

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронных вычислительных средств

И. М. Русак, В. П. Луговский, А. В. Станкевич

***КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ  
И ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ***

Учебно-методическое пособие

по курсовому проектированию для студентов специальности  
«Электронные вычислительные средства»  
дневной формы обучения

Минск 2006

УДК 681.8 (075.8)

ББК 32.973 я 73

Р 88

**Р е ц е н з е н т:**

заведующий кафедрой радиоэлектронных средств БГУИР,  
канд. техн. наук, проф. Н. С. Образцов

**Русак, И. М.**

Р 88

Конструирование электронных вычислительных средств и основы энергосбережения : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию для студ. спец. «Электронные вычислительные средства» дневн. формы обуч. / И. М. Русак, В. П. Луговский, А. В. Станкевич.– Мн. : БГУИР, 2006. – 28 с. : ил.

ISBN 985-488-046-X

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Электронные вычислительные средства», в качестве учебно-методического материала при выполнении курсового проекта по дисциплине «Конструирование ЭВС и основы энергосбережения». Оно содержит методические указания по обоснованию и выбору методов и принципов конструирования, вариантов компоновочной схемы конструкции, основных параметров конструкции, а также требования и рекомендации по выполнению и оформлению курсового проекта. Пособие может быть полезно и при дипломном проектировании.

**УДК 681.8 (075.8)**

**ББК 32.973 я 73**

ISBN 985-488-046-X

© Русак И. М., Луговский В. П.,  
Станкевич А. В., 2006  
© БГУИР, 2006

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дисциплина «Конструирование электронных вычислительных средств и основы энергосбережения» (КЭВС и ОЭ) занимает ведущее место в процессе подготовки инженеров-электроников – конструкторов электронно-вычислительных средств. При изучении курса ставятся задачи формирования у студентов технического мышления, обучения практическим навыкам инженерных методов проектирования, расчета, модернизации, технического обеспечения, производственной реализации изделий ЭВС на новой элементной базе, с применением ЭВМ и САПР. С целью закрепления указанных навыков выполняется курсовой проект, который является важным этапом, необходимым для успешной работы над дипломным проектом, в конструкторско-технологической подготовке студентов.

В связи с бурным развитием электронных вычислительных средств, непрерывным совершенствованием конструкций, появлением принципиально новых технических решений при работе над курсовым проектом необходимо уделять внимание системному подходу к конструированию, оптимизации принятых конструкторских решений, подкреплению их соответствующими конструкторскими расчетами, а также методам автоматизированного проектирования.

### **1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*Целью выполнения* курсового проекта по дисциплине «Конструирование ЭВС и основы энергосбережения» является инженерная разработка конструкции ЭВС.

*Задачи курсового проектирования:*

- закрепление, углубление и систематизация знаний и конструкторских навыков, полученных при изучении схмотехнических, конструкторских и технологических дисциплин;
- освоение современных методов автоматизированного проектирования ЭВС с использованием средств вычислительной техники;
- приобретение опыта работы со стандартами, нормативно-справочной и технической документацией;
- получение навыков оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД, ГОСТ и другой действующей нормативно-технической документацией;
- выработка навыков обоснования инженерно-технических решений в расчетно-пояснительной записке;
- подготовка к дипломному проектированию и последующему самостоятельному решению комплексных конструкторских задач на предприятиях отрасли.

## **2 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

### **2.1 Тематика курсового проектирования**

Курсовой проект по дисциплине КЭВС и ОЭ представляет собой решение комплексной инженерно-технической задачи, отражающей специфику работы инженера-электроника – конструктора электронных вычислительных средств. Темы проектов охватывают все разнообразие современных ЭВС, определяемое их функциональным назначением, технической сложностью, условиями производства и эксплуатации. Основное внимание при этом должно уделяться ЭВМ, включая персональные, а также микроЭВМ и контроллерам.

Объектом курсового проектирования может быть схемотехнически и конструктивно законченное устройство ЭВС, предназначенное для самостоятельного или подчиненного применения. Примеры таких объектов – сборочные единицы ЭВС: прибор, блок, панель. Допускаются темы по разработке функциональных узлов повышенной сложности: субблоков, печатных узлов с микросхемами высокой степени интеграции.

Предметом курсового проектирования является конструктивная разработка новой конструкции изделия ЭВС или модернизация существующего опытного образца на уровне технического проекта с включением элементов эскизного проектирования.

Примерные темы курсовых проектов по КЭВС и ОЭ следующие:

1. Разработка конструкций сборочных единиц логических устройств ЭВС.
2. Разработка конструкций блоков питания ЭВС.
3. Разработка конструкций ячеек ЭВС с микросборками высокой степени интеграции.
4. Разработка конструкций одноплатных микроЭВМ и персональных ЭВМ.
5. Конструирование блоков внутренних запоминающих устройств.
6. Научно-исследовательские работы по комплексной микроминиатюризации устройств различного назначения.
7. Научно-исследовательские работы по составлению математических моделей конструкций устройств ЭВС.
8. Научно-исследовательские работы по разработке машинных методов проектирования устройств ЭВС, включая разработку программного обеспечения для выполнения конструкторских расчетов.

### **2.2 Задание на курсовое проектирование и исходные данные**

Индивидуальное задание на курсовое проектирование выдается студенту в течение первой недели текущего семестра преподавателем – руководителем проекта. Задание оформляется на специальном бланке. В задание включаются:

1. Тема проекта.
2. Сроки сдачи студентом законченного проекта.
3. Исходные данные к проекту.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов).

5. Перечень графического материала.

6. Календарный график работы над проектом.

Исходными данными для проектирования являются:

– назначение разрабатываемого изделия, выполняемые функции;  
– принципиальная электрическая схема с перечнем элементов, указанием электрических параметров изделия и технических требований (быстродействие, частотный диапазон, мощность, разрядность и т.п.);

– конструкторские требования (требования по компоновке, вид исполнения, габариты, масса, требования по сопряжению составных частей, другие специальные требования);

– эксплуатационные и климатические требования (соответствие ГОСТам, по климатическим условиям: рабочие и предельные температуры, давление, относительная влажность; по механическим условиям: удары и вибрации при эксплуатации и транспортировке; ремонтпригодность и др.);

– экономические требования (условия производства изделия, годовой выпуск и тип производства).

В перечне разрабатываемых вопросов указываются:

– разработка общей конструкции изделия и его составных частей;  
– компоновочная работа, в том числе необходимость разработки компоновочных эскизов для выбора и обоснования конструкции; анализ паразитных связей и тепловых режимов по компоновочному эскизу для оценки качества компоновочных работ и применения защиты;

– разработка монтажа межсоединений и выбор средств сопряжения частей устройства;

– разработка конструкций деталей (учитываются 2-3 детали, различные по характеру заготовки, материалу и способу обработки);

– оценка качества разработанной конструкции.

