комплект сменных частей;
- комплект запасных частей;
- комплект инструмента и принадлежностей;
- комплект укладок;
- комплект тары;
- прочие комплекты.

Если комплектов одного и того же наименования несколько, то их записывают (в пределах одного наименования) в порядке возрастания обозначений.

Графы спецификации заполняют следующим образом:

а) в графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе «Обозначение». Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе проставляют «звездочку», а в графе «Примечание» перечисляют все форматы.

Для документов, записанных в разделе «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы», графу не заполняют.

Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывают: БЧ.

Для документов, изданных типографским, литографским и подобными способами на форматах, предусмотренных соответствующими государственными стандартами для типографских изданий, в графе ставят прочерк;

б) в графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части (при разбивке поля чертежа на зоны по ГОСТ 2.104-68);

в) в графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, в последовательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют;

г) в графе «Обозначение» указывают:

– в разделе «Документация» – обозначение записываемых документов;

– в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» и «Комплекты» – обозначения 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 не заполняют;

д) 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 и материал, а также размеры, необходимые для изготовления;

– в разделе «Стандартные изделия» – наименования и обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием обозначений этих документов.

Если изделие применено по документу, содержащему ссылку на другой (общий) документ (например, на общие технические условия), то в графе записывают только обозначение первого документа (общий документ не указывают);

– в разделе «Материалы» – обозначения материалов, установленные в стандартах или технических условиях на эти материалы.

Для записи ряда изделий и материалов, отличающихся размерами и другими данными и примененных по одному и тому же документу (и записываемых в спецификацию за обозначением этого же документа), допускается общую часть наименования этих изделий или материалов с обозначением указанного документа записывать на каждом листе спецификации один раз в виде общего наименования (заголовка). Под общим наименованием записывают для каждого из указанных изделий и материалов только их параметры и размеры;

е) в графе «Кол.» указывают:

– для составных частей изделия, записываемых в спецификацию, количество их на одно специфицируемое изделие;

– в разделе «Материалы» – общее количество материалов на одно специфицируемое изделие с указанием единиц измерения. Допускается единицы измерения записывать в графе «Примечание» в непосредственной близости от графы «Кол.». В разделе «Документация» графу не заполняют;

ж) 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.

При записи в спецификацию составной части, являющейся элементом электрической принципиальной схемы изделия, в графе «Примечание» указывают позиционное обозначение, присвоенное этому элементу в схеме.

Если в специфицируемое изделие входит несколько составных частей, являющихся различными элементами схемы (например, резистор МЛТ-0,5 – 100 Ом ± 5% ТУ 11-85 ОЖО.467.180 является сопротивлениями R3, R4, R9 и R12, то в графе «Примечание» в соответствующей строке перечисляют в возрастающем порядке позиционные обозначения элементов. При этом позиционные обозначения элементов с последовательными порядковыми номерами указывают по типу «R8 ... R12».

После каждого раздела спецификации необходимо 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 2.301-68). При этом спецификацию располагают ниже графического изображения изделия и заполняют ее в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполненную на отдельных листах. Основную надпись выполняют по ГОСТ 2.104-68 (форма 1).

Такому совмещенному документу присваивается обозначение основного конструкторского документа.

**Примеры внесения информации об электрорадиоэлементе  
в спецификацию и перечень элементов**

**Резистор**

марка – типоразмер корпуса (если есть) – мощность – номинальное сопротивление – отклонение номинального сопротивления – ТУ (фирма, каталог, прейскурант).

**Конденсатор**

марка – типоразмер корпуса (если есть) – номинальная емкость – отклонение номинальной емкости – рабочее напряжение – ТКЕ – ТУ (фирма, каталог, прейскурант).

**Транзистор**

марка – типоразмер корпуса (если есть) – ТУ (фирма, каталог, прейскурант).

**Диод**

марка – типоразмер корпуса (если есть) – ТУ (фирма, каталог, прейскурант).

**Микросхема**

марка – типоразмер корпуса (если есть) – ТУ (фирма, каталог, прейскурант).

**Реле, разъем**

марка – ТУ (фирма, каталог, прейскурант).

**Кварцевый резонатор**

марка – типоразмер корпуса (если есть) – рабочая частота – ТУ (фирма, каталог, прейскурант).

