

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

КОНСТРУИРОВАНИЕ РЭС

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
к дипломному проектированию

Составители: А. В. Зеленский, П. Е. Молотов
Г. В. Уваров, А. Н. Чекмарев

УДК 621.396.6

Конструирование РЭС: Метод. указ. /А. В. Зеленский, П. Е. Молотов, Г. В. Уваров, А. Н. Чекмарев; Куйб. авиац. ин-т. Куйбышев, 1989. 18 с.

Методические указания предназначены для студентов-дипломников специальности 2303. 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 РЭС, 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.

Рецензенты: Б. Л. Штриков, А. Г. Саноян

ЦЕЛИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Дипломное проектирование является завершающей стадией подготовки инженеров по специальности «Конструирование и технология радиоэлектронных средств (РЭС)».

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 и технологии РЭС при системном подходе на базе широкого применения ЭВМ и систем автоматизированного проектирования и высокопроизводительного производства, обеспечивая при этом комплексную миниатюризацию и совместимость РЭС с объектом установки и оператором.

ТЕМАТИКА ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

По своей тематике дипломные проекты должны отражать специфику работы инженера-конструктора РЭС.

Формирование тем дипломного проекта ведется в основном по направлениям:

модернизация и совершенствование освоенной производством РЭС для иных (как правило, более жестких) условий эксплуатации или с другой серийноспособностью;

разработка принципиально новой РЭС;

исследовательские проекты.

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

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

В исследовательских дипломных проектах (работах) выполняются теоретические и экспериментальные исследования по мето-

дам проектирования, расчету и совершенствованию конструкций, направленных на повышение качества и эффективности РЭС. 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 самостоятельное формирование тем по материалам производственных и преддипломной практик, УИРС, ШИРС, хозяйственных тем и т. п. по соглашению с выбранным руководителем проекта.

Необходимо отметить, что формирование темы должно находиться в неразрывной связи с выявлением и анализом аналога (аналогов) РЭС (как правило, во время преддипломной практики) на предмет определения количественных конструктивных и технико-экономических характеристик, достоинств и недостатков. Анализ 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 кафедрой. Кроме указания темы проекта ТЗ должно содержать тактико-технические, экономические, производственные и другие требования к проектируемой РЭС (ГОСТ 15.001—73).

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

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Работа над дипломным проектом начинается с преддипломной практики и 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, схмотехническому, 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 просмотр и нормоконтроль по «СТП КуАИ 6.1.1—86. Нормоконтроль курсовых и дипломных проектов», подписывает все документы проекта и представляет отзыв, выполняемый на типовом бланке в произвольной форме. В отзыве освещаются:

актуальность темы проекта;

степень самостоятельности и инициативности дипломника;

умение пользоваться литературой и нормативно-технической документацией;

наличие инженерного подхода к решению возникающих задач, умение поставить задачу, выбрать решение, провести анализ полученных решений и т. п.;

наиболее интересные в научном, техническом или практическом отношении разделы проекта и возможность их использования в той или иной организации;

общие выводы (оценка и мнение руководителя о возможности присвоения дипломнику квалификации инженера конструктора-технолога радиоаппаратуры).

Заключенный дипломный проект, оформленный подписями руководителя и всех консультантов направляется рецензенту, назначенному в соответствии с профилем проекта из числа высококвалифицированных специалистов. Рецензент представляет развернутую рецензию, выполненную на типовом бланке, с освещением вопросов:

соответствие проекта или работы утвержденным теме и ТЗ;

качество и глубина проработки основных разделов проекта;

качество оформления пояснительной записки, соответствие графической части проекта стандартам ЕСКД;

оценка общего уровня проекта и заключение о возможности присвоения квалификации инженера конструктора-технолога радиоаппаратуры.

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) в виде доклада на 10—15 минут, оглашении отзыва руководителя и рецензии, ответах на вопросы членов комиссии и всех желающих, ответах на критические замечания рецензента.

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

Материалы дипломных проектов необходимо сдать на кафедру в день защиты.