Теоретическая часть должна содержать задание на выполнение не менее 5-6 видов конструктивных расчетов: параметров монтажа, тепловых режимов, паразитных связей, вибропрочности и т.д. Расчеты должны быть выполнены преимущественно с помощью САПР и ЭВМ.

В состав графической части курсового проекта должны входить:

1. Схема электрическая принципиальная устройства ЭВС.

2. Сборочные чертежи устройства ЭВС (приборов, блоков и др.) и его составных частей.

3. Чертежи деталей конструкции устройства печатной платы (нестандартные, вспомогательные детали, детали несущих конструкций, крепления, печатные платы, лицевые панели и т.д.).

В зависимости от сложности объекта конструирования комплект графической конструкторской документации может меняться.

## 2.3 Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект должен содержать: расчетно-теоретическую часть, помещаемую в пояснительной записке, и графическую часть, представленную комплектом чертежей.

При изложении материала в пояснительной записке рекомендуется придерживаться следующего расположения разделов:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Задание на курсовое проектирование.
4. Введение.
5. Разработка развернутого технического задания и формулирование дополнительных частных технических требований к конструкции изделия.
6. Обзор аналогичных разработок и анализ технического уровня разрабатываемой конструкции.
7. Анализ требований технического задания.
8. Разработка конструкции изделия и его составных частей:
  - выбор и обоснование методов конструирования, структуры конструкции, разработка компоновочной схемы изделия;
  - выбор и обоснование применяемой элементной базы;
  - разработка конструкций модулей различных иерархических уровней (приборов, блоков, панелей, печатных узлов, печатных плат, микросборок и т.п.);
  - выбор, обоснование и разработка способов электромонтажа и соединений модулей;
  - выбор и обоснование способов защиты конструкции изделия, применяемых конструкционных материалов, разработка несущих и вспомогательных конструкций;
  - разработка внешнего оформления конструкции изделия, описание разработанной конструкции, оценка ее качества.
9. Конструкторские расчеты:
  - выбор и обоснование проведения конструкторских расчетов модулей различных уровней конструктивной иерархии;
  - конструкторские расчеты и их анализ.
10. Выводы и заключение.
11. Литература.

Общий объем расчетно-пояснительной записки – 45–50 с. Графическая часть проекта включает комплект чертежей разрабатываемой конструкции объемом не менее трех листов формата А1.

## 2.4 Организация курсового проектирования и защита проекта

На разработку и оформление курсового проекта по дисциплине КЭВС и ОЭ по учебному плану специальности «ЭВС» отводится 13 недель.

Выполнение курсового проекта является самостоятельной работой студента, проводимой под руководством и контролем руководителя. В установленные расписанием дни и часы студент консультируется у руководителя. Обычно время работы над курсовым проектом разбивается на три этапа. После завершения каждого этапа проектирования следует оформить текстовую и графическую части документации.

Объем выполненной работы по каждому этапу оценивается руководителем проектирования в процентах от общего объема проектирования. Явка студентов на опросы обязательна и учитывается при защите проекта.

Оформленный курсовой проект сдается студентом руководителю на проверку не позже, чем за неделю до назначенного срока защиты. После проверки преподавателем проект представляется к защите.

Защита курсового проекта производится перед комиссией, назначаемой заведующим кафедрой ЭВС, и включает в себя доклад в течение 5-8 минут, а также ответы на вопросы членов комиссии. В докладе студент обязан изложить суть своего курсового проекта, показать пути реализации задач, дать обоснование принятым в проекте техническим решениям (отметив оригинальные), охарактеризовать каждый вывешенный для защиты лист чертежа, рассказать о проведенных расчетах.

Принятые конструктивные решения и выполненные расчеты сопровождаются выводами. В заключение студент должен отразить соответствие разработанного проекта требованиям технического задания.

Студенту на защите могут быть заданы теоретические и практические вопросы по конструкции и технологии изготовления разработанной сборочной единицы.

Выполненную курсовую работу необходимо грамотно представить комиссии. По выступлению студента и его ответам на вопросы комиссия судит о способностях студента правильно и доходчиво излагать результаты работы, поэтому выступление рекомендуется готовить заранее. Общая продолжительность защиты с учетом ответов на вопросы – 10-15 мин.

### **3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

#### **3.1 Общие указания**

Настоящие методические указания намечают основные направления выполнения курсового проекта. При этом не исключаются: самостоятельный выбор студентом путей решения задач курсового проекта, применение других методов проектирования и расчета.

Рекомендуется начинать проектирование с анализа плана работы. В плане предусматриваются изучение литературы, повторение теоретических вопросов, разработка конструкции, оформление пояснительной записки, выполнение

чертежей и т.д. На основании обязательного графика выполнения работ студент составляет развернутый календарный план выполнения курсового проекта с учетом контрольных точек, оговоренных консультантом проекта. В этом случае обеспечивается самоконтроль и равномерное распределение нагрузок по этапам проектирования, что оказывает положительное влияние на качество разработки. Желательно в течение одного рабочего дня чередовать различные виды работ. Сведения, полученные из технической, нормативной литературы, рекомендации преподавателя целесообразно фиксировать в рабочей тетради.

### **3.2 Требования к построению и содержанию пояснительной записки**

Ниже приводятся требования к последовательности разделов и содержанию пояснительной записки, вытекающие из логической последовательности процесса конструирования изделий ЭВС.

#### **3.2.1 Введение**

Этот раздел пояснительной записки должен характеризовать современное состояние научно-технической разработки, решению которой посвящен курсовой проект. Здесь должна быть также сформулирована цель работы. Во введении надо обосновать необходимость проведения подобной работы, ее значимость, показать актуальность темы.

#### **3.2.2 Разработка развернутого технического задания и формулирование дополнительных частных требований к конструкции**

*Цель раздела* – описать конечный результат процесса проектирования, независимый от проектных характеристик, которые могут свободно меняться в зависимости от условий эксплуатации.

Техническое задание должно состоять из введения и следующих разделов:

1. Основание для разработки.
2. Источники разработки.
3. Технические требования.
4. Экономические показатели.
5. Порядок испытаний.

Рекомендуется, чтобы во «Введении» оговаривалось, для чего данное изделие предназначено. Можно привести краткую характеристику области применения изделия.

В разделе «Основание для разработки» приводят наименование и шифр разрабатываемого изделия.

В разделе «Источники разработки» указывают наименования изделий – на базе которого выполняют разработку и взамен которого проводят разработку.



Особое внимание должно быть уделено разработке технических требований. Технические требования подразделяются на *общие* (присущие группе однотипных изделий и оговариваемые в научно-технической документации) и *частные* (присущие только разрабатываемому изделию).

Рекомендуется, чтобы раздел «Технические требования» состоял из следующих подразделов:

- состав изделия;
- технические показатели;
- принцип работы;
- конструктивные параметры;
- условия эксплуатации;
- требования безопасности;
- дополнительные технические требования;
- требования к упаковке, маркировке, транспортированию и хранению;
- требования к патентной чистоте.

