

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

КОНСТРУИРОВАНИЕ РЭА

Методические указания к дипломному
проектированию

КУЙБЫШЕВ 1987 -

УДК 621.396.6

Методические указания предназначены для студентов-дипломников специальности 0705. В них изложены цель, тематика и содержание дипломных проектов конструкторского профиля, требования к оформлению и рекомендации по выполнению отдельных разделов проекта.

Методические указания ориентируют студентов на системный подход к разработке КЭА, поиск и принятие оптимальных решений на всех этапах проектирования с позиций комплексной миниатюризации, широкое использование стандартных и унифицированных изделий, типовых технологических процессов, на применение микропроцессоров, на использование ЭВМ в процессе конструирования.

Составители:

А. В. Зеленский

П. Е. Молотов

Г. В. Уваров

А. Н. Чашарев

I. ЦЕЛИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Дипломное проектирование является завершающей стадией подготовки инженеров по специальности "Конструирование и производство радиоэлектронной аппаратуры (РЭА)".

Основными целями дипломного проектирования являются систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний по специальности, совершенствование и развитие навыков самостоятельного решения комплексных конструкторско-технологических и технико-экономических задач, возникающих при разработке надежной экономичной конструкции в технологии РЭА при системном подходе на базе широкого применения ЭВМ и систем автоматизированного проектирования и производства, обеспечивая при этом комплексную миниатюризацию и совместимость РЭА с объектом установки оператором.

2. ТЕМАТИКА ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

Формирование тем дипломного проекта ведется в основном по направлениям:

1. Модернизация и совершенствование освоенной производством РЭА для иных (как правило, более жестких) условий эксплуатации или с другой серийноспособностью.

2. Разработка принципиально новой РЭА.

3. Исследовательские проекты.

Объектом дипломного проекта конструкторского профиля являются конструкции РЭА III (частично), IV и V поколения. Предпочтительными для проектирования являются перспективные РЭА V поколения, в которых используются СВЧ, программируемая (гибкая, микропроцессорная) структура, устройства функциональной микроэлектроники, волоконно-оптические линии связи и т.п.

С точки зрения объекта размещения предпочтительной является бортовая РЭА (самолетная, ракетная, судовая и пр.).

В исследовательских дипломных проектах (работах) выполняются теоретические и экспериментальные исследования по методам проектирования, расчету и совершенствованию конструкций, направленных на повышение качества и эффективности РЭА. Такая тематика выдается ограниченному контингенту хорошо успевающих студентов, проявивших интерес к научной работе.

Темы и руководители дипломных проектов выбираются непосредственно самими студентами из числа предлагаемых выпускающей кафедрой или предприятиями, где проводится преддипломная практика. Допускается и самостоятельное формирование тем по материалам производственных и преддипломной практик, УИРС, НИРС, хозяйственных тем и т.п. по согласованию с выбранным руководителем

проекта.

Необходимо отметить, что формирование темы должно находиться в неразрывной связи с выявлением и анализом аналога (аналогов) РЭА (как правило, во время преддипломной практики) на предмет определения количественных конструктивных и технико-экономических характеристик, достоинств и недостатков. Аналог может быть указан и непосредственно руководителем проекта (при условии доступности к технической документации).

Объем и содержание всех разделов дипломного проекта окончательно определяет руководитель проекта, после чего оформляется задание на дипломное проектирование (техническое задание ТЗ), которое к концу преддипломной практики утверждается заведующим выпускающей кафедры.

Темы, объем и содержание исследовательских проектов (работ) в каждом конкретном случае определяются руководителем проекта и утверждаются Советом факультета.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Работа над дипломным проектом регламентируется графиком, приводимым в задании на дипломное проектирование. Студент периодически отчитывается о проделанной работе, соблюдая последовательность и сроки выполнения этапов проекта. Для целенаправленной и ритмичной работы над проектом предусматриваются консультации руководителя проекта и консультантов по разделам проекта (конструкторскому, схемотехническому, технологическому, экономическому и по охране труда и технике безопасности). Основной контроль над работой студента осуществляет руководитель проекта, он же указывает направление и глубину проработки

конкретных вопросов и дает разрешение на выполнение последующих этапов работы. Инициатива по предложению вариантов и выбору окончательного решения той или иной задачи должна принадлежать студенту. Руководитель проекта и консультанты обязаны лишь предостеречь студента от грубых ошибок в решении вопроса. Контроль руководителя и консультантов не освобождает студента от полной ответственности за правильность выполнения проекта в целом и частных решений.

