

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет»

А.В. Муратов О.Ю. Макаров А.В. Турецкий

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ  
РАБОТА БАКАЛАВРА: НАПРАВЛЕНИЯ  
«КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ЭС» И «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»**

Часть 1

Утверждено Редакционно-издательским советом  
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2016

УДК 621.396.6.001.66:621.391.827

Муратов А.В. Выпускная квалификационная работа бакалавра: направления «Конструирование и технология ЭС» и «Приборостроение» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (3,97 Мб) / А.В. Муратов О.Ю. Макаров А.В. Турецкий. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. Ч.1.– 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: ПК 500 и выше ; 256 Мб ОЗУ ; Windows XP ; Adobe Acrobat; 1024x768 ; CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов-бакалавров при выполнении выпускной квалификационной работы. В учебном пособии рассмотрены вопросы и даны практические рекомендации по оформлению пояснительной записки, ее объему и объему графической части.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлениям 11.04.03 «Конструирование и технология радиоэлектронных средств», направленность «Проектирование и технология радиоэлектронных средств», и 12.03.01 «Приборостроение», направленность «Приборостроение».

Табл. 10. Ил. 30. Библиогр.: 25 назв.

Рецензенты: кафедра информационных и управляющих систем Воронежского государственного университета инженерных технологий (зав. кафедрой канд. техн. наук, доц.

И.А. Хаустов);

д-р техн. наук, проф. А.В. Останков

© Муратов А.В., Макаров О.Ю.,  
Турецкий А.В., 2016

© Оформление. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Выполнение выпускной квалификационной работы студентами-бакалаврами направлений 11.03.03 «Конструирование и технология ЭС» и 12.03.01 "Приборостроение" базируется на двух основных блоках дисциплин конструкторской и технологической направленности.

Предлагаемое учебное пособие состоит из тех частей:

- часть I - разработка конструкций изделий РЭС и приборов;
- часть II - технология изготовления изделий РЭС и приборов;
- Все две части учебного пособия служат основой при практическом выполнении выпускной квалификационной работы и изданы отдельными книгами.

Данное учебное пособие включает в себя разделы по разработке конструкций изделий РЭС и приборов, а также технологии изготовления печатных узлов. Оно содержит сведения, необходимые при разработке радиоэлектронных средств различного назначения, организационные, методологические и другие вопросы для выполнения проекта. Необходимые сведения для правильного подхода при конструировании сборочных единиц и деталей РЭС и приборов. Излагаются требования по оформлению пояснительной записки и графических материалов по ЕСКД. Приводится методика и практические примеры наиболее часто встречающихся расчетов при выполнении выпускной квалификационной работы: теплового режима РЭС, электромагнитной совместимости, защиты от механических воздействий и другие вопросы.

Достаточно обширный материал приведен в приложениях учебного пособия по различным практическим вопросам проектирования.

# **1 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

## **1.1 Место выпускной квалификационной работы**

Выпускная квалификационная работа является самостоятельной работой студента, на завершающем этапе процесса конструкторской подготовки студентов- бакалавров. При ее выполнении, в основном, решаются следующие технические задачи:

- расширение и закрепление знаний в области конструирования и технологии РЭС и приборов;
- развитие навыков самостоятельного решения технических научных и технико-экономических задач с использованием ЭВМ и средств САПР.

Это позволяет студентам проектировать радиоэлектронную аппаратуру и электронные приборы, весьма разнообразные по назначению, массогабаритным характеристикам, механическим нагрузкам и условиям эксплуатации, дизайнерской проработке и конструктивному выполнению.

## **1.2 Цели и задачи выпускной квалификационной работы**

Цель выпускной квалификационной работы заключается в приобретении навыков конструирования РЭС и приборов, способствующих формированию у студентов конструкторского мышления, развивающегося на базе полученных в процессе обучения теоретических знаний, их систематизации и расширения. Выполняя конструкторский проект, студенты закрепляют знания, полученные на лекции лабораторных и других видах занятий и приобретают навыки самостоятельной работы, анализа технического задания, конструкторских и технологических расчетов [1].

### 1.3 Тематика выпускной квалификационной работы

Основным содержанием выпускной квалификационной работы конструкторского профиля студентов направления 11.03.03 «Конструирование и технология ЭС» является проектирование конструкций наземного, бортового или морского радиоэлектронного устройства различного функционального назначения; приемники, передатчики, радиостанции, контрольно-измерительные приборы, источники электропитания, аппаратура контроля и диагностики, СВЧ устройства и другие составные части изделий, блоки, субблоки, а также проекты связанные с разработкой и внедрением программных средств в учебный научный процесс. Студенты направления 12.03.01 "Приборостроение" разрабатывают конструкцию электронного измерительного прибора, а также могут рассматривать вопросы, касающиеся разработок новых методов измерения и измерительных преобразователей. Дипломные проекты технологического профиля содержат следующие основные вопросы проектирования:

- анализ технологии изготовления изделия и оригинальных деталей;
- проектирование технологии сборки изделия;
- организация и планирование участка сборки;
- проектирование новой или модернизация существующей технологической оснастки и другие технологические проблемы.

К сожалению, общий упадок промышленности не позволяет выполнять чисто технологические проекты.

По конструктивной сложности разрабатываемое устройство должно относиться к изделиям второго или более высоких уровней.

Выпускные квалификационные работы комплексной тематики.

В случае выполнения одной большой темы выпускной квалификационной работы, например мобильной радиостанции, создается группа из 2 - 4 студентов, При такой форме проектирования требуется четкая его организация, при которой каждый студент получает конкретное индивидуальное задание. В группе, как правило, определяется «ведущий конструктор», при этом его кандидатура должна быть приемлемой как для студентов, так и для руководителя дипломного проекта.

На примере мобильной радиостанции можно обозначить несколько индивидуальных тем: приемник, передатчик, блок мощности, блок питания, переговорное устройство. В конечном итоге все зависит от предъявляемых требований: мощности, частот, габаритных размеров и других эксплуатационных факторов.