**Пример оформления пояснительной записки**

*Шрифт 14 пт; интервал одинарный.*

*Шрифт 12 пт; множитель 1,1÷1,2.*

**5 КОНСТРУКТОРСКИЕ РАСЧЕТЫ** *(центрировать)*

*1 интервал*

**5.1 Расчет объемно-компоновочных характеристик изделия**  
*(с абзаца 1,5 мм)*

*2 интервала*

Рассчитываем площадь печатной платы  $S_{пт}$ , мм<sup>2</sup>, по формуле

*интервал 8 пт*

$$S_{пт} = K_v \cdot \left( \sum_{i=1}^m S_{уст\ i} \cdot n \right), \quad (5.1)$$

*интервал 8 пт*

где  $K_v$  – коэффициент использования площади;  $K_v = 2(3)$ ; *(с абзаца 1,5 мм)*

$S_{уст\ i}$  – установочная площадь  $i$ -го элемента, мм<sup>2</sup>;

$n$  – число элементов  $i$ -го типоразмера;

$m$  – число используемых типоразмеров.

Расчет установочных площадей представлен в таблице 5.1.

*интервал 8 пт*

Таблица 5.1 – Параметры элементов для платы индикации *(с абзаца 1,5 мм)*

*интервал 8 пт*

Элементы	Кол-во	Площадь $S_{уст\ i}$ , мм <sup>2</sup>	Суммарный объем по каждой группе, мм <sup>3</sup>	Суммарная площадь, мм <sup>2</sup>
Индикатор	1	1802	21624	1802
Светодиод	3	36	436	108

*2 интервала*

**5.2 Расчет элементов печатного монтажа**

*2 интервала*

Надежность любого электронного устройства в значительной степени определяется качеством основания для установки электрорадиоэлементов. Ранее было сказано, что изготавливают двусторонние печатные платы позитивным комбинированным методом, выбирая при этом фольгированный стеклотекстолит СФ-2-35-2 и СФ-2-50-2.

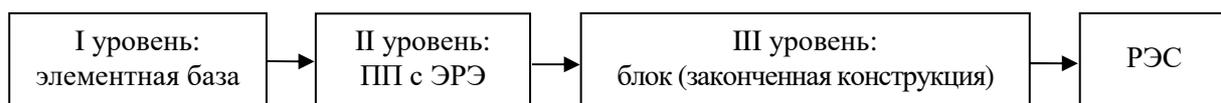


Рисунок 4.34 – Структура типовой конструкции РЭС (*центрировать*)

**Более подробно – см. ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам»**

**ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ**

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание				
<i>Конденсаторы</i>							
C1, C2	GRM18-0603-0.1мкФ±5%-25B-Murata	2					
C3, C4	GRM18-0805-10нФ±20%-50B-Murata	2					
C5	CTUFT491-4.7мкФ±20%-25B-Kemet	1					
C6	K73-17-0,47мкФ±10%-630B-ОЖО.461.104ТУ	1					
C7...C9	GRM18-0603-0.1мкФ±5%-25B-Murata	3					
C10	K50-35-2200мкФ±20%-10B-ОЖО.464.214ТУ	1					
C11	MC-0805-0,6нФ-16B-Viking	1					
C12	K10-17a-H50-0,1мкФ±20% ОЖО.460.107ТУ	1					
C13	K50-27-470мкФ±30%-160B-ОЖО.464.197ТУ	1					
C14	293D-A-0,15мкФ-35B-Vishay	1					
C15	GRM15-0402-68нФ±10%-10B-muRata	1					
C16, C17	GRM21-0805-10нФ±20%-50B-muRata	2					
<i>Микросхемы</i>							
DA1	MC7800-221A-Motorola	1					
DA2	LM386N-1-N08E-National semiconductor	1					
DD1	DS18B20-T0-92-Maxim integrated	1					
DD2	PIC16F83-18LSOIC-Microchip	1					
DD3	CD4013BE-R-PDIP-14-Texas Instruments	1					
DD4	76005001EA-C-PDIP-16-Texas Instruments	1					
DD5	L298P-S020-ST	1					
DD6	L297-DIP20-ST	1					
DD7	CD4013BE-R-PDIP-14-Texas Instruments	1					
B1	Батарея CR2032-SONY	1					
<i>ИКИ.463113.006 ПЭЗ</i>							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Иванов К.И.			Лит.	Лист	Листов
Провер.						1	3
Реценз.					Устройство управления Перечень элементов УО ПГУ 14-РК		
Н. Контр.							
Утверд.							