По окончании проектирования руководитель проекта проводит его просмотр и нормоконтроль по СТП КуАИ 6.1-86, подписывает все документы и представляет развернутый отзыв с оценкой научно-технического уровня проекта и уровня активности и самостоятельности студента-дипломника.

Законченный дипломный проект, оформленный подписями руководителя и всех консультантов направляется рецензенту, назначенному в соответствии с профилем проекта из числа высококвалифицированных специалистов.

С целью определения готовности дипломного проекта на выпускающей кафедре проводится его предзащита в соответствии с графиком и назначается день защиты.

Защита студентами их проектов проводится на заседании Государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) и заключается в докладе в течении 10-15 минут, оглашении отзыва руководителя и рецензии, ответах на вопросы членов комиссии, рецензента и всех желающих.

Решения ГЭК оглашаются в конце дня ее работы и успешно защитившимся студентам вручаются дипломы.

Материалы дипломных проектов необходимо сдать на кафедру в день защиты.

4. СОДЕРЖАНИЕ И ЭТАПЫ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В процессе выполнения дипломного проекта в соответствии с электрической принципиальной схемой и ТЗ разрабатывается конструкция РЭА с использованием методов автоматизированного проектирования и решаются некоторые вопросы технологии изготовления и контроля РЭА в условиях гибкого автоматизированного производства. Все конструкторские и технологические решения отражаются в соответствующих конструкторских, технологических и других документах.

Разработка конструкции есть процесс синтеза на основе анализа исходных данных, который всегда сопровождается анализом (оценкой) по некоторым критериям получаемых результатов для внесения корректировки в синтез, т.е. протекает многократная шаговая процедура приближения к решению по схеме анализ-синтез-анализ. Именно такая методология поиска оптимального решения и рекомендуется при выполнении всех этапов дипломного проектирования.

В своей работе студент должен руководствоваться следующим. При выборе решения той или иной задачи отдавать предпочтение стандартным, т.е. в первую очередь руководствоваться государственными стандартами (ГОСТами), при невозможности их использования — отраслевыми (ОСТами). И только в технически обоснованных случаях осуществлять оригинальные решения.

Необходимо отметить, что в практической работе должны использоваться только действующие стандарты. Ссылки на стандарты в документах дипломного проекта допускается делать только после изучения и анализа их на предмет возможности обоснованного

применения. Использование устаревших и изъятых из использования стандартов не допускается.

Ниже приведена типовая последовательность выполнения этапов дипломного проектирования, которая в случае технической необходимости может быть изменена. Примерно в такой же последовательности строится структура одного из основных документов дипломного проекта – пояснительной записки.

4.1. Техническое задание

Техническое задание – основание для проектирования РЭА. В нем определяются:

- а) назначение и область применения РЭА;
- б) схема электрическая принципиальная;
- в) характер функционирования, требуемые энергоинформационные характеристики;
- г) условия эксплуатации;
- д) требования к конструкции (наджность, ремонтпригодность, масса, габариты, тепловые режимы и др.);
- е) технологические требования к конструкции;
- ж) технико-экономические характеристики (стоимость, технологичность, степень стандартизации и унификации, сроки морального старения);
- з) организационно-производственные факторы (размер партии, серийноспособность и др.);
- и) наличие и уровень элементной базы.

Если в ТЗ нет явной информации о каких-либо факторах, требующих^{ся} для принятия решений, ими необходимо задаться на основе литературных источников по согласованию с руководителем

проекта.

На основе анализа ТЗ и аналога необходимо наметить стадии разработки РЭА и их объемы. Разработка комплексов высших уровней, в которые проектируемая РЭА входит как составная часть, обычно завершается на уровне технического предложения, разработка комплекса РЭА блока или блоков вместе с периферийными устройствами – на уровне эскизного или технического проекта, блока РЭА, функциональных ячеек, периферийных устройств и деталей – на уровне разработки рабочей документации, позволяющей организовать их изготовление и контроль.

4.2. Электрические расчеты

При дипломном проектировании электрические расчеты проводятся для обоснования принятия некоторых решений, например, для:

- а) определения тепловыделения отдельными элементами (ЭРЭ);
- б) обоснования выбора типов ЭРЭ;
- в) обоснования необходимой функциональной точности параметров элементов конструкции (форма, размеры, допуски и т.п.), ЭРЭ и узлов, определяющих точность и стабильность параметров всей РЭА;
- г) для расчета вторичных источников питания, когда обеспечение функциональных параметров проектируемой РЭА выдвигает жесткие требования к стабильности и качеству питающих напряжений.