В подразделе «Состав изделия» следует указать: наименование и назначение составных частей изделия и возможность его изменения; требования к стандартным, унифицированным и заимствованным составным частям (включая покупные), сырью и материалам, в том числе к материалам, используемым при обслуживании и эксплуатации изделия; требования к использованию комплектующих элементов; требования к запасным частям, инструменту и принадлежностям и т.д.

В подразделе «Технические параметры» должны быть приведены: технические показатели, определяющие целевое назначение изделия (например, производительность), время выполнения операции, тактовая частота, объем оперативной памяти, точность, чувствительность, требования к электропитанию, электрической прочности и сопротивлению изоляции, потребляемая мощность, коды, используемые для обмена и обработки информации, и другие требования.

В подразделе «Требования к надежности» указываются значения показателей надежности.

В подразделе «Принципы работы» должно быть приведено описание работы изделия (система команд, алгоритм работы и взаимодействие с другими изделиями).

В подразделе «Конструктивные требования» перечисляются требования к исполнению корпуса, панели и шасси (степень защищенности, использование типовых унифицированных или нормализованных элементов корпусов, панелей и шасси), необходимость и тип вентиляции, экранировки, теплоотвода, корпусной изоляции. Указываются весовые характеристики, габариты, координаты крепления, присоединительные элементы (колодки, разъемы, гермовыводы, элементы управления и регулировки прибора и их расположение), требования по взаимозаменяемости, инженерной психологии, безопасности, удобству обслуживания, заданные коэффициенты унификации, применяемости. Могут быть также указаны:

– требования, связанные с условиями работы (радиационная стойкость, пожаро- и взрывобезопасность);

– конструктивные требования к изделию и его составным частям (например, базовые конструкции, габаритные, установочные и присоединительные размеры, способы крепления и регулировки органов управления, масса изделия);

– требования к уровню радиопомех, создаваемых изделием;

– требования технической эстетики (художественного конструирования);

– эргономические требования.

В подразделе «Условия эксплуатации» следует указывать допускаемые воздействия климатических условий (температуры, влажности, атмосферного давления, пыли, агрессивных сред), механических нагрузок (вибрационных, ударных), электромагнитных волн, виды обслуживания (постоянное, периодическое).

В подразделе «Требования безопасности» должны быть изложены требования к обеспечению безопасности при монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте.

В подразделе «Требования к упаковке, маркировке, транспортированию и хранению» изложены требования к упаковке изделия, а также указаны виды транспортных средств, условия транспортирования и хранения.

В подразделе «Требования к патентной чистоте» приводится перечень стран, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота изделия.

В разделе «Экономические показатели» оговариваются срок испытаний и общие требования к проведению испытаний изделия.

В разделе «Исходные и справочные материалы» должны быть указаны: технические материалы, необходимые для выполнения технического задания, общие технические указания на аналогичные изделия, технические указания на применяемые блоки, узлы, а также тактико-технические требования, номера принципиальных электрических схем, инструкции, описания и т.д.

### **3.2.3 Обзор аналогичных разработок и анализ технического уровня разрабатываемой конструкции**

*Задача данного раздела* – изучить последние достижения в заданной области конструирования. По литературе анализируются все известные технические решения, дается обзор и сравнительный анализ схем, конструкций и технологий современных отечественных и зарубежных устройств ЭВС для выбора оптимального варианта при заданных условиях проектирования. На основе технического анализа и патентной экспертизы составляется карта технического уровня. На основе последней студент выбирает решение поставленной задачи. С самого начала следует определить технологические процессы, которые необходимо применять при заданном типе производства

конструкции. Рекомендуется составлять таблицы с указанием наилучших методов конструирования и технологических процессов изготовления.

### **3.2.4 Анализ требований технического задания**

В этом разделе необходимо тщательно проанализировать все пункты технического задания, чтобы определить возможность выполнения конструкции.

Анализ технического задания рекомендуется начинать с изучения особенностей электрической принципиальной схемы устройства, способных повлиять на конструкцию изделия. Для этого анализируют назначение устройства, его состав, принцип работы. Анализ электрической схемы ведется по следующим направлениям:

- выявление специфики схемы (частотный диапазон или быстродействие, чувствительность, точность, энергетические показатели);
- выявление органов управления, коммутации и регулировки;
- выбор нестандартных электрорадиоэлементов.

В результате анализа схемы и схемотехнических данных (или поверочного расчета) выявляются также те участки схемы, которые могут быть источниками электрических, магнитных, тепловых полей, вызывающих нестабильность работы или снижение надежности устройства.

Далее проводится анализ эксплуатационных, конструкторско-технологических, экономических и специальных требований.

Студент должен тщательно проанализировать каждое требование технического задания с точки зрения его соответствия выбору конструкции в целом и каждой составной части, подготовить перечень требований к ним. Например, указанное в задании значение повышенной влажности может предъявлять к конструкции требование влагозащиты элементов путем использования герметичного корпуса; малый объем выпуска – требования к конструкции деталей с точки зрения возможности изготовления их на универсальном технологическом оборудовании без применения специального инструмента и специальной оснастки и т.п.

### **3.2.5 Разработка конструкции изделия и его составных частей**

*Выбор и обоснование методов конструирования, структуры конструкции и разработка компоновочной схемы изделия*

В этом подразделе следует произвести предварительную разработку конструкции, обосновать выбор методов конструирования, а также разработать первоначальный вариант компоновки с разработкой эскизных решений, исходя из требований технического задания.

Эта часть является наиболее сложной, поскольку от правильности выбора метода конструирования, компоновочной схемы, принципов компоновки

зависят важнейшие характеристики изделия: габариты, масса, ремонтпригодность и т.д.

Сложность изделий ЭВС в большинстве случаев требует расчленения схемы устройства на структурные части (уровни). Наиболее широко при создании конструкций современных ЭВС применяется модульный метод конструирования, когда определенная схемно-структурная часть реализуется в виде конструктивно законченных частей (уровней) – модулей. По этому методу изделия ЭВС могут компоноваться из конструктивных модулей по следующим геометрическим компоновочным схемам: децентрализованной, централизованной и централизованной с вынесенными пультами.

Модульная компоновка позволяет «сворачивать», «выпрямлять» и «разносить» в пространстве принципиальные схемы отдельных конструктивных модулей в разнообразных вариантах и пропорциях, что удобно как при проектировании, так и при эксплуатации ЭВС. Варианты компоновки могут предусматривать полное или неполное выдвижение модуля по направляющим из объема конструкции; поворот модулей по шарнирным сочленениям, соединяющим ребра модулей («книжный вариант»); раскрытие компоновочного объема по шарнирным сочленениям, расположенным в ребрах раскрывающихся частей, и др.

Задание на курсовое проектирование предусматривает разработку конструкции изделия ЭВС невысокой функциональной сложности, поэтому за основную компоновочную схему может быть принята одно- или многоблочная централизованная схема. С учетом системного подхода конструкция чаще всего реализуется на уровне блока (панели), а в ряде случаев – в виде субблока, ячейки и даже микросборки.