Положительной стороной такого проектирования комплексной тематики является:

- - получение студентами разносторонних знаний;
- - создание у студентов творческой атмосферы, обмена мнений и дискуссий, развитие навыков работы в коллективе, объединением, необходимостью решения задачи.

Особенности исследовательских выпускных квалификационных работ.

В качестве примерных тем исследовательского профиля могут быть следующие:

- пути повышения эффективности систем источников вторичного электропитания бортовой РЭС;
- исследование влияния естественного радиоактивного излучения на РЭС и приборы;
- исследование подавления помех от вторичных источников питания;
- методы анализа электромагнитной совместимости;
- исследование теплового режима РЭС, приборов при воздушном охлаждении;

- исследование теплового режима при жидкостном охлаждении;
- исследование различных систем защиты РЭС, приборов от механических воздействий и другие исследования оптимизации и качества.

Примерное содержание пояснительной записки выпускной квалификационной работы исследовательского профиля:

- раскрытие темы работы формулирование и обоснование основной задачи исследования, его актуальность;
- обзор состояния по литературным источникам, возможные направления решения задачи исследования;
- теоретические исследования, методы основных закономерностей и соотношений. Оптимизация конструкций с помощью современных статистических и других методов, а также методов, базирующихся на использовании ЭВМ с целью повышения эффективности конструкций радиоэлектронных средств;
- методический план экспериментальных исследований;
- необходимое оснащение и его назначение при проведении экспериментов, описание экспериментальной установки;
- обобщение данных экспериментальных и теоретических исследований, их сопоставление с расчетными. Общие выводы;
- по результатам исследований и их применимость при конструировании РЭС;
- определение экономической эффективности внедрения результатов исследования при проектировании конструкций РЭС.

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы исследовательского профиля содержит не более 50 страниц. Графическую часть работы исследовательского профиля определяет руководитель проекта при составлении

задания на проектирование, однако, ее объем должен быть не менее трех листов формата А1. На листы могут выноситься:

- эскизы исследуемых конструкций РЭС и приборов;
- таблицы результатов расчета или замеров параметров РЭС, приборов;
- распределение температурного или электромагнитного поля исследуемых РЭС, приборов;
- графики изменения температуры в зависимости от конструктивных решений разрабатываемого РЭС, приборов;
- частотные, характеристики конструкций, исследуемых механических воздействий.

Дипломные проекты исследовательского профиля связаны с теоретическими и экспериментальными исследованиями в области конструирования РЭС и электронных приборов.

Документация выпускной квалификационной работы конструкторского профиля состоит из пояснительной записки и графических документов.

Примерное содержание пояснительной записки включает в себя титульный лист, реферат, заполненный бланк задания на дипломное проектирование, содержание, техническое задание, введение, анализ задания на проектирование, обзор научно-технической литературы, выбор и обоснование конструкции, элементной базы и материалов, обеспечение эксплуатационных требований (выполнение различных расчетов), технологическая часть, заключение, список литературы, приложения.

Нумерация по всему проекту сквозная. Введение и заключение не нумеруются, но учитываются.

Графическая часть выпускной квалификационной работы конструкторского профиля зависит от тематики и в общем случае может состоять из:



- принципиальной электрической схемы и перечня элементов;
- чертежа печатной платы;
- сборочного чертежа платы и спецификации;
- чертежей оригинальных деталей;
- сборочного чертежа изделия и спецификации.

Графическая документация состоит из 4 - 8 листов формата А1 в зависимости от темы и технико-экономического обоснования.

На всех этапах проектирования РЭС и приборов конструкторские решения должны сопровождаться соответствующими расчетами с использованием ЭВМ, методов и средств САПР, с использованием при этом банка данных прикладных программ по этим расчетам.

#### **1.4 Организация выпускной квалификационной работы**

Студенты выполняют выпускную квалификационную работу под руководством преподавателей и сотрудников выпускающих кафедр. Руководитель выдает студенту задание на проектирование и преддипломную практику, а также выполняет следующее:

- составляет график выполнения работы;
- проводит контроль выполнения этапов работы;
- рекомендует необходимую литературу и проводит консультации;
- оказывает помощь студенту в подготовке доклада при защите работы;
- полностью проверяет работу и пишет отзыв с соответствующей оценкой.

График защиты работ утверждается и вывешивается за месяц до начала защиты. Полностью оформленная и оцененная

руководителем выпускная квалификационная работа представляется на нормоконтроль за несколько дней до защиты. Нормоконтроль оценивает готовность студента и его работы к защите.

Выявленные недостатки и ошибки нормоконтроль сообщает студенту, записывает их в журнал и назначает дату повторной проверки и допуск к защите в государственной экзаменационной комиссии (ГЭК).

При защите работы студент делает сообщение об основных требованиях ТЗ и актуальности темы:

- характеристика изделия;
- обоснование принятых технических решений и расчетов;
- обоснование принятых технологических решений.

#### **1.4.1 Оформление расчетно-пояснительной записки (РПЗ) и графической части**

Страницы текста РПЗ выполняются на формате А4 шрифтом 14 с одинарным интервалом между строк, соблюдая следующие размеры полей: левое – не менее 20 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм. Нумерация страниц, таблиц и формул сквозная по тексту. Номер страницы проставляется в центре нижней части листа без точки.

Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки. Между заголовком и текстом, между заголовками раздела и подраздела должна быть пропущена одна строка.

Нумерация формул записывается справа в круглых скобках, ссылки на источники в квадратных скобках.

При оформлении пояснительной записки дипломного проекта бланки титульного листа, задание на выпускную квалификационную работу, рецензию изготавливаются по СТП ВГТУ и выдаются дипломантам и рецензенту соответственно.

Пример составления реферата и оформление содержания приведены в приложении А и СТП ВГТУ. Все выше изложенное содержится в СТП ВГТУ 004-2003 [2].

Чертежи, схемы, масштабы, линии, шрифты выполняются по ГОСТам ЕСКД приложение Б.

Схемы алгоритмов и программ выполняются по единой системе программной документации (ЕСПД).

Чертежи в автоматизированной системе управления (АСУ) – по стандартам ЕСКД, ЕСПД и АСУ, САПР и другой нормативной документации.