Электрические расчеты излагаются в тех разделах ПЗ, где они являются обоснованием принятия решений. Они должны содержать обоснование необходимости проведения того или иного

электрического расчета, изложение цели и самого расчета, анализ полученных результатов и формирование требований к реализации результатов расчета.

По результатам электрического расчета при необходимости проводится корректировка электрической принципиальной схемы, которая и будет являться основанием для последующих этапов проектирования.

Электрическую принципиальную схему РЭА необходимо выполнить в виде конструкторского документа (КД) в полном соответствии требованиям ГОСТ 2.702-75. При необходимости в виде КД выполняются временные диаграммы, графики, структурная и (или) функциональная схемы. В ПЗ необходимо предусмотреть описания этих схем и вытекающих из них специфических требований к конструктивному исполнению РЭА.

4.2. Общая компоновка РЭА

Сокращение сроков разработки и применение наиболее производительных и экономичных методов изготовления обеспечивает модульное построение (компоновка) РЭА, которое и должно быть реализовано в проектируемой РЭА. Оптимальный вариант разбиения РЭА на конструктивно-технологические единицы от низшего до высшего уровней выбирается из числа возможных (не менее 2-х) стандартных (предпочтительно) или оригинальных (при наличии аргументированного обоснования) вариантов компоновки по критериям, в число которых должны входить конструкторские, технологические, экономические и др. Чем тщательнее назначены критерии, тем объективней будет выбор (оптимизация) компоновки. При этом, конечно, разбиение РЭА на составные части должно

соответствовать расчленению электрической принципиальной схемы и специфичным требованиям со стороны устройства более высокого конструктивного уровня (если оно есть), в которое проектируемая РЭА входит как составная часть. Рекомендации и методики обоснования по выбору общей компоновки можно найти в [2,3,5,9,20] .

В завершении этого этапа необходимо:

а) оценить выполнимость требований ТЗ в отношении габаритов и массы разрабатываемой конструкции и составных частей и наметить пути их рационального уменьшения [15] ;

б) оценить удельную мощность РЭА и решить вопрос о необходимости охлаждения [1,3,5] ;

в) определить необходимость герметизации РЭА или ее частей [4,5] ;

г) предварительно установить необходимость амортизации РЭА или ее частей [1,5,8,20] ;

д) обосновать возможность сборки и контроля РЭА и ее основных частей независимо и параллельно, обеспечения необходимой взаимозаменяемости сборочных единиц и деталей, возможность применения стандартизованных методов выполнения и контроля РЭА [5] ;

е) определить предварительно конструктивное исполнение периферийных частей РЭА (датчиков, исполнительных устройств и т.п.) и характер их соединения;

ж) наметить пути обеспечения удобства эксплуатации, технического обслуживания, требований эргономики и эстетики и т.п. [5,20] .

Материалы данного этапа, завершаемого на уровне эскизного или технического проекта, излагаются : ПЗ с обязательным

осведением логики принятия решения (желательно и с графическим ее изображением в виде структурной схемы). Кроме этого выполняется ряд графических КД, отражающих общую компоновку РЭА:

а) чертеж общего вида (ГОСТ 2.118-73) и (или) структурная схема (ГОСТ 2.702-75) комплекса, в который проектируемая РЭА входит как составная часть;

б) чертеж общего вида (ГОСТ 2.119-73) и схема деления проектируемой РЭА на конструкторско-технологические единицы (ГОСТ 2.711-82).

Все указанные КД должны содержать информацию, необходимую для понимания общего конструктивного исполнения РЭА, взаимодействия (входимости) ее составных частей и принципа работы. Описания чертежей общего вида и схем приводятся в ПЗ. На этом этапе целесообразно присвоить всем сборочным единицам и деталям и соответствующим им КД обозначения по ГОСТ 2.201-80 и классификатору ЕСКД.

4.3. Обоснование компоновки РЭА по тепловому режиму

Для обоснования РЭА по тепловому режиму необходимо расчетным путем показать, что температура отдельных ЭРЭ (в первую очередь теплонагруженных и наименее температуростойких) и температура нагретых зон не превысят предельно допустимых при выбранном способе охлаждения. Наиболее распространенными методами расчета теплового режима являются методы с использованием модели конструкции РЭА с нагретой зоной [1, 3, 20, 21].