Достоинством модульного метода конструирования является возможность использования при проектировании изделий ЭВС конкретных систем базовых конструкций микро- и персональных ЭВМ, обеспечивающих применение типовых (унифицированных) конструкций модулей, их конструктивную входимость по всем иерархическим уровням, конструктивно-технологическую преемственность возможных решений при модернизации; совместимость и единство художественно-конструктивного решения; совершенствование современной и перспективной технологии производства изделий ЭВС.

В ряде случаев – при разработке специализированных изделий ЭВС – применение систем базовых конструкций нецелесообразно. Это объясняется тем, что стандартизация базовых конструкций не позволяет получить технические параметры проектируемого изделия выше значений, определяемых на момент проектирования уровнем развития науки и техники. В таких случаях необходимо выполнять оригинальные оптимальные конструкции и их компоновки. Отметим, что при создании некоторых конструкций ЭВС (например, отдельных узлов) наряду с модульным методом находят применение машиностроительный, геометрический, топологический и другие методы.

Составные части электрической схемы устройства (узлы), в свою очередь, могут быть реализованы по одному из следующих принципов: моносхемному, схемно-узловому, блочному и функционально-узловому. Предпочтение следует отдавать функционально-узловому принципу, позволяющему выполнять устройство как конструктивно, так и функционально законченным.

При предварительном выборе структуры конструкции и ее компоновки приходится решать задачи, связанные с обеспечением основных требований, обусловленных техническим заданием, и дополнительных, которые обусловлены методами конструирования, компоновки, монтажа и др.

Выбранное решение структуры конструкции должно удовлетворять:

- основному назначению изделия;
- нормальному режиму работы;
- требованиям надежности, ремонтпригодности;
- задачам стандартизации и унификации;
- требованиям эргономики и эстетичности;
- задачам технологичности и экономичности с учетом условий производства.

Принятие решений по компоновке конструкции должно сопровождаться обобщенными поверочными расчетами, такими как: компоновочный расчет с определением габаритов, формы и массы конструкции; расчет надежности; оценка теплового режима и электромагнитной совместимости; выбор способа охлаждения и др.

### **3.2.6 Выбор и обоснование применяемой элементной базы**

Выдаваемая студенту при курсовом проектировании электрическая принципиальная схема устройства обычно требует доработки. Ее следует рассматривать как функциональную и дорабатывать в соответствии с дополнительными электрическими и эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к изделию (быстродействие, помехоустойчивость, жесткие условия эксплуатации и т.п.). Доработанная или переработанная электрическая принципиальная схема вместе с перечнем элементов служит в дальнейшем основой разработки печатных узлов ЭВС.

Целями изучения данного раздела являются: выбор конкретных серий и типов интегральных микросхем (ИМС) и электрорадиоэлементов, определение их габаритов, массы, установочных и присоединительных размеров, способов закрепления и монтажа ИМС.

При разработке конструкций современных изделий ЭВС необходимо выбирать электрорадиоэлементы, которые в конструктивном, схемном и технологическом отношении согласуются с параметрами, габаритами, конструкцией, методами сборки используемых в разрабатываемом устройстве ИМС.

Выбор типов ИМС и электрорадиоэлементов (ЭРЭ) должен проводиться с учетом:

- номиналов и мощностей элементов;
- надежности и условий эксплуатации системы, составной частью которой является проектируемое изделие;
- технических требований к конструкции проектируемого изделия и системы в целом;
- экономической целесообразности;
- наличия данных типов элементов в серийном производстве;
- унификации и стандартизации.

Выбор типов ИМС и ЭРЭ должен проводиться также с учетом вида монтажа. При использовании многослойных печатных плат (МПП), изготовленных методом металлизации сквозных отверстий, целесообразно применение ИМС и ЭРЭ со штыревыми выводами, а при использовании МПП, изготовленных методом открытых контактных площадок, необходимо применять элементы с планарными выводами. Следует учитывать, что различное конструктивное исполнение ИМС и ЭРЭ позволяет получить различную плотность монтажа. Ограничения габаритов и массы изделия обуславливают выбор малогабаритных и микроминиатюрных элементов, если это позволяют условия их работы в изделии. При уменьшении габаритов и массы ЭРЭ прямой микроминиатюризацией себестоимость ЭРЭ резко возрастает, несмотря на снижение материалоемкости ЭРЭ.

Задачу выбора типов микроминиатюрных ЭРЭ и ИМС следует решать на основе системного подхода и комплексной микроминиатюризации. Например, ряд серий и функциональных наборов корпусных ИМС имеет различное конструктивное исполнение, отличающееся габаритами и массой. В частности, большинство серий микросхем имеют бескорпусные аналоги либо могут выпускаться по требованию заказчика в другом виде.

Для совместной работы с ИМС в функциональных узлах ЭВС могут быть использованы резисторно-конденсаторные и конденсаторные сборки, совместимые с ИМС по конструкции и эксплуатационным параметрам.

Если в проектируемом изделии имеются нестандартные элементы или узлы (оригинальные, частного применения), необходимо – при отсутствии в задании их конструктивных параметров – провести их поверочные расчеты, выбрать тип конструкции, определить габариты, массу, способы крепления и монтажа.

### **3.2.7 Разработка конструкций модулей различных иерархических уровней**

В данном разделе должны быть рассмотрены вопросы разработки конкретных конструкций модулей различных иерархических уровней и их составных частей в соответствии с выбранной структурой конструкции проектируемого изделия. Такими модулями, прежде всего, являются блоки,

печатные узлы (ячейки, типовые элементы замены (ТЭЭ), блоки элементов и т.п.), двухсторонние и многослойные печатные платы, многокристальные микросборки, модули электропитания и т.п. Степень детализации их разработки обосновывается и определяется совместно с руководителем проекта. Этот раздел требует выполнения значительного объема конструкторских работ, сопровождаемых оформлением конструкторской документации.

В подразделе «Разработка конструкции блока» необходимо рассмотреть следующие *задачи*: обоснование выбора корпуса (кожуха) блока с учетом его стандартизации, ремонтпригодности, удобства эксплуатации; обосновать и (или) рассчитать его типоразмеры: определить при компоновке зоны расположения печатных узлов, коммутации, управления; ориентацию ячеек с целью оптимизации компоновочных характеристик; провести оценочные расчеты массогабаритных характеристик; рассчитать основные компоновочные характеристики и показатели; изложить требования к электрической защите блоков (заземлению, экранированию и т.п.), герметизации (если необходимо), обеспечению теплового режима, механической защите блоков.

Особое внимание следует уделять оптимизации конструктивного решения с учетом системо- и схемотехнических, технологических и эксплуатационных требований.