Продолжение приложения Г

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
HL1	Индикатор символьный ACM1604D—COMPLETE LCD SOLUTIONS	1	
<i>Катушки индуктивности</i>			
L1	LQH43M—1812—2200мкГн±10%—muRata	1	
L2, L3	LQH43M—1812—1,0мкГн±20%—muRata	2	
<i>Резисторы</i>			
R1	P1-12—1206—0,25Вт—30кОм±5%—ШКАБ.434110.002 ТУ	1	
R2	ERJ—1206—0,25Вт—1050М±1%—Panasonic	1	
R3, R4	P1-12—1206—0,25Вт—1кОм±5%—ШКАБ.434110.002 ТУ	2	
R5	D12HR—0805—0,125Вт—470МΩ±5%— Vishay	1	
R6... R8	P1-12—1206—0,25Вт—5600М±5%—ШКАБ.434110.002 ТУ	3	
R9	ERJ—0805—0,125Вт—1,50М±1%—Panasonic	1	
R10	P1-12—1206—0,25Вт—2700М±5%—ШКАБ.434110.002 ТУ	1	
R11	ERJ—1206—0,25Вт—715кОм±5%—Panasonic	1	
R12, R13	ERJ—0805—0,125Вт—3,3кОм±1%—Panasonic	2	
R14	P1-12—1206—0,25Вт—3300М±5%—ШКАБ.434110.002 ТУ	1	
R15	C1-4—0,125Вт—5,1МΩ±2%—Промэлектроника	1	
R16	ERJ—1206—0,25Вт—715кОм±5%—Panasonic	1	
R17	P1-12—1206—0,25Вт—4,7кОм±5%—ШКАБ.434110.002 ТУ	1	
R18, R19	ERJ—1206—0,25Вт—2100М±5%—Panasonic	2	
R20	ERJ—0805—0,125Вт—6,8кОм±1%—Panasonic	1	
<i>Диоды</i>			
VD1	SF12—DO—41—Платан	1	
VD2	1N5822—DO—27—Платан	1	
VD3... VD5	CD214A—DO—214AC—Bourns	3	
VD6	1N5822—DO—27—Платан	1	
VD7	BZX84—A2V4—SOT23—NXP Semiconductors	1	
<i>ИКИ.463113.006 ПЭЗ</i>			<i>Лист</i>
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись
			Дата
			2



**СПЕЦИФИКАЦИЯ**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			ИКИ.4.63113.006 СБ	Сборочный чертеж		
A1			ИКИ.4.63113.006 ЭЗ	Схема электрическая принципиальная		
*			ИКИ.4.63113.006 ПЗ	Пояснительная записка		A4×155
*			ИКИ.4.63113.006 ПЭЗ	Перечень элементов		A4×3
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	ИКИ.685555.001	Узел печатный	1	
				<u>Детали</u>		
		2	ИКИ.732506.006	Основание	1	
		3	ИКИ.724532.006	Крышка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		4		A2 Винт M20×2,0-г6×70.58 С019. ГОСТ 17473-80	4	
				<u>Прочие изделия</u>		
				Конденсаторы		
		5		K10-17a-H50-0,1мкФ±20%-ОЖО.460.107ТУ	1	С12
		6		K50-27-4.70мкФ±30%-160В-ОЖО.464.197ТУ	1	С13
ИКИ.463113.006						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Иванов К.И.			Лит.	Лист
Пров.					Т	Листов
						1 4
Н. контр.					Устройство управления ЧО ПГУ гр.14-РК	
Утв.						