На основе этих расчетов необходимо сформулировать и включить в ПЗ определенные конструктивные требования к деталям и узлам (в том числе и системы охлаждения), обеспечивающим необходимый тепловой режим, с условием их выполнения при последующих этапах проектирования (например, размеры, свойства материалов, степень черноты поверхности теплоотводящих деталей и т.п.).

4.1. Обоснование конструкции РЭА по устойчивости к механическим воздействиям

Конструкция РЭА должна обеспечивать работоспособность с заданной надежностью при различных механических воздействиях, оговоренных в ТЗ. Расчеты на устойчивость к механическим воздействиям в первую очередь подлежат конструкциям бортовой РЭА и РЭА, эксплуатируемой в полевых условиях. Применительно к РЭА лабораторного типа расчет производится для условий транспортировки. При расчете необходимо определить собственные частоты элементов конструкции, сравнить их с диапазоном частот механических воздействий, определить максимальные механические перегрузки и сделать окончательные выводы об использовании амортизации. Если амортизация необходима, то проводят обоснованный выбор и расстановку амортизаторов. Кроме этого формируются требования к прочности и жесткости элементов конструкции и решаются другие конструктивные вопросы, связанные с амортизацией.

Теория и инженерные методики расчета конструкций РЭА на устойчивость к механическим воздействиям изложены в [1,8,20].

4.5. Обоснование конструкции РЭА по электромагнитной совместимости

Для обеспечения электромагнитной совместимости необходимо произвести расчеты с обоснованием требований на компоновку и монтаж конструкции, на элементы экранирования, при выполнении которых параметры паразитных сигналов (помех и наводок) не превысят уровни помехоустойчивости. Эта проблема обеспечения помехоустойчивости является наиболее сложной при работе РЭА в диапазоне высоких и сверхвысоких частот, для такой РЭА расчет электромагнитной совместимости является обязательным. Методику расчета и рекомендации по вопросам электромагнитной совместимости можно найти в [3,7] .

4.6. Расчет надежности

В каждом дипломном проекте должна быть решена задача обеспечения надежности, оговоренной в ТЗ. На результаты решения этой задачи в сильной степени влияют реальные электрические и механические нагрузки на ЭРЭ и элементы конструкции, тепловые режимы, условия эксплуатации. Производится расчет количественных характеристик надежности и сравнение их с заданными предельными значениями и с характеристиками аналога. Количественными характеристиками надежности могут быть вероятность безотказной работы за заданное время эксплуатации, наработка на отказ, интенсивность отказов и т.д.

Основное внимание должно уделяться обоснованию применения различных конструктивных мер, способствующих повышению надежности РЭА.

Для выполнения расчета надежности рекомендуется воспользоваться методиками и справочными материалами, приведенными в [1,20] .

4.7. Конструирование блоков РЭА

Объектом конструирования (разработки рабочей документации) обычно является блок РЭА средней степени сложности в виде функционально и конструктивно законченной конструкции, обеспечивающей механическое и электрическое объединение составных частей, обычно выполняемых в виде функциональных ячеек.

Для рационального конструирования необходимо учесть по возможности все функциональные, конструктивные и технологические требования ТЗ и расчетов по обоснованию компоновки. Методы обоснования и проведения конструирования блоков РЭА с позиций комплексной миниатюризации можно найти в [2,3,5,9,20] .

Конструирование рекомендуется проводить начиная с эскизной проработки конструкции блока, выполняя эскиз на миллиметровой бумаге с ориентировкой на выполнение в последующем сборочного чертежа. Если используются стандарты, регламентирующие габаритные и присоединительные размеры и другие параметры (например, для самолетной РЭА), выполнение их требований обязательно.

Конструирование блоков в общем случае состоит из следующих этапов: окончательное определение формы блока и несущих конструкций, исходя из компоновки и конструкторских расчетов; выбор средств электрического соединения;

расчленение блока РЭА на основные конструктивно-технологические части (как на сборочные единицы, так и в конечном счете на детали); определение формы деталей и их соединений в конструкции; обоснованный выбор материалов, заготовок, покрытий, термообработок и т.п.; назначение обоснованных расчетами размеров и допусков; формирование требований к точности формы и расположения деталей; поверочные расчеты на прочность, жесткость и точность; оценка технологичности и уровня стандартизации.