## **5.1 Техническое задание**

Техническое задание (ТЗ) является основным исходным документом на проектирование радиоэлектронных средств и приборов и разработку технической документации, которое устанавливает назначение, основные показатели качества изделия, технико-экономические и другие требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию, объем выпуска. Техническое задание оказывает большое влияние на дальнейший процесс проектирования. Содержание ТЗ во многом зависит от назначения изделия, его объекта установки и, как следствие, условий эксплуатации. Примерное содержание ТЗ приведено в приложении В.

Общий порядок разработки, согласования и утверждения, а также состав ТЗ установлен в ГОСТ 15000-82 и ГОСТ 15001-73 и [1].

### **1.5 1 Анализ технического задания**

При выполнении выпускной квалификационной работы студенту необходимо решить комплексную инженерно-техническую задачу, которая включает анализ и обоснование основных элементов, узлов и конструкции проектируемого радиоэлектронного устройства в целом, разработку

конструкции, обоснование принятых расчетных и технических решений.

Проектирование конструкции РЭС и приборов базируется на анализе принципиальной электрической схемы и технических требований, выданных в задании на выпускную квалификационную работу, сопровождается выбором элементной базы, компоновкой, разработкой сборочных чертежей и чертежей деталей, выбором электрических соединений и соединителей, материалов и покрытий, а также расчетами, проводимыми при конструировании: обеспечение тепловой и электромагнитной совместимости, помехоустойчивости, электрической и механической прочности и другими расчетами. При этом особое внимание обращается на обеспечение требований комплексной миниатюризации, надежности, стандартизации и технологичности.

Основными исходными данными для выполнения выпускной квалификационной работы являются:

- схема электрическая принципиальная РЭС;
- анализ электрических требований с указанием данных, наиболее характерных для разрабатываемого устройства (чувствительность, избирательность, рабочий диапазон частот, выходная мощность и т. д.);
- анализ конструкторских требований: показатели надежности, степень унификации, стандартизации и т. д.;
- анализ условий эксплуатации (задаются объектом эксплуатации РЭС: наземная стационарная, наземная возимая бытовая РЭС, бортовая самолетная, вертолетная) [1, 3] приложение Г.

Анализ технического задания (ТЗ) производится с целью определения основных направлений создания конструкций и состоит в оценке степени важности множества взаимосвязанных факторов, оказывающих влияние на качество будущей конструкции.

Каждому требованию ТЗ необходимо поставить в соответствие обоснованное решение, обеспечивающее выполнение данного требования [1].

Рассматривая конструкцию как систему, по результатам анализа в первом приближении определяют [4]:

- структурное (функциональное) построение будущей конструкции;
- элементную базу.

В этом вопросе важное место занимает выбор (обоснование) элементной базы, используемой для проектирования заданного устройства, блока, РЭС. Элементная база должна удовлетворять нескольким требованиям:

- совместимость ЭРЭ и интегральных микросхем (конструктивная, электрическая, электромагнитная);
- соответствие элементной базы условиям эксплуатации;
- экономическая целесообразность применения элементов;
- обеспечение заданной надежности выбора (обоснование) элементной базы, производимого с учетом всех требований и функциональных особенностей РЭС и приборов.
- анализ требований к конструкционным материалам. В зависимости от сложности, условий эксплуатации и программ выпуска корпус и другие элементы конструкции можно выполнить литьем из алюминиевых сплавов АК12(АЛ12), АК7ч(АЛ9) и др. Для штампованных конструкций сталь 10КП, обладающей высокой пластичностью и вязкостью, алюминиевые сплавы Д16, МЦ и др. Различные пластмассы АБС, ПА-60, УПМ и др.;
- способы защиты конструкций от внешних дестабилизирующих воздействий;
- способ обеспечения нормального теплового режима (систему охлаждения).

Более подробные сведения по выбору материалов, защиты от дестабилизирующих факторов, систем охлаждения будут приведены ниже.

Принятые решения должны быть обоснованы расчетом количественных критериальных показателей. Как правило, критерием предпочтения служат значения материальных показателей конструкции [5].

К выполнению этого этапа работы нужно подойти с особой тщательностью, поскольку результаты всех последующих этапов работы являются логическим следствием сформулированных требований и определяют его конечные результаты: тип конструкции, ее построение и характеристики. Принятие предварительного решения о типе конструкции устройства и технологии его изготовления существенно влияет на последующий выбор элементной базы, материалов, способов защиты от дестабилизирующих факторов, надежность и т.д. Так, если для устройства предполагается применить герметизированный корпус, то в этом случае существенно снижаются требования к влагостойкости и биологической стойкости тех элементов, которые будут размещены в корпусе, но возрастают требования к теплостойкости и т.п. Принятые решения уточняются, а в определенных случаях пересматриваются на последующих стадиях проектирования в соответствии с обратными связями процесса разработки.

## **1.6 Обзор научно-технической литературы и выбор технических решений**

Данный вопрос, в основном, зависит от темы выпускной квалификационной работы и его конкретного назначения.

В общем случае в этом разделе необходимо сопоставление технических требований к разрабатываемому изделию с данными известных разработок или аналогов. Он включает в себя подбор, изучение и анализ научно-технической литературы, составление обзора, отражающих уровень

последних достижений в вопросах конструирования аналогичных изделий, рассмотрение возможных направлений проектирования заданного изделия.

Так при выполнении дипломных проектов, связанных с различными системами передачи информации, необходимо дать анализ использования аналоговой формы сигналов (требования к скорости, обработке, хранению, помехозащищенности и достоверности передаваемой информации) с приоритетными направлениями цифровых систем передачи информации, обеспечивающих:

- возможность передачи больших объемов информации;
- высокую скорость;
- повышенную помехозащищенность;
- достоверность;
- высокую надежность.

При этом проанализировать применение микропроцессоров и их необходимость. Применение элементов цифровой техники позволяет сохранить потребляемую мощность, но в то же время повышает требования к обеспечению электроэнергией.

Значительное место в темах дипломных проектов составляют источники электропитания различного назначения. Проведем анализ на примере вторичного источника питания (ВИП).