Продолжение приложения Д

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Конденсаторы		
		7		K50-35-2200мкФ±20%-10В-ОЖО.464.214ТУ	1	С10
		8		K73-17-0,47мкФ±10%-630В-ОЖО.461.104ТУ	1	С6
		9		CTUFT49T-4,7мкФ±20%-25В-Kemet	1	С5
		10		GRM15-04.02-68±10%-1В-muRata	1	С15
		11		GRM18-06.03-0,1мкФ±5%-25В-Murata	5	С1, С2 С7...С9
		12		GRM18-0805-10нФ±20%-50В-Murata	2	С3, С4
		13		GRM2T-0805-10нФ±20%-50В-muRata	2	С16, С17
		14		MC-0805-0,6нФ-16В-Viking	1	С11
		15		293D-A-0,15мкФ-35В-Vishay	1	С14
				Микросхемы		
		16		LM386N-1-N08E-National	1	DA1
		17		MC7800-221A-Motorola	1	DA2
		18		CD4013BE-R-PDIP-14-Texas	2	DD3, DD7
		19		DS18B20-T0-92-Maxim integrated	1	DD1
		20		L297-DIP20-ST	1	DD6
		21		L298P-S020-ST	1	DD5
		22		PIC16F83-18LSOIC-Microchip	1	DD2
		23		76005001EA-C-PDIP-16-Texas Instruments	1	DD4
		24		Батарея CR2032-SONY	1	G1
		25		Индикатор символный		
				ACM1604D-COMLETE LCD SOLUTIONS	1	HL1
				Катушки индуктивности		
		26		LQH43M-1812-1,0мкГн±20%-muRata	2	L2, L3
		27		LQH43M-1812-2200мкГн±10%-muRata	1	L1
ИКИ.463113.006						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 2	

Продолжение приложения Д

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Резисторы ШКАБ.434.110.002ТУ		
		28		R1-12-1206-0,25Вт-2700м±5%	1	R10
		29		R1-12-1206-0,25Вт-3300м±5%	1	R14
		30		R1-12-1206-0,25Вт-5600м±5%	3	R6...R8
		31		R1-12-1206-0,25Вт-1к0м±5%	2	R3, R4
		32		R1-12-1206-0,25Вт-4,7к0м±5%	1	R17
		33		R1-12-1206-0,25Вт-30к0м±5%	1	R1
		34		Резистор С1-4-0,125Вт-5,1М0м±2%		
				Промэлектроника	1	R15
		35		Резистор		
				D12HR-0805-0,125Вт-470м0м±5% Vishay	1	R5
				Резисторы Panasonic		
		36		ERJ-0805-0,125Вт-1,50м±1%	1	R9
		37		ERJ-0805-0,125Вт-3,3к0м±1%	2	R12, R13
		38		ERJ-0805-0,125Вт-6,8к0м±1%	1	R20
		39		ERJ-1206-0,25Вт-1050м±1%	1	R2
		40		ERJ-1206-0,25Вт-2100м±5%	2	R18, R19
		41		ERJ-1206-0,25Вт-715к0м±5%	2	R11, R16
				Диоды		
		42		А1307АМ-3А0 «ПРОТОН»	1	VD8
		43		BZX84-A2V4-SOT23-NXP	2	VD7, VD9
		44		CD214A-DO-214AC-Bourns	3	VD3...VD5
		45		SF12-DO-41-Платан	1	VD1
		46		1N5822-DO-27-Платан	2	VD2, VD6
				Транзисторы		
		47		КТ825-ТО-220-ПО Транзистор	1	VT8
		48		КТ 3102Б-ТО-92-Интеграл	1	VT1
ИКИ.463113.006						Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3	



## Содержание

Введение .....	1
1 Организация дипломного проектирования .....	1
2 Выбор темы дипломного проекта .....	2
3 Функции руководителей и консультантов .....	2
4 Содержание дипломного проекта .....	3
5 Подготовка дипломного проекта к защите .....	6
6 Указания по оформлению дипломного проекта .....	8
Литература .....	17
Приложение А	
Правила составления спецификации .....	19
Приложение Б	
Примеры внесения информации об электрорадиоэлементе в спецификацию и перечень элементов .....	26
Приложение В	
Пример оформления пояснительной записки .....	27
Приложение Г	
Перечень элементов .....	29
Приложение Д	
Спецификация .....	32

*Учебное издание*

МОЛОДЕЧКИНА Татьяна Викторовна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению дипломного проекта

для студентов специальности 1-39 02 01  
«Моделирование и компьютерное проектирование  
радиоэлектронных средств»

Редактор *Т. А. Дарьянова*

---

Подписано в печать 14.03.18. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,92. Тираж 30 экз. Заказ

---

Издатель и полиграфическое исполнение –  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.