В подразделе «Разработка конструкции печатного узла» необходимо обосновать массогабаритные и другие компоновочные характеристики печатного узла, определить конструктивные составляющие (планки, съемники, рамки, соединители, переходники, элементы закрепления и т.д.). Для выбранных (рассчитанных или заданных) габаритных размеров печатного узла определяется максимальное число эквивалентных посадочных мест (зон), проводится ориентировочное размещение интегральных микросхем и электрорадиоэлементов с выбором шагов размещения, оцениваются трассировочная способность схемы узла и возможная слойность печатной платы. В этом подразделе также должны быть сформулированы основные требования к защите печатных узлов от электрических, тепловых, механических, климатических и других воздействий.

В подразделе «Разработка конструкции печатной платы» должны быть раскрыты следующие *вопросы*: сформулированы требования к конструкциям и технологии плат, выбрана требуемая группа жесткости, обоснован выбор типа печатной платы и класса точности выполнения размеров элементов печатного монтажа, выбраны размеры и конфигурация печатной платы, материалы печатных плат (оснований, покрытий); выбраны и размещены элементы печатного рисунка, осуществлена трассировка связей, выбраны требуемые элементы маркировки и контроля. Обязательно должны быть выполнены конструктивный и электрический (по постоянному и переменному току) расчеты печатных плат, оформлены соответствующие чертежи. Особое внимание следует уделить платам (подложкам) при использовании

бескорпусных ИМС, МСБ и ЭРЭ, необходимо учесть их специфические требования (технология, материалы, топологические нормы).

### *Выбор, обоснование и разработка способов электромонтажа и соединений модулей*

Цель электрических соединений (электромонтажа) в конструкциях изделий ЭВС состоит в обеспечении электрических сигнальных связей между входными и выходными цепями конструктивных модулей различного иерархического уровня, а также подвода к ним напряжений питания и земли для нормальной работы изделий. Поэтому все электрические соединения в изделиях, аналогично конструктивным модулям, входящим в изделия, и в соответствии с их иерархическими уровнями можно разбить на несколько уровней коммутации. Например, для конструкций больших стационарных ЭВМ можно выделить: ячеиный электромонтаж (монтаж ИМС и ЭРЭ на печатные платы); внутриблочный монтаж (объединение ячеек на объединительных платах и т.п.); монтаж межблочный; межстоечный монтаж и т.д.

Следует помнить, что задача электромонтажа неразрывно связана с компоновкой, т.е. размещением элементов по модулям различного уровня конструктивной иерархии.

Трудоемкость электромонтажных работ составляет до 50 и более процентов трудоемкости изготовления изделий ЭВС, а электрические соединения занимают от 3 до 15 % физического объема изделий.

Конструкции электрических соединений во многом определяют надежность функционирования и другие показатели качества ЭВС. Задержка, затухания и искажения сигналов, перекрестные помехи в электрических цепях могут снизить технические характеристики быстродействия и даже нарушить нормальное функционирование ЭВС. Электромонтаж определяет и экономические показатели изделия, поскольку длина соединений проводов в больших ЭВМ, например, может достигать нескольких десятков километров.

По этим причинам при разработке конструкций изделий ЭВС необходимо стремиться, чтобы как можно большее количество электрических соединений размещалось на низших конструктивных уровнях.

Задача конструктивно-технологической реализации электрических соединений между элементами и модулями ЭВС подразделяется на две части: межконтактные соединения (линии связи модулей) и контактирование (контактные соединения). Межконтактные соединения в конструкциях изделий ЭВС выполняются в основном двумя способами: с помощью печатных плат (печатный монтаж) и объемными проводами (кабелями, жгутами, свитыми парами проводов, одиночными проводами). Преимущество следует отдавать печатному монтажу.

Применяемые в конструкциях изделий ЭВС контактные соединения можно условно разделить на постоянные, полупостоянные и временные. Постоянные соединения не позволяют демонтировать из конструкции модули



без разрушения их выводов (например, сварные соединения); в полупостоянных соединениях (паяных либо полученных накруткой и т.п.) разрушения выводов при демонтаже не происходит, однако для демонтажа модулей требуются специальные инструменты. К временным контактным соединениям относятся соединения, получаемые с помощью разъемных соединителей, розеток и т.п.

В данном подразделе необходимо основное внимание уделить выбору и обоснованию структуры и конструкции элементов электрического соединения и средств сопряжения.

В частности, должны быть выбраны способы обеспечения электрических соединений, марки припоев, марки флюсов, кабели и монтажные провода, конкретные типы разъемных соединителей.

#### *Выбор и обоснование способов защиты конструкции изделия и разработка деталей несущих конструкций*

В этом подразделе необходимо обосновать и выбрать способы защиты конструкции изделия от внешних воздействий (климатических, механических, радиационных и др.) и дестабилизирующих факторов, разработать конструкции оригинальных деталей несущих конструкций. Особое внимание должно быть уделено способу защиты изделия в целом, его составных сборочных единиц и деталей, обеспечению их тепловой, электромагнитной и механической совместимости, обоснованному применению полной или частичной герметизации, локальной или общей амортизации, конструкций экранов и т.п.

Здесь же должны быть детально проработаны следующие *вопросы*:

- выбор структуры и конструкции сборочных единиц и деталей несущих конструкций и вспомогательных деталей (технологический вариант исполнения, вид разъемных и неразъемных механических соединений и др.);
- выбор элементов фиксации и крепления (способы крепления отдельных узлов изделия, конструкции отдельных элементов – направляющих, фиксаторов, панелей, кронштейнов и др.);
- выбор и обоснование применяемых конструкционных материалов и покрытий.

Разработку деталей несущих конструкций, выбор конструкционных материалов необходимо вести системно, с учетом технологичности конструкций, типа производства, программы выпуска и т.п., сопровождать это расчетами. Все конструкции прорабатываются на эскизном уровне в пояснительной записке, на одну из деталей оформляется чертеж детали.

#### *Разработка внешнего оформления конструкции, описание разработанной конструкции и оценка ее качества*

В данном подразделе необходимо привести описание окончательного варианта решения конструкции изделия, соответствующее его сборочному

чертежу. Описание конструкции должно содержать уточненные конструктивные и технологические особенности изделия, сведения о видах внутренней компоновки, компоновки передней панели, расположении органов управления, индикации, контроля, регулировок, внешней коммутации и т.п., сопровождаться общими конструктивными видами изделия в целом и его отдельных частей, а также выполнением эскизов.

В этом подразделе должны быть определены основные показатели качества разрабатываемого изделия и их соответствие техническому заданию: назначение; конструкторско-технологические параметры; компоновочные, ремонтпригодности и др.; унификации и стандартизации; эргономические; транспортируемости; экономические и т.п.

### **3.2.8 Конструкторские расчеты**

В данном разделе приводятся расчеты, необходимые для обоснования конструкторских решений, принятых в предыдущих разделах. Особое внимание должно быть уделено обоснованию и выбору сделанных расчетов. Например, при отсутствии внешних механических воздействий нет необходимости выполнять расчеты вибро- или ударопрочности.