СОДЕРЖАНИЕ, ОБЪЕМ И ЭТАПЫ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В процессе выполнения дипломного проекта на основании требований ТЗ и электрической принципиальной схемы разрабатывается конструкция РЭС с использованием методов автоматизированного проектирования и решаются некоторые вопросы технологии изготовления и контроля РЭС в условиях высокопроизводительного автоматизированного производства. Все конструкторские и технологические решения отражаются в соответствующих конструкторских (КД), технологических (ТД) 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 оптимуму по схеме анализ — синтез — анализ. Именно такая методология поиска оптимального решения и рекомендуется при выполнении всех этапов дипломного проектирования.

При постановке конструкторских, технологических и других задач, поиске путей решений и выборе форм отражения результатов необходимо широко использовать соответствующие стандарты, причем в первую очередь руководствоваться государственными (ГОСТами), затем — отраслевыми стандартами (ОСТАми). 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 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 основной части одного из основных документов дипломного проекта — пояснительной записки (ПЗ).

Пояснительная записка общим объемом 80—90 страниц должна содержать следующие разделы с ориентировочным объемом в % от общего объема.

Введение, в котором дается обоснование темы, ее актуальность и новизна — 3 %.

Анализ ТЗ. Краткие сведения о принципе работы РЭС. Соло-

ставление технических требований (ТТ) на РЭС с требованиями соответствующих стандартов и данными аналога (аналогов) РЭС. Разработка ТТ к конструкции — 5 %.

Разработка конструкции РЭС с обоснованием конструктивных решений, описание конструкции РЭС и ее частей — 50 %.

Технологическая часть — 25 %.

Экономическая часть — 10 %.

Охрана труда и техника безопасности — 7 %.

Общий объем графических документов дипломного проекта (чертежей, схем и т. п.) должен составлять 8—10 листов формата А1. Содержание этих документов определяется конкретной тематикой проекта.

КОНСТРУКТОРСКИЙ АНАЛИЗ ТЗ И СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ

Конструкторский анализ исходных данных — начало творческой работы конструктора. На данном этапе на основе анализа ТЗ, выбранного аналога (аналогов) РЭС, изучение принципа работы по схеме электрической принципиальной формируется первоначальный образ конструкции РЭС и конкретно устанавливается комплекс технических требований:

назначение РЭС и объект установки;

конструкторские требования (габаритные, установочные, присоединительные размеры, масса, требования взаимозаменяемости, требования по защите окружающей среды);

показатели назначения (радиотехнические показатели функционирования и допуски);

требования надежности (долговечность, безотказность, сохраняемость и ремонтпригодность);

требования к уровню унификации и стандартизации (минимальные показатели);

требования безопасности;

эстетические и эргономические требования;

условия эксплуатации, в которых конструкция должна сохранять работоспособность, допустимые кратковременные воздействия климатических факторов, механические воздействия и т. д.);

технологические требования к конструкции;

техничко-экономические характеристики (стоимость, технологичность, сроки морального старения);

организационно-производственные факторы (размер партии, серийность и др.);

наличие и уровень элементной базы.

Если в ТЗ нет явной информации о каких-либо из указанных пунктов ими необходимо задаться на основе литературных источников и нормативно-технических документов по согласованию с руководителем проекта.

При анализе электрической принципиальной схемы уясняется принцип работы РЭС, проводится поверочный электрический расчет по обоснованию выбора типов элементов по электрическим и тепловым режимам, определению параметров электромагнитной совместимости, расчет вторичных источников питания, когда обеспечение функциональных параметров проектируемой РЭС выдвигает жесткие требования к стабильности и качеству питающих напряжений и т. п.

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

Электрическую принципиальную схему РЭС необходимо выполнить в виде 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 описание принципа функционирования РЭС, схем и вытекающих из них специфичных требований к конструктивному исполнению РЭС.

В соответствии с ГОСТ 2.103—68* намечаются стадии разработки КД. Разработка комплексов высших уровней, в которые проектируемая РЭС входит как составная часть, обычно проводится на уровне технического предложения (ГОСТ 2.118—73*). Если проектируемая РЭС есть комплекс, состоящий из блока (блоков) РЭС и периферийных устройств, разработка КД на комплекс ведется на уровне эскизного (ГОСТ 2.119—73*) или технического проекта (ГОСТ 2.120—73*). Обязательна в проекте разработка на уровне рабочей документации (рабочих и сборочных чертежей, электромонтажных схем и т. п.) минимум одного конструктивно завершенного блока РЭС, одной или нескольких функциональных ячеек на печатных платах, периферийных устройств. Рабочие чертежи выполняются на оригинальные детали, которые в наибольшей степени определяют конструктивное исполнение и функционирование РЭС.