Для блока РЭА выполняют основной КД на сборочную единицу — спецификацию (ГОСТ 2.108-68), сборочный чертеж и рабочие чертежи нескольких характерных деталей (ГОСТ 2.109-73). Выполнять несколько рабочих чертежей на однотипные детали и чертежи на простые детали (втулки, шайбы, т.п.) не рекомендуется. При необходимости выполняются КД для проведения электрического монтажа (ГОСТ 2.413-72).

Все этапы конструирования блока РЭА освещаются в ПЗ, там же приводятся описание конструкции по сборочному чертежу, конструкторские расчеты и обоснования конструктивных решений, описания деталей (обязательно для всех тех, на которые выполнены рабочие чертежи).

В заключение должны быть сформулированы требования к устройствам более низкого конструктивного уровня (функциональным ячейкам).

4.8. Конструирование функциональных ячеек РЭА

В процессе конструирования функциональных ячеек (модулей), исходя из условий входимости в блок РЭА, максимально достигнутого уровня нормализации и стандартизации необходимо:

- а) разработать несущие конструкции ячеек;
- б) выбрать (обоснованно) элементы крепления, контроля, фиксации и т.п.;
- в) выбрать элементы электрического соединения;
- г) обеспечить нормальные тепловые режимы;
- д) разработать средства защиты от механических воздействий и т.д.

Типовые конструкции функциональных ячеек РЭА третьего и четвертого поколений и методы их конструирования достаточно полно освещены в [2,3,5,9,20] .

При конструировании функциональных ячеек рекомендуется как и при конструировании блоков, выполнять эскиз, на котором и прорабатываются варианты исполнения. Все материалы конструирования помещаются в ПЗ. На одну из ячеек как на сборочную единицу выполняются спецификация, сборочный чертеж, КД на электрический монтаж, также выполняются и рабочие чертежи на несколько деталей ячейки, описания конструкций которых необходимо привести в ПЗ (с обязательным обоснованием всех конструктивных решений).

4.9. Конструирование печатных плат

Конструирование ПП заключается в определении параметров элементов печатного монтажа и топологическом проектировании методом расчета и определения оптимальных размеров элементов печатного монтажа, приемлемых зазоров между ними, реальных допусков на изготовление [3,5,9] .

Топологическое проектирование является одним из наиболее трудоемких процессов, выполняемых конструктором РЭА, поэтому для сложных ПП необходимо применять систему автоматизированного проектирования (САПР) с возможным использованием и автоматизированных способов изготовления [5,6,10] .

Для одной из таких ПП выполняется спецификация, сборочный чертеж (как на сборочную единицу) и рабочий чертеж по ГОСТ 2.417-78. В случае применения САПР комплектность Кд устанавливается по ГОСТ 2.123-83.

Все материалы по конструированию ПП вводятся в ПЗ, в ПЗ также освещаются и вопросы применения САПР (тип ЭВМ, схема алгоритма, особенности подготовки данных и т.п.), разработанные оригинальные программы помещают в приложения к ПЗ.

4.10. Конструирование механических и электромеханических узлов РЭА

Механические и электромеханические узлы (механизмы) могут входить как непосредственно в блоки РЭА (органы точного управления), так и в периферийные устройства (датчики, антенны, исполнительные устройства и т.п.). Конструированию таких

устройств посвящена специальная литература, например, [18] . Следует отметить на необходимость согласования таких устройств с основной РЭА по эксплуатационным параметрам, сроку работы, надежности и т.п. Предпочтительно при конструировании использовать функционально-модульный принцип, в ПЗ приводятся соответствующие расчеты, обоснования и описания этих устройств в целом и деталей, входящих в них.

Графические КД в этом случае выполняются по общим требованиям стандартов ЕСКД, схемы кинематические по ГОСТ 2.703-68 с использованием условных обозначений по ГОСТ 2.770-68.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В технологической части проекта проводится решение задачи обоснованного выбора оптимального метода изготовления блока или одной из составных частей РЭА, которое заключается в :

а) анализе разработанного изделия с целью оценки технологичности конструкции в соответствии стандартам ЕСКД и Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) [11] ;

б) выборе с обоснованием схемы технологического процесса (ТП) изготовления, регулировки или контроля РЭА на основе типовых ТП;

в) разработке основных технологических документов (маршрутной карты, карты эскизов, операционной карты, схемы сборочного состава, технологической инструкции и др.) в соответствии требованиям стандартов ЕСТПП и единой системы технологических документов (ЕСТД) [16] .