Объем и содержание расчетной части согласуется с преподавателем – руководителем курсового проекта. Целесообразно применение типовых конструкторских расчетов. Должно быть выполнено не менее 5-6 конструкторских расчетов, причем 3-4 расчета – с применением ЭВМ или САПР.

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

В первую очередь необходимо выполнять расчеты, относящиеся ко всему изделию в целом. Вместе с тем часто возникает необходимость в детальной конструктивной проработке 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 знать, при каких условиях и данных расчета та или иная методика применима, какие ограничения действуют, как правильно документируются и оформляются расчеты.

Необходимо провести анализ полученных результатов при расчете и показать, где эти результаты применены в конструкторской документации (чертежах, выборе решений и т.п.).

Можно рекомендовать следующие виды выполняемых в курсовом проекте расчетов:

- расчеты компоновочных параметров изделия и размещения основных составных частей [3, 2, 7];
- расчеты надежности устройства [1, 4, 7];
- расчет теплового режима устройства [1–4, 6, 20, 31];
- магнитные и электромагнитные расчеты, паразитных связей и электрических соединений [1, 2, 11, 19];
- конструктивные и электрические расчеты печатных плат [1, 3, 6, 17, 32];
- расчеты механических характеристик ударо- и вибропрочности [7, 23, 28, 34];
- расчеты технологичности конструкций [15] и др.

### **3.2.9 Выводы и заключение**

Этот раздел должен содержать выводы и оценку результатов работы с точки зрения соответствия требованиям технического задания. Кроме того, здесь необходимо указать, на чем закончена работа, наметить цели и пути дальнейшего совершенствования конструкции.

### **3.2.10 Литература**

В разделе приводится перечень книг, статей, учебных и методических пособий, нормативно-технических документов, на которые сделаны ссылки в пояснительной записке.

## **4 УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **4.1 Оформление пояснительной записки**

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

Пояснительная записка к курсовому проекту должна быть напечатана на одной стороне листа писчей бумаги формата А4 шрифтом Times New Roman 12 пт (межстрочный интервал – полуторный) или написана от руки. Размеры полей: левое – 25, правое – 10, верхнее – 15, нижнее – 20 мм. Каждый раздел записки необходимо начинать с новой страницы. Описки и другие неточности, обнаруженные в процессе оформления текстовой части, допускается исправлять аккуратной подчисткой. Пояснительная записка должна содержать титульный лист. Форма и содержание титульного листа регламентируются СТП-12-01.

В начале пояснительной записки помещается содержание, включающее наименование разделов и подразделов с указанием номеров страниц, на которых они начинаются.

Пояснительную записку к курсовому проекту следует разделять на разделы и подразделы. Разделы нумеруются по порядку в пределах всей записки. Нумерация производится арабскими цифрами без точки. Подразделы нумеруются в пределах каждого раздела. При этом номер состоит из двух цифр, разделенных точкой, например: **5.1 Первый подраздел пятого раздела.**

Наименования 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, например: **2 РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ**

### **2.1 Общие сведения**

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

Терминология, используемая в пояснительной записке, должна быть единой и соответствовать стандартам, а 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 производить общепринятые и понятные сокращения: ЭВМ, САПР, т.е., т.д., сокращения, установленные ГОСТ 2.316–68 ЕСКД «Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц».

Применяемые в записке условные буквенные сокращения механических, физических, математических и других величин должны соответствовать установленным стандартам. Расшифровка символов, входящих в формулу, производится непосредственно под формулой. Значение каждого символа приводят с новой строки в той 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, которая производится арабскими цифрами с правой стороны страницы в круглых скобках. Номер для многострочной формулы ставится напротив последней ее строки.

Например, плотность материала плиты  $r$  вычисляют по формуле

$$r = \frac{m}{V}, \quad (3)$$

где  $m$  – масса платы, кг;  
 $V$  – объем образца, м<sup>3</sup>.

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

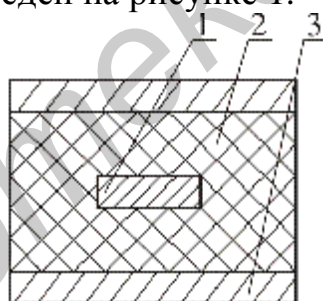
Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации, за исключением приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он также нумеруется.

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

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.

При необходимости иллюстрации могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных.

Если на иллюстрации изображены составные части изделия, то на ней должны быть указаны номера позиций этих составных частей, которые располагают в возрастающем порядке по часовой стрелке (за исключением повторяющихся позиций), а для электрорадиоэлементов – позиционные обозначения, установленные в схеме данного изделия. Пример выполнения рисунка изделия, имеющего составные части, и оформления нумерации и подрисуночной надписи 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 2.105–95.

Цифровой материал для наглядности и удобства сравнения показателей излагают в таблицах. Название таблицы, если оно необходимо, должно отражать ее содержание, быть точным и кратким и его следует помещать над таблицей.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают после первой ссылки на нее на той же странице или на следующей странице, а при необходимости – в приложении к документу.

При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы.

Допускается помещать таблицу с поворотом листа на 90°.

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

Пример оформления и составные части таблицы приведены на рисунке 2.

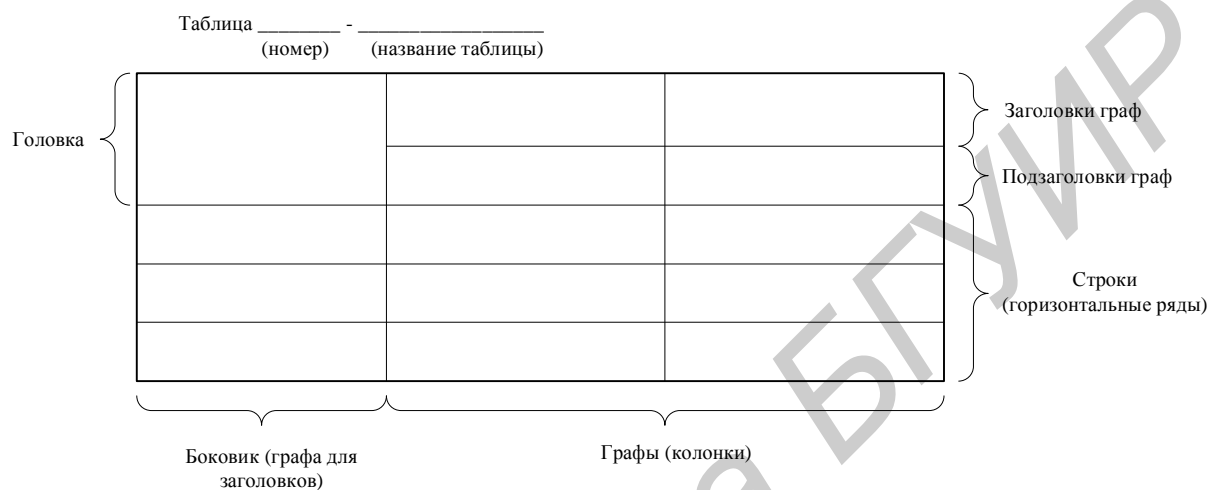


Рисунок 2 – Пример оформления таблицы

Таблицы нумеруются 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.