ОБЩАЯ КОМПОНОВКА РЭС

Сокращение сроков разработки и применение наиболее производительных и экономичных методов изготовления обеспечивает модульное построение (компоновка) РЭС, которое и должно быть реализовано в проектируемой РЭС. Оптимальный вариант разукрупнения по функционально-конструктивной сложности (ГОСТ 26632—85) выбирается из числа стандартных, если есть стандарты, регламентирующие компоновку РЭС по виду объекта установки или вариант компоновки намечается оригинальным. Оценка вариантов компоновки и их выбор необходимо проводить по крите-

риям, в число которых должны входить конструкторские, технологические, экономические и др. Чем тщательнее назначены критерии, тем объективнее будет выбор (оптимизация) компоновки. При необходимости проводятся и соответствующие конструкторские расчеты по определению компоновочных показателей (площадей, взаимного расположения, плотности упаковки, коэффициентов заполнения и т. п.) и анализ их в сравнении с соответствующими показателями аналога РЭС. Выбранная окончательно компоновка и разукрупнение РЭС на составные части, конечно, должны соответствовать расчленению электрической принципиальной схемы и специфичным требованиям со стороны устройства более высокого конструктивного уровня (если оно есть), в которое проектируемая РЭС входит как составная часть. Рекомендации и методики обоснования по выбору общей компоновки можно найти в литературе [2, 3, 5, 9, 24].

В завершении этого этапа необходимо:

оценить выполнимость требований ТЗ в отношении габаритов и массы разрабатываемой конструкции и составных частей и отметить пути их рационального уменьшения [14];

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

определить необходимость герметизации РЭС или ее частей [1, 5, 13, 24];

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

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

пометить пути обеспечения удобства эксплуатации, технического обслуживания, требований эргономики и эстетики и т. п. [5, 24].

Материалы данного этапа излагаются в ПЗ с обязательным освещением логики принятия решения (желательно и с графическим ее изображением в виде структурной схемы). Кроме этого выполняется ряд графических КД, отражающих общую компоновку РЭС:

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

чертеж общего вида (ГОСТ 2.119—73) и схема разукрупнения проектируемой РЭС на конструкторско-технологические единицы (ГОСТ 2.711—82).

Все указанные КД должны содержать информацию, необходимую для понимания общего конструктивного исполнения РЭС, 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 классификатору ЕСКД [8].

ОБОСНОВАНИЕ КОМПОНОВКИ РЭС ПО ТЕПЛОВОМУ РЕЖИМУ

Для обоснования РЭС 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 РЭС с нагретой зоной [1, 3, 5, 19, 20]. На основе этих расчетов необходимо сформулировать 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.).

ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ К МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Конструкция РЭС должна обеспечивать работоспособность с заданной надежностью при различных механических воздействиях, оговоренных в ТЗ. Расчеты на устойчивость к механическим воздействиям в первую очередь подлежат конструкции бортовой РЭС и РЭС, эксплуатируемой в полевых условиях. Применительно к РЭС 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, расчет 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 РЭС на устойчивость к механическим воздействиям изложены в [1, 19, 23, 24].

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РЭС ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЧ 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 РЭС в диапазоне высоких и сверхвысоких частот, для такой РЭС расчет электромагнитной совместимости является обязательным. Методику расчета и рекомендации по вопросам электромагнитной совместимости можно найти в [3, 7].

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ

В каждом дипломном проекте должна быть решена задача обеспечения надежности, оговоренной в ТЗ. На результате 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 РЭС. Для выполнения расчета надежности рекомендуется воспользоваться методиками и справочными материалами, приведенными в [1, 19].

