

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;

технико-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 дополнить 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 описания принципа функционирования РЭС, схем и вытекающих из них специфических 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 се 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), меньше 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 тематический заголовок и подпись 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.