Методика выполнения этих этапов и общие вопросы проектирования ТП изложены в [14,23] .

Расчеты и обоснования принятых технологических решений приводятся в технологическом разделе ПЗ, технологические документы комплектуются в отдельный альбом с титульным листом и подшиваются к ПЗ.

6. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТЕ

Материалы технико-экономического обоснования должны быть приведены в ввводной части ПЗ для подтверждения целесообразности разработки РЭА и потребности в нем народного хозяйства, в основной части ПЗ – технико-экономические обоснования выбора оптимальных конструктивных и технологических решений и объективная оценка эффективности этих решений по сравнению с выбранным аналогом РЭА.

Кроме этого в экономическом разделе ПЗ необходимо рассмотреть некоторые вопросы, указанные консультантом по организации производства, для решения которых рекомендуются [12,13,22] и другие методические материалы, рекомендованные консультантом.

Если по материалам экономической части необходимо выполнить графические документы, то они выполняются в виде плакатов.

7. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

В ПЗ дипломного проекта освещаются особые требования по охране труда и технике безопасности, обусловленные спецификой спроектированной РЭА, которые необходимо выполнять в процессе ее изготовления, контроля, регулировки и эксплуатации.

Конкретное задание по этому разделу выдается соответствующим

щей кафедрой. При выполнении используются методические материалы этой кафедры. Материалы по охране труда и технике безопасности включаются в состав ПЗ в виде отдельного раздела.

8. ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Обязательным требованием к дипломным проектам является использование в процессе проектирования РЭА средств вычислительной техники для решения различных конструкторских задач. Предпочтительным при этом является использование пакетов прикладных программ, разработанных для соответствующих тематик [6,10] .

При технической необходимости могут быть предусмотрены разработка обслуживающих программ для ЭВМ, предназначенных для работы совместно с проектируемой РЭА, или программирование микропроцессоров, используемых в проектируемой РЭА.

Методики использования ЭВМ и программирования излагаются в ПЗ, схемы алгоритмов и разработанные программы выполняются в виде документов, соответствующих стандартам Единой системы программных документов (ЕСПД) [19] и стандартам ЕСКД, и включаются в состав приложений к ПЗ.

9. ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Графические документы дипломного проекта выполняются на белой чертежной бумаге в карандаше. Формат листов А1 (841 x 594 мм), меньшие форматы рекомендуется сгруппировать так, чтобы получить формат А1. Количество таких листов - не

менее 8-ми (схема электрическая принципиальная в счет листов не входит). Конструкторские и технологические графические документы должны быть выполнены в полном соответствии требованиям стандартов ЕСКД и ЕСТД, на первых листах каждого из таких документов выполняется соответствующая основная надпись. Все графы основных надписей должны быть заполнены, документы подписаны студентом-дипломником в графе "Разраб." и руководителем проекта в графах "Проверил" и "Н.контр."

Документы в виде плакатов должны иметь тематический заголовок и подписи дипломника и руководителя проекта. Формат плакатов А1.

Текстовые документы проекта и графические, формата А1, брошюруются в папку и располагаются в следующем порядке:

1. Титульный лист дипломного проекта (альбома документов) с указанием наименования и обозначения проектируемой РЭА, подписями дипломника, руководителя проекта и консультантов от специальных кафедр. Титульный лист дипломного проекта является первым листом ведомости дипломного проекта и выполняется на типовом бланке.

2. Ведомость дипломного проекта – текстовый КД (шифр ДП) с перечнем всех входящих в дипломный проект документов, имеет разделы "Общая документация", "Документация по сборочным единицам" и "Документация по деталям". Требования к оформлению ведомости дипломного проекта соответствуют требованиям к ведомости эскизного или технического проектов, изложенным в стандартах ЕСКД.

3. Техническое задание в оригинале, утвержденное следующей выпускающей кафедрой.

4. Аннотация дипломного проекта объемом не более 1 листа с освещением поставленной задачи и кратким содержанием выполненной работы (ГОСТ 7.9-77).