КОНСТРУИРОВАНИЕ БЛОКОВ РЭС

Объектом конструирования (разработки рабочей документации) обычно является блок РЭС средней степени сложности в виде функционально и конструктивно законченного изделия, обеспечивающего 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 РЭС с позиций комплексной миниатюризации можно найти в [2, 3, 5, 9, 19, 24].

Конструирование рекомендуется проводить, начиная с эскизной проработки конструкции блока, выполняя эскиз на миллимет-

ровой бумаге, с ориентировкой на выполнение в последующем сборочного чертежа. Если используются стандарты, регламентирующие габаритные и присоединительные размеры и другие параметры (например, для самолетной РЭС), 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, разукрупнения блока РЭС 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 размерных цепей размеров и допусков; формирование требований к точности формы и расположения деталей; повсрочные расчеты на прочность, жесткость и точность; оценка технологичности и уровня стандартизации.

Для блока РЭС выполняют основную 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 и т. п.) не рекомендуется. Также выполняются КД для проведения электрического монтажа (ГОСТ 2.413—72*).

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

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

КОНСТРУИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЯЧЕЕК РЭС

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

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

т. д.

Типовые конструкции функциональных ячеек РЭС третьего и четвертого поколений и методы их конструирования достаточно полно освещены в [2, 3, 5, 9, 19, 24].

При конструировании функциональных ячеек рекомендуется, как и при конструировании блоков, выполнять эскиз, на котором и прорабатываются варианты исполнения. Все материалы конструирования помещаются в ПЗ. Как минимум, 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).

КОНСТРУИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

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

Топологическое проектирование является одним из наиболее трудоемких процессов, выполняемых конструктором РЭС, 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.

КОНСТРУИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ РЭС

Механические и электромеханические узлы (механизмы) могут входить как непосредственно в блоки РЭС (органы ручного управления), так и в периферийные устройства (датчики, антенны, исполнительные устройства и т. п.). Конструированию таких устройств посвящена специальная литература, например, [17]. Следует отметить на необходимость согласования таких устройств с основной РЭС по эксплуатационным параметрам, сроку работы, надежности и т. п. Предпочтительно при конструировании использовать функционально-модульный принцип, в ПЗ приводятся соот-

ветствующие 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*.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

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

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

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

в разработке основных технологических документов (маршрутной карты, эскизов, операционной карты, схемы сборочного состава, технологической инструкции и др.) в соответствии требованиями стандартов ЕСТПП и Единой системы технологических документов (ЕСТД) [15].

Методика выполнения этих этапов и общие вопросы проектирования ТП изложены в [13, 22].

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

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТЕ

Материалы технико-экономического обоснования должны быть приведены в вводной части ПЗ для подтверждения целесообразности разработки РЭС 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 РЭС.

Кроме этого в экономическом разделе ПЗ необходимо рассмотреть некоторые вопросы, указанные консультантом по организации производства, для решения которых рекомендуются [12, 21] и другие методические материалы, рекомендованные консультантом.

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

ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

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

Конкретное задание по этому разделу выдается соответствующей кафедрой. При выполнении используются методические материалы этой кафедры и требования соответствующих стандартов. Материалы по охране труда и технике безопасности включаются в состав ПЗ в виде отдельного раздела.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Обязательным требованием к дипломным проектам является использование в процессе проектирования РЭС 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 РЭС, или программирование микропроцессоров, используемых в проектируемой РЭС.

Методики использования ЭВМ и программирования излагаются в ПЗ, схемы алгоритмов и разработанные программы выполняются в виде документов, соответствующих стандартам Единой системы программных документов (ЕСПД) [18] и стандартам ЕСКД, и включаются в состав приложений к ПЗ.

ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Графические документы дипломного проекта выполняются на белой чертежной бумаге в карандаше. Формат листов А1 (841 × 594 мм), меньшие форматы рекомендуется сгруппировать так, чтобы получить формат А1. Количество таких листов — не менее 8 (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 «Контр.».

Документы в виде плакатов должны иметь тематически заголовков и подписи дипломника и руководителя проекта. Формат плакатов А1. Текстовые документы проекта и графические, формата А4, брошюруются в папку и располагаются в следующем порядке.

1. Титульный лист дипломного проекта (альбома документов) с указанием наименования и обозначения проектируемой РЭС, 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 заведующим выпускающей кафедры.