Уменьшение габаритов и массы современных источников питания при одновременном повышении надежности, электромагнитной совместимости и других факторов является наиболее существенной проблемой при их проектировании.

В обзоре необходимо дать анализ основному вопросу источников электропитания их КПД, который может колебаться от 30 - 50 % до 70 - 80 % и более.

В настоящее время широкое применение нашли более сложные источники электропитания с импульсными

преобразователями на повышенные частоты (до 20 кГц и выше) это позволяет значительно уменьшить габариты и массу за счет применения меньших реактивных элементов (трансформаторов, дросселей, конденсаторов).

Одной из важнейших эксплуатационных характеристик источников электропитания является их надежность и надежность всей РЭС. Согласно проведенным исследованиям 20 % отказов РЭС происходит по вине источников питания. Основные причины отказов – повышенная температура (21 %), вибрационные нагрузки (14 %) и др. причины.

В научно-техническом обзоре обязательно надо привести техническую сторону проектирования.

Так современный уровень программных и технических средств электронной вычислительной техники позволяет перейти к новым информационным технологиям с использованием ЭВМ, создавать системы автоматизации разработок и выполнение конструктивной документации, удовлетворяющим стандартам ЕСКД.

Таким образом, исходя из научно-технического обзора литературных источников, студенту необходимо выбрать четкое направление проектирования с учетом возможностей технических решений.

## **1.7 Назначение и принцип работы устройства**

При выполнении выпускной квалификационной работы данный вопрос, как правило, не представляет трудностей, т. к. выданная студенту принципиальная электрическая схема ЭЗ, в основном решает эту задачу. Однако, для упрощения изучения схемы ЭЗ, желательно составить структурную схему Э1, которая удобна и при защите проекта перед ГЭК. При этом обязательно надо охарактеризовать объект установки проектируемого устройства, условиях эксплуатации согласно основным пунктам ТЗ:

- температуры окружающей среды;



- давлении;
- влажности;
- механических воздействий и других параметров.

После краткого описания о назначении проектируемого устройства приступают к подробному изложению его работы. Так как у каждого студента своя тема выпускной квалификационной работы и своя схема ЭЗ, то конкретных рекомендаций по описанию принципа работы устройства трудно предложить. Однако обязательным условием является покаскадное, а иногда, поэлементное описание работы устройства, все зависит от темы, т.е. необходимо конкретное, полное и понятное изложение принципа его работы.

Необходимо отметить, что при защите работ некоторые докладчики слишком увлекаются подробным изложением работы схемы, вплоть до значения каждого элемента, величины сигнала на них и т.п. В таких случаях докладчика прерывают и предлагают перейти к объяснению других разделов проекта и поэтому лучше до этого не доходить.

## 2 ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЭС

### 2.1 Методология проектирования конструкций РЭС

Современное решение задачи проектирования РЭС и приборов основывается на эвристических методах и непосредственном взаимодействии с ЭВМ. С помощью ЭВМ эффективно проводится выбор решения из множества вариантов, которое с большей вероятностью близко к оптимальному.

Система эвристических методов, содержащая множество обобщенных практических правил, рекомендаций и программ, позволяющих принимать решения в процессе проектирования РЭС.

В случае затруднения в выборе наилучшего решения необходимо руководствоваться следующими принципами:

- требования к надежности и гарантии технического решения в данных экономических возможностях;
- необходимо стараться использовать в разрабатываемой конструкции уже готовые технические решения и испытанные варианты конструкций и их составных частей, т.е. применить типовые изделия и типовые технологические процессы.

Однако нельзя слишком увлекаться «типизацией», т.к. это может привести к консерватизму разработки.

Создание конструкции, имеющей качественные показатели, определяется успехами решения множества поставленных задач.

В процессе проектирования РЭС и приборов необходимо учитывать множество взаимосвязанных, а иногда и «противоречивых» технических требований, предъявляемых к конструкции отдельных устройств и РЭС в целом. Такими требованиями являются:

- назначение и область применения РЭС и приборов;

- заданные электрические характеристики (Рабочие частоты, быстродействие, мощность, точность и др.);
- условия эксплуатации (диапазон рабочих температур, влажность, удары, вибрации и т.д.);
- конструкционные параметры (масса, габариты, надежность, тепловые режимы и т.д.);
- технико-экономические характеристики (стоимость, технологичность, унификация и стандартизация);
- организационно-производственные факторы (сроки разработки РЭС, серийность и др.);
- наличие и уровень элементной базы.

## **2.2 Анализ существующих конструкций и выбор метода конструирования**

При выполнении выпускной квалификационной работы в качестве исходного материала студент имеет расширенное ТЗ и принципиальную электрическую схему изделия. С анализа и уточнения ТЗ, принципиальной электрической схемы и заданной элементной базы начинается непосредственная работа над конструкцией изделия [3].

Необходимо тщательно изучить принципиальную электрическую схему изделия, обратив особое внимание на следующие вопросы:

- параметры распространяющихся в схеме радиосигналов (максимальная частота, напряжение, сила токов, длительность и скважность импульсов и т.д.);
- возможность возникновения в схеме паразитных связей и наводок (через общее сопротивление источника электропитания, индуктивные и емкостные);
- пути распространения полезного радиосигнала;
- напряжение и сила тока источников электропитания.

Далее необходимо тщательно проанализировать аналоги по всем конструкторским параметрам, используя все удачные технические решения.

При их анализе возможен следующий примерный перечень наиболее значимых вопросов [7]:

- прежде всего, конструктивные составные части;
- анализ несущей конструкции;
- способ изготовления конструкции (литье, штамповка и т.д.), материалы;
- принцип сборки (разъемный, неразъемный);
- способ крепления узлов и деталей;
- защиту от дестабилизирующих факторов (механических воздействий, климатических: температуры, влажности, давления и т.д.) [7];
- анализ теплового режима и конструкторские способы обеспечения нормального теплового режима [6, 8].

Безусловно, в зависимости от проектируемого устройства не все указанные операции могут иметь конкретную значимость, возможны и другие технические решения.