На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово «таблица» полностью, с указанием номера.

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

Таблицы ограничивают линиями слева, справа и снизу. 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 пользования таблицей.

Заголовки граф записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

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

В конце пояснительной записки приводится список использованной литературы. Выполнение списка и ссылки на него в тексте осуществляются по ГОСТ 7.32–91. Список литературы включают в содержание документа.

Например:

1. Пикуль, М. И. и др. Конструирование и технология производства ЭВМ: учебник / М. И. Пикуль, И. М. Русак, Н. А. Цырельчук. – Мн. : Вышэйш. школа, 1996. – 263 с.
2. Жданович, В. М. и др. Технические средства ЭВМ. Элементная и конструктивная база: справоч. пособие / В. М. Жданович, В. П. Луговский, И. М. Русак. – Мн. : Вышэйш. школа, 1991. – 637 с.
3. Русак, И. М., Луговский, В. П. Технические средства ПЭВМ : справочник / Под ред. И. М. Русака. – Мн. : Вышэйш. школа, 1996. – 437 с.

При обращении к тому или иному литературному источнику в тексте пояснительной записки делаются ссылки в соответствии с приложенным списком литературы.

Пример: «Например, в [2] сделан вывод использованной формулы».

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

## **4.2 Оформление графической части проекта**

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

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

Графическую документацию курсового проекта допускается выполнять автоматизированным способом, на печатающих устройствах и графопостроителях, или вручную, черной тушью или карандашом. Толщина линий должна быть одинаковой для всех изображений. Все надписи должны выполняться 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 2.104–68. Вся графическая документация к курсовому проекту подразделяется на три вида:

- чертежи деталей;
- сборочные чертежи;
- схемы.

Основные требования к выполнению чертежей на различные виды изделий регламентирует ГОСТ 2.109–73. Согласно требованиям данного стандарта, 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; указываются марка и сортament 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 они указываются в технических требованиях, излагаемых на поле чертежа. Следует отметить, что все чертежи деталей содержат технические требования, правила изложения которых регламентирует ГОСТ 2.316–68.

Одной из наиболее распространенных деталей, на которую приходится разрабатывать конструкторскую документацию в процессе выполнения курсового проекта, является двухсторонняя печатная плата. Изложенные выше требования к чертежам деталей распространяются на оформление чертежей двухсторонних печатных плат. Специфику оформления чертежей печатных плат более полно учитывает ГОСТ 2.417. Согласно названному стандарту, размеры на чертеже печатной платы задаются одним из следующих способов:

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

Если размеры и конфигурация рисунка печатной платы оговорены в технических требованиях чертежа, то допускается элементы печатных плат изображать условно. Первым пунктом в технических требованиях, излагаемых на поле чертежа платы, указывается способ ее изготовления. Остальные требования излагаются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.316–68.

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



Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы;
- размеры и предельные отклонения, которые должны быть проконтролированы 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 курсовом проекте можно выполнять с упрощениями, установленными ГОСТ 2.109–73 и ГОСТ 2.305. Сборочные чертежи должны содержать технические требования, которые следует излагать на поле чертежа.

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

Спецификацию на сборочные единицы следует составлять на листах формата А4, для каждой сборочной единицы в отдельности, и подшивать в виде приложений к пояснительной записке. Форму спецификации и порядок ее заполнения регламентирует ГОСТ 2.108. В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям.

Разделы спецификации располагают в такой последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты. Наименование каждого раздела следует подчеркивать.

К графической части курсового проекта относятся и чертежи схем. В зависимости от основного назначения, схемы подразделяются на структурные, функциональные, принципиальные, соединения, подключения, расположения. В курсовом проекте чаще всего приходится оформлять чертежи электрических принципиальных схем. При оформлении таких чертежей следует руководствоваться соответствующими стандартами. Основные правила выполнения чертежей электрических схем, единые для всех видов изделий, в том числе для изделий вычислительной техники, регламентируются ГОСТ 2.702, а ГОСТ 2.708 устанавливает правила выполнения чертежей электрических схем цифровой вычислительной техники. Условные графические обозначения двоичных логических элементов регламентируются ГОСТ 2.743, а условные графические обозначения резисторов и конденсаторов – ГОСТ 2.728. При оформлении чертежей схем следует обращать особое внимание на правильность буквенно-цифровых обозначений в электрических схемах. Такие обозначения регламентирует ГОСТ 2.710.

### 4.3 Общие указания по выполнению расчетов

Особое внимание должно быть уделено правильному оформлению расчетов. Расчет – один из видов конструкторских документов, предусмотренных ЕСКД, содержащий расчеты параметров и величин: расчет размерных цепей, тепловой расчет и т.д. Расчеты выполняются по формам 5 и 5А ГОСТ 2.301–68.

Расчеты должны содержать:

- эскиз и схему изделия;
- задачу расчета;
- данные для расчета;
- условия расчета;
- расчет;
- заключение.

При оформлении конструкторских расчетов при курсовом и дипломном проектировании кафедра ЭВС рекомендует учитывать следующее. Допускается не приводить эскиз или схему изделия, если выполнены соответствующие чертежи. В этом случае делается ссылка: «См. сборочный чертеж рассчитываемого изделия БГУИ.436616.012СБ и схему электрическую принципиальную БГУИ.436618.012Э3».

Следует уделить внимание обоснованию исходных данных для расчета и указанию, откуда эти данные получены (из ранее проведенных расчетов; из справочной, нормативно-технической – ГОСТ, ОСТ – и технической литературы; из чертежей и т.д.).

Например: «Плотность мощности, рассеиваемой в блоке  $q_{БЛ} = \frac{P}{V} = 30 \text{ Вт} / \text{дм}^3$  (см. лист 25); габаритные размеры втулки взяты из чертежа детали БГУИ.753691.008; диэлектрическая проницаемость стеклотекстолита  $\epsilon_{СТ} \approx 6$  [12]» и т.п.

При описании условий выполнения расчетов необходимо указать ограничения и допуски с учетом применимости методик расчета, оценить точность методик и получаемых результатов. При выполнении расчетов с помощью ЭВМ следует привести список идентификаторов и обозначений с указанием размерности величин.

Непосредственный расчет должен выполняться с подстановкой данных.