5. Пояснительная записка с приложениями – текстовый Кд объемом не более 80 листов, выполняется на листах белой писчей бумаги формата А4. Текст и рисунки допускается выполнять чернилами черного, синего или фиолетового цвета. Титульный лист ПЗ допускается не выполнять, заглавный лист с основной надписью в этом случае становится первым в ПЗ. ПЗ в целом содержит следующее: содержание, введение, основная часть, список литературы, приложения. Общие требования к оформлению текстовых документов регламентированы ГОСТ 2.105-79, ГОСТ 2.106-68, основные требования можно найти в [17, 19].

6. Другие текстовые и графические документы проекта, имеющие формат А4 (спецификации, перечни элементов, таблицы, технологические документы и т.п.).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева В.В., Краснощекова Г.Ф. Расчет конструкции радиоэлектронной аппаратуры: Уч.пособие.-Куйбышев: КуАИ, 1984.
2. Базовый принцип конструирования РЭА / Под ред. Э.М.Парфенова. -М.: Радио и связь, 1981.
3. Верхопятницкий П.Д., Латинский В.С. Справочник по модульному конструированию радиоэлектронной аппаратуры. -М.: Судостроение, 1983.
4. Волков В.А. Сборка и герметизация микроэлектронных устройств. -М.: Радио и связь, 1982.

5. Гелль П.П., Иванов-Есипович Н.К. Конструирование и микро-миниатюризация радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. для вузов -Л.: Энергоатомиздат, 1981.
6. Деньдобренъко Б.Н., Малика А.С. Автоматизация конструирования РЭА: Учебн. для вузов. -М.: Высш.школа, 1980.
7. Иванов В.Л. Электромагнитная совместимость радиосэлектронных устройств. -М.: Сов.радио, 1983.
8. Карпушин В.Б. Вибрации и удары в радиоаппаратуре. -М.: Сов.радио, 1971.
9. Компоновка и конструкции микроэлектронной аппаратуры: Справочн е пособие/ Под ред. В.В.Высоцкого, В.Б.Пестрякова, О.А.Пятлина. -М.: Радио и связь, 1982.
10. Морозов К.К., Одинокоев В.Г., Курейчик В.М. Автоматизированное проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: Учебн. пособие для вузов. -М.: Радио и связь, 1983.
11. Оценка технологичности конструкций РЭА: Метод.указания /Сост. Б.Н.Березков, А.Д.Суслов. -Куйбышев: КуАИ, 1983.
12. Оценка экономической целесообразности повышения надежности и долговечности приборов: Метод.указания/ Сост. В.П.Гольянов. -Куйбышев: КуАИ, 1983.
13. Оценка экономической эффективности снижения массы радиоэлектронной аппаратуры: Метод.указания /Сост. В.Д.Гольянов, Е.М.Лавров. -Куйбышев: КуАИ, 1985.
14. Павловский В.В., Васильев В.И., Гутман Т.Н. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА: Учебн.пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1982.
15. Пименов А.И. Снижение массы конструкций радиоэлектронной аппаратуры. -М.: Радио и связь, 1981.

16. Правила оформления технологической документации: Метод. указания/ Сост. В.И.Бережной, Т.С.Калугина, Н.Г.Чернобровин. - Куйбышев: КуАИ, 1983.
17. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справ.пособие /Э.Т.Романьчева, А.К.Иванова, А.Э.Куликов, Т.П.Новикова. -М.: Радио и связь, 1984.
18. Рошин Г.И. Несущие конструкции и механизмы РЭА: Учебн. для вузов. -М.: Высш.школа, 1981.
19. Сапаров В.Е., Максимов Н.А. Системы стандартов в электро-связи и радиоэлектронике: Учеб.пособие для вузов. -М.: Радио и связь, 1985.
20. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования /Под ред. Р.Г.Варламова. -М.: Сов.радио, 1980.
21. Тепломассообмен в РЭА: Метод.указания /Сост. Г.Ф.Краснощекова. -Куйбышев: КуАИ, 1984.
22. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов и преддипломная практика; Метод.указания/Сост. В.П.Гольянов. -Куйбышев: КуАИ, 1980.
23. Технология РЭА: Метод.указания/Сост. Б.Н.Березков и др. -Куйбышев: КуАИ, 1987.

Подписано в печать 24.08.87. Формат 60x84/1/16.
Бумага оберточная белая. Оперативная печать. Усл.п.л. 1,2.
Уч.изд.л. 1,0 т. 100. Заказ № 391. Бесплатно.
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт имени академика С.П.Королева.
Участок оперативной полиграфии, КуАИ, г.Куйбышев,
ул.Ульяновская, 18