Выбор конструирования современной РЭС основано на модульном принципе, на базе которого разработаны функционально-модульный, функционально-узловой, функционально-блочный методы конструирования. Основной задачей конструкторского проектирования является реализация схемы изделия в виде набора отдельных конструктивно законченных модулей, узлов или блоков, связанных друг с другом цепями электрической коммутации [9, 10].

Важным этапом при этом является разбиение принципиальной электрической схемы изделия на подсхемы (функциональное разбиение). В дипломном проекте студент проводит функциональное разбиение, выполняя следующую последовательность операций. Определение примерного числа модулей первого уровня, из которого будет составлять проектируемое изделие. Более точно определить число ячеек в

блоке можно на этапе предварительной компоновки, когда будут выбраны варианты конструкции блока и его размеры.

На основе проведенного разбиения электрической схемы и анализа существующих конструкций выбирается метод конструирования устройства в целом и его составных частей.

Существующие методы конструирования РЭС и приборов подразделяются на три взаимосвязанных группы в зависимости от объекта установки (рисунок 2.1):

- по видам связей между элементами;
- по способу выявления и организации структуры связи между элементами;
- по степени автоматизации конструирования РЭС зависит от назначения аппаратуры и ее функций, преобладающего вида связей, условия унификации, автоматизации и т.д.

**Геометрический метод.** В основу метода положена структура геометрических и кинематических связей между деталями, представляющая собой систему опорных точек, число и размещение которых зависит от заданных степеней свободы и геометрических свойств твердого тела.

Принцип геометрического метода исходит из основных положений геометрии. Любая точка, расположенная в пространстве, обладает тремя степенями свободы. Тело же имеет шесть степеней свободы.

Геометрический метод конструирования целесообразно применять для конструкций, в которых должно соблюдаться точное взаимоположение деталей или обеспечиваться их точное перемещение, т.е. с использованием стандартных унифицированных конструкций.

**Машиностроительный метод.** В основу этого метода конструирования положена структура механических связей между элементами, представляющая собой систему опорных

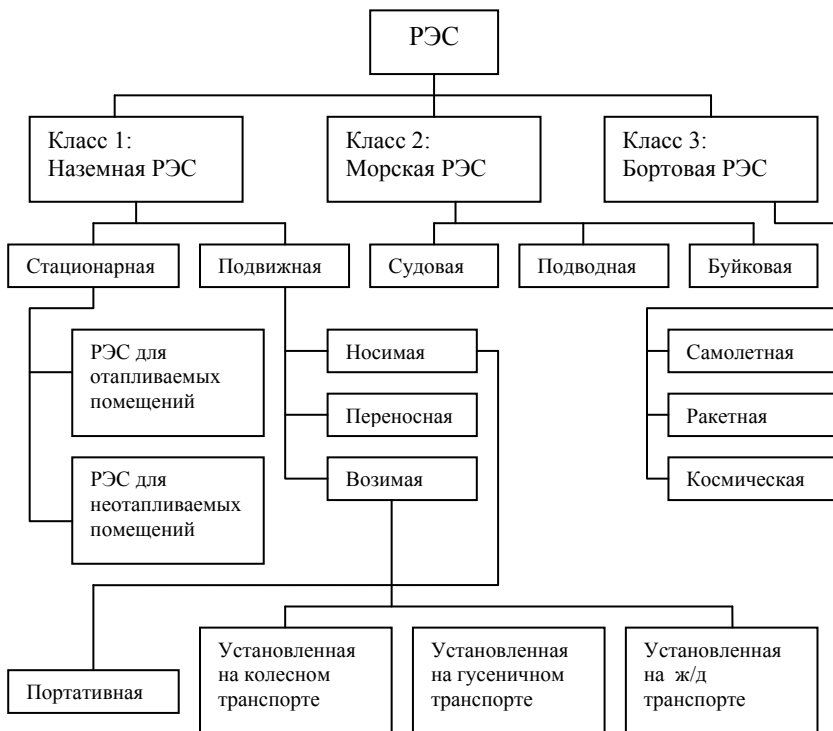


Рисунок 2.1 - Классификация РЭС по месту размещения

поверхностей. Машиностроительный метод используется для конструирования устройств и элементов РЭС, которые несут большие механические нагрузки и в которых неизбежны вследствие этого большие деформации. При этом точечные опоры, принятые в геометрическом методе, оказываются нецелесообразными, так как могут перегружаться, поэтому их заменяют опорными поверхностями. Характерные черты машиностроительного метода конструирования следующие:

- применение опорных поверхностей вместо опорных точек;

- возможное увеличение числа опорных поверхностей по сравнению с геометрическим методом;
- расположение опорных поверхностей допускается под любыми углами к возможному перемещению;
- замена замыкающих сил на замыкание формой поверхности, что неизбежно вызывает в подвижных соединениях зазоры, а в неподвижных - большие напряжения;
- обеспечение точности движения и взаимного расположения деталей за счет высокой степени точности их изготовления.

**Топологический метод.** В основу метода положена структура физических связей между ЭРЭ. Топологический метод, в принципе, может применяться для выявления структуры любых связей, таких как конструирование электрической цепи печатной платы, блока, спайки. Метод топологического конструирования обеспечивает сокращение количества проводников, их длины, числа паяных соединений, выводов на соединители, минимальное число слоев и т.д.

В таблице 2.1 приведены области конструкторских работ, использующие те или иные методы конструирования.

Таблица 2.1 - Применение методов проектирования РЭС

Метод конструирования	Области применения метода в процессе проектирования РЭС
Геометрический	Проектирование подвижных соединений, фиксаторов, элементов кинематической схемы
Машиностроительный	Проектирование несущих конструкций блоков, ячеек, ПП
Топологический	Компоновка РЭС, размещение ЭРЭ на плате, трассировка электрических соединений

**Метод проектирования моноконструкций** основан на минимизации числа связей в конструкции и применяется для создания функциональных узлов, блоков, РЭС на основе оригинальной несущей конструкции в виде моноузла (моноблока) с оригинальными элементами. Разработка моноконструкций РЭС связана с многочисленными трудностями и имеет ряд недостатков, а именно: значительное время конструирования и внедрения в серийное производство, ограниченные возможности типизации и унификации, недостаточно высокая надежность и т.п.