В заключении по расчету указывается, где используются результаты расчетов: для выполнения конкретных чертежей; для принятия необходимых технических решений; сравнения с базовыми величинами; выполнения других расчетов и т.д.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Куземин, А. Я. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА. – М. : Радио и связь, 1985. – 280 с.
2. Преснухин, Л. Н., Шахнов, В. А. Конструирование ЭВМ и систем. – М. : Высш. школа, 1986. – 512 с.
3. Шерстнев, В. В. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА. – М. : Радио и связь, 1984. – 272 с.
4. Савельев, А. Я., Овчинников, В. А. Конструирование ЭВМ и систем. – М. : Высш. школа, 1989. – 248 с.
5. Жданович, В. М., Луговский, В. П., Русак, И. М. Технические средства ЭВМ. Элементная и конструктивная база. – Мн. : Высш. школа, 1991. – 637 с.
6. Гель, П. П., Иванов-Есипович, Н. К. Конструирование и микроминиатюризация РЭА. – Л. : Энергоиздат, 1984. – 536 с.
7. Несущие конструкции РЭА / Под ред. П. И. Овсищера. – М. : Радио и связь, 1988. – 232 с.
8. Савельев, М. В. Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ : учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. школа, 2001. – 319 с.
9. Пикуль, М. И., Русак, И. М., Цырельчук, Н. А. Конструирование и технология производства ЭВМ: учебник. – Мн. : Вышэйш. школа, 1996. – 263 с.
10. Романов, Ф. И., Шахнов, В. А. Конструкционные системы микро- и персональных ЭВМ. – М. : Высш. школа, 1991. – 272 с.
11. Князев, А. Д. и др. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. – М.: Радио и связь, 1989. – 224 с.
12. Микроэлектронная аппаратура на бескорпусных ИМС / Под ред. И. Н. Вожегина. – М. : Радио и связь, 1985. – 264 с.
13. Гуськов, Г. Я. и др. Монтаж микроэлектронной аппаратуры. – М. : Радио и связь, 1986. – 176 с.
14. Пронин, Е. Г., Шохат, В. С. Проектирование технических средств ЭВА. – М.: Радио и связь, 1986. – 192 с.
15. Компоновка и конструкции микроэлектронной аппаратуры / Под ред. Б. Ф. Высоцкого. – М. : Радио и связь, 1984. – 208 с.
16. Русак, И. М., Луговский, В. П. Технические средства ПЭВМ: Справочник / Под. ред. И. М. Русака. – Мн. : Вышэйш. школа, 1996. – 504 с.
17. Русак, И. М. Конструирование и расчет печатных плат: учеб. пособие по курсу «Конструирование ЭВС». – Мн. : МРТИ, 1993. – 34 с.
18. Конструирование аппаратуры на БИС и СБИС / Под ред. Б. Ф. Высоцкого. – М. : Радио и связь, 1989.
19. Валин, М. Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. – М. : Радио и связь, 1981. – 296 с.
20. Дульнев, Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. – М. : Высш. школа, 1984. – 247 с.

21. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА / Романычева, Э. Т. и др. – М. : Радио и связь, 1989. – 256 с.
22. 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.
23. Справочник конструктора РЭА: общие принципы конструирования / Под ред. Р. Г. Варламова. – М. : Сов. радио, 1980. – 480 с.
24. Поляков, К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. – М. : Радио и связь, 1982. – 240 с.
25. Русак, И. М., Станкевич, А. В. Автоматизированное проектирование печатных узлов ЭВС: учеб. пособие. – Мн. : БГУИР, 2005. – 52 с.
26. Заплетохин, В. А. Конструирование деталей механических устройств: справочник. – Л.: Машиностроение, 1990. – 669 с.
27. Гжиров, Р. И. Краткий справочник конструктора. – Л. : Машиностроение, 1984. – 464 с.
28. Токарев, М. Ф. и др. Механические воздействия и защита РЭА / Под ред. В. А. Фролова. – М. : Радио и связь, 1984. – 224 с.
29. Испытания радиоэлектронной аппаратуры и испытательное оборудование / Глудкин, О. П. и др. – М. : Радио и связь, 1987. – 272 с.
30. Соломахо, В. Л., Томилин, Р. И., Цитович, Б. В. и др. Справочник конструктора-приборостроителя. – Мн. : Вышэйш. школа, 1988. – 272 с.
31. Роткоп, Л. Л., Спокойный, Ю. Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании РЭА. – М. : Радио и связь, 1986. – 496 с.
32. Применение ИМС в ЭВТ / Под ред. Б. Н. Файзулаева, Б. В. Тарабрина. – М. : Радио и связь, 1986. – 384 с.
33. Ненашев, А. П. Конструирование радиоэлектронных средств. – М. : Высш. школа, 1990.– 432 с.
34. Каленкович, Н. И. и др. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств. – Мн. : Вышэйш. школа, 1989. – 244 с.
35. ГОСТ 2.105. Межгосударственный стандарт ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Мн., 1999.
36. ГОСТ 2.109 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
37. ГОСТ 2417 ЕСКД. Правила выполнения чертежей печатных плат.
38. ГОСТ 2.708 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
39. ГОСТ 22732 ЕСКД. Методы оценки качества промышленной продукции.
40. ГОСТ 2.116. Карта технического уровня и качества продукции.
41. ОСТ 4ГО.010.009. Узлы и блоки ЭА на микросхемах. Конструирование.
42. ГОСТ 23752 ЕСКД. Платы печатные. Общие технические условия.
43. ГОСТ 23751 ЕСКД. Платы печатные.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....	3
2 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ .....	4
2.1 Тематика курсового проектирования .....	4
2.2 Задание на курсовое проектирование и исходные данные.....	4
2.3 Содержание и объем курсового проекта .....	6
2.4 Организация курсового проектирования и защита проекта.....	6
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	7
3.1 Общие указания .....	7
3.2 Требования к построению и содержанию пояснительной записки .....	8
3.2.1 Введение.....	8
3.2.2 Разработка развернутого технического задания и формулирование дополнительных частных требований к конструкции .....	8
3.2.3 Обзор аналогичных разработок и анализ технического уровня разрабатываемой конструкции.....	10
3.2.4 Анализ требований технического задания .....	11
3.2.5 Разработка конструкции изделия и его составных частей .....	11
3.2.6 Выбор и обоснование применяемой элементной базы.....	13
3.2.7 Разработка конструкций модулей различных иерархических уровней .....	14
3.2.8 Конструкторские расчеты .....	18
3.2.9 Выводы и заключение .....	19
3.2.10 Литература .....	19
4 УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	19
4.1 Оформление пояснительной записки .....	19
4.2 Оформление графической части проекта.....	23
4.3 Общие указания по выполнению расчетов .....	26
ЛИТЕРАТУРА.....	27

Учебное издание

**Русак Иван Михайлович**  
**Луговский Владимир Петрович**  
**Станкевич Андрей Владимирович**

***КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ  
И ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ***

Учебно-методическое пособие

по курсовому проектированию для студентов специальности  
«Электронные вычислительные средства»  
дневной формы обучения

Редактор С. Б. Саченко  
Корректор М. В. Тезина

---

Подписано в печать  
Гарнитура «Таймс».  
Уч.-изд. л. 1,8.

Формат 60x84 1/16.  
Печать ризографическая.  
Тираж 200 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л.  
Заказ 194.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6