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 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, заключение, список литературы, приложения. Общие требования к оформлению текстовых документов регламентированы ГОСТ 2.105–79, ГОСТ 2.106–68*, основные требования можно найти также в работах [16, 18].

Допускается выполнять ПЗ в соответствии с требованиями «РД КуАИ 144–1–87. Требования к оформлению учебных текстовых документов. Методические указания». В этом случае в виде КД оформляется один из текстовых документов проекта небольшого объема (3–5 с.) по указанию руководителя проекта: техническое описание, инструкция по настройке или эксплуатации и т. п.).

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: Учебн. пособие.—Куйбышев; КуАИ, 1984.
2. Базовый принцип конструирования РЭА /Под ред. Е. М. Парфенова.— М.: Радио и связь, 1981.
3. Берхоятницкий П. Д., Латинский В. С. Справочник по модульному конструированию радиоэлектронной аппаратуры.— Л.: Судостроение, 1983.
4. Волков В. А. Сборка и герметизация микроэлектронных устройств.— М.: Радио и связь, 1982.
5. Гельц П. П., Исаков-Есипович П. К. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры: Учебн. для вузов.— Л.: Энергоатомиздат, 1981.
6. Дендобренко Б. П., Малика А. С. Автоматизация конструирования РЭА: Учебн. для вузов.— М.: Высшая школа, 1980.
7. Исаков В. Л. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств.— М.: Сов. радио, 1983.
8. Классификатор радиотехнических изделий: Метод указания /Сост. А. П. Чекарнев, В. В. Нахолов, П. Е. Молотов.— Куйбышев; КуАИ, 1988.
9. Компоновка и конструкции микроэлектронной аппаратуры: Справочное пособие /Под ред. Б. 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. В. П. 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. Павловский В. В., Васильев В. И., Гутман Т. Н. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА: Учебн. пособие для вузов.— М.: Радио и связь, 1982.
14. Пименов А. И. Снижение массы конструкций радиоэлектронной аппаратуры.— М.: Радио и связь, 1981.
15. Правила оформления технологической документации: Метод. указания /Сост. В. П. Березной, Т. С. Калугина, Н. Г. Чернобровин.— Куйбышев; КуАИ, 1983.
16. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справ. пособие /Э. Т. Ромакычева, Л. К. Иванова, А. С. Куликов, Т. П. Повикова.— М.: Радио и связь, 1984.
17. Рощин Г. И. Несущие конструкции и механизмы РЭА: Учебн. для вузов.— М.: Высшая школа, 1981.
18. Сапаров В. Е., Максимов П. А. Системы стандартов в электросвязи и радиоэлектронике: Учебн. пособие для вузов.— М.: Радио и связь, 1985.
19. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования /Под ред. Р. Г. Варламова.— М.: Сов. радио, 1980.
20. Тепловые расчеты в РЭА: Метод. указания /Сост. Г. Ф. Краснощекова, А. П. Чекарнев.— Куйбышев; КуАИ, 1988.
21. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов и преддипломная практика: Метод. указания /Сост. В. П. Гольянов.— Куйбышев; КуАИ, 1980.

22. Технология РЭА: Метод. указания /Сост. Б. Н. Березков и др. —Куйбышев: КуАИ, 1987.

23. Токарев М. Ф., Талицкий Е. Н., Фролов В. А. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры.—М.: Радио и связь, 1984.

24. Шерстнев В. В. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА: Учебн. для вузов.—М.: Радио и связь, 1984.

Составители: *Анатолий Васильевич Зеленский,
Петр Ефимович Молотов,
Геннадий Викторович Уваров,
Анатолий Николаевич Чекмарев*

КОНСТРУИРОВАНИЕ РЭС

Редактор Е. Д. Антонова
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Н. С. Куприянова

Сдано в набор 17.01.89 г. Подписано в печать 6.02.89 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная белая.
Печать высокая. Гарнитура литературная.
Уч.-изд. л. 1,0 Усл. п. л. 0,93. Т. 500 экз. Заказ 92. Бесплатно.
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королёва,
443001 Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. ЭОЗ Куйбышевского авиационного института,
443001, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.