**Базовый (модульный) метод конструирования.** В основу метода положен модульный принцип проектирования. Деление базового метода на разновидности связано с ограничениями, схемной и конструкторской унификацией структурных уровней (модулей, функциональных узлов, блоков). Базовый метод является основным при проектировании современной РЭС, он имеет много преимуществ по сравнению с методом моноконструкций:

- на этапе разработки позволяет одновременно вести работу над многими узлами и блоками, что сокращает сроки проведения разработок; упрощает отладку и сопряжение узлов в лаборатории, так как работа любого функционального узла определяется работой известных модулей; резко упрощается конструирование и макетирование; сокращает объем оригинальной конструкторской документации, дает возможность непрерывно совершенствовать аппаратуру без коренных изменений конструкции;
- упрощает и ускоряет внесение изменений в схему, конструкцию и конструкторскую документацию;
- на этапе производства сокращает сроки освоения серийного производства аппаратуры;



- упрощает сборку, монтаж, снижает требования к квалификации сборщиков и монтажников;
- снижает стоимость аппаратуры благодаря широкой механизации и автоматизации производства;
- повышает степень специализации производства;
- при эксплуатации повышает эксплуатационную надежность РЭС, облегчает обслуживание, улучшает ремонтпригодность аппаратуры.

Таким образом, выбор метода конструирования в значительной степени зависит от объекта установки РЭС [5].

### **2.3 Компоновка и обоснование конструкций РЭС и приборов**

Компоновка - это размещение на плоскости или в пространстве элементов РЭС. Компоновка - это наиболее сложная и ответственная задача конструирования. Она занимает много времени, так как необходимо рассмотреть несколько возможных вариантов и выбрать оптимальный, для заданных условий применения. Компоновка в значительной степени определяет эффективность и качество РЭС. При компоновке необходимо учитывать состав элементной базы, удобство изготовления, эксплуатации, ремонтпригодность, необходимость защиты от дестабилизирующих факторов /5/.

Компоновка позволяет оценить электромагнитные, тепловые, кинематические связи, основные конструкторско технологические решения, массо-габоритные и надежность параметры, форму изделия, его совместимость с человеком оператором и объектом установки, снижение стоимости.

При проектировании РЭС используются несколько способов выполнения компоновки: аналитический, номографический, аппликационный, графический и др. При аналитической компоновке оперируют с числовыми

значениями различных компоновочных параметров: объем, вес, площадь, энергопотребление и т. д.

Основные показатели качества компоновки:

$K_v = \sum V_{\text{эрэ}}/V_{\text{бл}}$  - коэффициент заполнения блока по объему (коэффициент дезинтеграции объема);

$K_{m \text{ бл}} = m_{\text{общ}}/m_{\text{корп бл}}$  - коэффициент заполнения блока по массе;

$K_{s \text{ пл}} = \sum S_{\text{эрэ}}/S_{\text{пл}}$  - коэффициент заполнения площади платы.

Указанные параметры в значительной степени зависят от назначения и объекта установки РЭС. В большинстве случаев они находятся в пределах:  $0,4 \leq K_v \leq 0,6$ ;  $0,3 \leq K_m$ ;  $0,4 \leq K_{s \text{ пл}} \leq 0,6$ .

При выполнении дипломного проекта кроме определения указанных величин основная задача состоит в выполнении графической компоновки РЭС. Графическая компоновка наиболее трудоемкая, т. к. для реализации требований ТЗ необходимо рассмотреть несколько вариантов компоновки и выбрать из них оптимальный.

Таким образом определяющей задачей при компоновке является поиск компромиссного решения, удовлетворяющего в наибольшей степени все вышеуказанные основные требования.

По характеру установки печатных плат в настоящее время используются следующие методы компоновки:

- компоновка РЭС разъемной конструкции;
- компоновка РЭС книжной конструкции;
- компоновка РЭС кассетной конструкции.

При компоновке РЭС, связанной с разработкой конструкции блоков, устройств и т. п. в большинстве случаев используется разъемная компоновка.

Разъемная конструкция, как правило, является функционально законченной, т. е. может иметь переднюю панель, корпус, кожух, каркас, крышки верхние и нижние, в зависимости от объекта установки [11].

При обосновании выбранной конструкции необходимо проверить ее на соответствие требованиям технического задания и следующим общим положениям:

- учет объема выпуска (выбор метода изготовления с использованием перспективных технологических приемов изготовления элементов конструкции);
- обеспечение ремонтпригодности;
- удобство обслуживания;
- художественные и эргономические вопросы конструирования;
- технологичность конструкции;
- количество использованных в конструкции нормализованных, стандартизированных и унифицированных деталей и узлов;
- выбор метода монтажа;
- экономические вопросы.

## 2.4 Электрические соединители

Классификация и выбор электрических соединителей и монтажа.

Одним из самых ненадежных элементов РЭС являются электрические соединители (разъемы), которые составляют до 15% всех отказов. Входная надежность по ТУ находится в пределах от  $5 \cdot 10^{-8}$  до  $3 \cdot 10^{-8}$  г-1 при  $p=0,6$ . Поэтому правильный их выбор является непростой задачей [12].

Исходными данными для выбора электрических соединителей контактного типа, режимов и условий его эксплуатации являются нормы электрических и конструктивных параметров, предельные значения допустимых электрических параметров и режимов эксплуатации указанных в ТУ.

В зависимости от вида соединяемых цепей, электрические разъемы подразделяются на пять основных групп:

1. Низковольтные и низкочастотные с частотой до 3 МГц и напряжением до 1,5 кВ.

2. Высоковольтные низкочастотные разъемы до 1,5 МГц и выше 1,5кВ.

3. Радиочастотные, для цепей переменного и импульсного тока с частотой до 20 ГГц.

4. Импульсные с длительностью импульса до единиц наносекунд.

5. Комбинированные, имеющие контакты для соединения все видов цепей.

Для низкочастотной аппаратуры наиболее важными из электрических параметров являются максимальные коммутирующие токи и напряжения, для СВЧ согласование волновых сопротивлений коммутируемых линий.

Наибольшее распространение для электрического соединения кассет и ячеек с блоком получили соединители типа ГРПМ с гипербаллоидными малогабаритными разъемами, которые имеют прямоугольные контактные пары. Они рассчитаны на рабочие напряжения до 250 В и токи до 3 А, не менее 1000 соединений-разъединений, и в зависимости от модификации имеют от 30 до 122 контактов. ГРПМ1 - для печатного монтажа, ГРПМ2 - для объемного (проволочного) монтажа.

Для внешних соединений низкочастотных цепей широко используются соединители типа 2РМР – малогабаритные, цилиндрические. Они выпускаются в большом количестве различных типоконструкций, вплоть, до высокогерметичных, рабочим напряжением до 700 В и максимальным током до 3 А, с рабочей температурой от 60 °С до +200 °С.

Согласно ГОСТ 17468-76 в редакции 1980 г. условные обозначения РЧ и комбинированных соединителей состоят из буквенных и цифровых элементов. Соединители общего назначения НЧ с напряжением до 1,5 кВ имеют обозначение ОН, а комбинированные - ОК. Третья буква обозначает вид соединителя: Ц и ц – цилиндрические, П и п - прямоугольные, соответственно для объемного и печатного монтажа, т.е. ОНЦ и ОНП, ОНц и ОНп, а комбинированные - ОКП и ОКп.

Способ соединения ответных частей: Б – байонетный, Р - резьбовой; В - врубной; Н и К – соответственно непосредственное и косвенное сочленение с печатной платой.

Обозначение габаритных размеров: Н – нормальных габаритов; Г - малогабаритные; С – субминиатюрные, М – микроминиатюрные; К – супермикроминиатюрные.

Примеры условных обозначений:

Соединитель ОНЦ-БГ-2-45/39-Р11 - НЧ цилиндрический для объемного монтажа, байонетный малогабаритный, второго номера разработки (номер типоконструкции, для цилиндрических с 1 - 20, для прямоугольных с 21 - 53 номер, с числом контактов - 45, с условным размером 39, розетка кабельная без кожуха, всеклиматического исполнения.

Соединитель ОНп-ВГ-7-48/94x15-В53-В прямоугольный общего назначения для печатного монтажа, врубного соединения, малогабаритный, седьмого номера разработки, 48-контактный с размерами изолятора (корпуса) 94x15, В - вилка типоконструкции 53, В – всеклиматического исполнения.

В соединители ОКП указывается число НЧ и ВЧ контактов (60НЧ и 1ВЧ).

Радиочастотные соединители состоят из букв СР и цифр 50 или 75 - значение волнового сопротивления - Ом.

СР-75-110Ф: 1 - номер разработки, соединение 1-100 – байонетное, 101 - с резьбовым соединением, 501-700 врубным.

Буква обозначает вид изоляционного материала опорной шайбы (П - полиэтилен, К - керамика, Ф – фторопласт).

Подробные сведения о соединителях даны в справочнике [12], где приводятся параметры и характеристики 200 различных электрических соединителей для специальной и бытовой техники, и практически охватывает все области конструкций РЭС.

При выборе соединителей, кроме удобства компоновки, необходимо учитывать, что цилиндрические соединители более устойчивы по сравнению с прямоугольными к воздействию климатических и механических факторов, по способу удобства

монтажа, по контактному сопротивлению (0,01 Ом), его нестабильности при механических нагрузках. Главное направление, замена механических разъемов оптоэлектроникой, т.е. соединение жгутов оптических волокон.

В процессе выполнения компоновки необходимо определить разновидность монтажа проектируемого устройства и предусматривает для него дополнительное пространство. Тип внутриблочного электрического монтажа определяется используемой элементной базой, рабочим диапазоном частот, вариантом конструкции модуля и условиями эксплуатации [13].

К электромонтажу можно отнести следующие конструктивные элементы:

- одно- и многослойный печатный монтаж;
- провода, кабели и материалы для монтажа;
- элементы крепления провода, жгута, кабеля;
- элементы экранирования и заземления;
- соединительные элементы электрического монтажа;
- монтажные соединения узлов и блоков РЭС.

Для внутриблочного электромонтажа РЭС из монтажных проводов рекомендуется использовать провода марок МГШ, БЦВЛ, МГШВ, для неподвижной или жесткой прокладки – медные многожильные со шланговой изоляцией из полихлорвинила, полиэтилена марок ПРГ, ПРД и др. Для соединения вне блока используют кабели марок МКШ, РПКЭ, РПШЭ и др.

Для питания высоковольтных элементов аппаратуры применяют провода марок ПВЛ-2, ПВЛЭ-1, ПВС-5 с усиленной изоляцией и рабочим напряжением до 20 кВ.

В микроэлектронной аппаратуре используются плоские кабели, ленты фольгированного лавсана (ленточные КА-бели) марок ЛФ и ЛФЭ с количеством жил 4...32 штуки и их сечением от 0,03 до 0,5 мм<sup>2</sup>.

Требования к монтажу проектируемого изделия являются требованиями, сформулированными в ТЗ.

## **2.5 Выбор материалов, покрытий и шероховатостей поверхностей**

Материалами несущих конструкций необходимо выбирать с учетом удельной прочности и жесткости. Сведения о конструкционных материалах, покрытиях приведены в приложение Д, К, М. Для металлических деталей, корпуса кромки, каркаса изготавливаемых методом литья под давлением, наиболее часто применяют алюминиевые сплавы АЛ-2, АЛ-9, АК-12 (АЛ-2), АК-7ч и (АЛ-9); магниевые сплавы МЛ5, МЛ6; латуни ЛС-59-1Л, ЛК-80-3Л /14/.

Для деталей, к которым предъявляются повышенные механические требования используют механическую углеродистую сталь 45Л, чугун, линейную легированную сталь 40хЛ.

Для деталей РЭС, изготавливаемых методом штамповки, применяют сплав 10 КП обладающий высокой пластичностью и вязкостью, алюминиевые сплавы АМЦ, Д16, магниевые сплавы М1, титановые сплавы ВТ1, ВТ5 и др. В настоящее время широкое применение нашли различные пластмассы. Для корпусов и несущих конструкций литьевыми материалами: полимер МА6-210/310, М6-210-ДС, сополимер МСН, ударопрочный полистирол УПМ-0612Л-06, сополимер АБС-2020-30.

Пресс материалами: фенопласт СП1-342-02, АГ-4В, ДСВ-4-П и другие. Для изготовления небольших деталей (стойки, втулки корпуса носимых РЭС) полиэтилен 209-23209-23, 158-14, полифиниленоксид арилокс 2112. Для изготовления каркасов катушек индуктивности поликар-бонами ПК-ЛЭ-7,0, ПК-VRC. Керамический материал У1В-6, фторопласты, обладающие высокой рабочей температурой до 200 °С, стержень Ф-4, пленка Ф-4ЭО, трубка Ф-4Д [15].

Достаточное применение нашли различные клеи: БФ-4, ВК-9, нитроклей АК-20, герметики 51-Г-13а, эластил 11-06 и др. Защита различных материалов от коррозии, их декоративная

отделка и измерение электропроводности подробно приведено в приложении Д.

### *Выбор материалов корпусов РЭС*

В настоящее время существует целый спектр материалов для корпусов РЭС. Такое разнообразие является следствием необходимости защитить радиоэлектронное устройство от неблагоприятных воздействий окружающей среды, сохраняя удобство механической обработки, формообразования, соединения частей прибора. Материалы несущих конструкций следует выбирать с учетом удельной прочности и жесткости или обобщенного коэффициента [14].

Количественная оценка качества материала определяется из выражения для удельной прочности при растяжении-сжатии  $\sigma_{y0.p} = \sigma_{\sigma} / \rho$ ; для удельной прочности при изгибе  $\sigma_{y0.u} = \sigma_u / \rho$ ; удельной жесткости  $E_{уд} = E/\rho$ , где  $\sigma_{\sigma}$  — временный предел текучести;  $\rho$  — плотность материала, г/см<sup>3</sup>;  $\sigma_u$  — допустимое напряжение изгиба, Па;  $E$  — модуль упругости материала, Па.

Обобщенный коэффициент определяется как

$$K_{общ} = \sigma_{y0} E_{уд} = \sigma_{\sigma(u)} E / \rho^2$$

Усредненные показатели для основных материалов корпусов РЭС представлены в таблице 2.2.

Если деталь корпуса работает на прочность (планки, стойки, кронштейны), то необходимо пользоваться значением  $\sigma_{\sigma}$ . Если деталь работает на жесткость (лицевая панель, шасси, крышки), то пользуются  $E_{уд}$ . Как видно из таблицы 2.2,  $E_{уд \max} / E_{уд \min} \approx 4$ , а  $\sigma_{уд \max} / \sigma_{уд \min} = 11,2$ , т.е. жесткость материалов примерно одинакова. Поэтому целесообразно при выборе материала пользоваться обобщенным коэффициентом  $K_{общ}$ , который характеризует способность материала обеспечить высокую прочность при наименьшей деформации и массе.

Для корпусов РЭС из всего многообразия сталей в основном применяются те, которые обладают высокой



пластичностью, пригодны к изготовлению деталей штамповкой, холодной высадкой и хорошо свариваются.

Таблица 2.2 - Усредненные показатели

Материал	$\sigma_s$ , МПа	$E \cdot 10^{-3}$ , МПа	$\rho$ , г/см <sup>2</sup>	$\sigma_{y0}$ , Па	$E_{уд}$ , м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	Кобщ
Конструкционные качественные стали	320 - 730	320 - 324	7,8 - 7,85	40 - 93	40,76 - 41,53	1660 - 3863
Сталь легированная	750 - 1500			96 - 191	3907 - 7932	
Сплавы меди	200 - 750	100 - 200	8,7 - 8,9	22,5 - 86,2	11,2 - 23,0	252 - 1981
Сплавы алюминия	190 - 66	70 - 75	2,6 - 2,8	67,8 - 263	24,2 - 28,8	1641 - 7298
Сплавы магния	100 - 280	40 - 45	1,75 - 1,90	52,6 - 160	21 - 25,7	1107 - 4114

В основном это качественные углеродистые стали марок 08кп, 10кп, также 15, 20, где цифры характеризуют содержание углерода в сотых долях процента. Большое содержание углерода снижает пластичность и не позволяет штамповать деталь. Чаще всего корпуса радиоаппаратуры предпочитают изготавливать из алюминиевых сплавов. Малый удельный вес, высокая пластичность и более высокая коррозионная стойкость по сравнению со сталями сделали их более предпочтительными. За счет легирующих добавок и термической обработки алюминиевые сплавы могут обладать повышенными прочностью и коррозионной стойкостью. В зависимости от способа изготовления деталей одинаково широко используются для корпусов РЭС алюминиевые сплавы, деформируемые и литейные. Из деформируемых сплавов детали несущих

элементов изготавливаются резанием, механической обработкой, методами пластической деформации.

Различают деформируемые сплавы, упрочняемые и неупрочняемые; неупрочняемые — сплавы алюминия с магнием (АМг), марганцем (АМц). Они имеют высокую пластичность, хорошую свариваемость, высокую коррозионную стойкость. Эти сплавы наиболее удобны для получения деталей сваркой. Для корпусов РЭС, испытывающих повышенные механические нагрузки (инерционные воздействия, вибрации, удары), используются дуралюмины, сплавы системы «алюминий — медь — магний» (Al — Cu — Mg). Они упрочняются при термической обработке и позволяют обеспечить хорошее сочетание прочности, пластичности, коррозионной стойкости. Для РЭС используются Д1, Д16, Д19.

При повышенных требованиях к пластичности и коррозионной стойкости целесообразно элементы несущих конструкций изготавливать из АД31, АД33, АВ.

Особенно удобны эти материалы для декоративной отделки прибора, лицевых панелей, ручек.

Для изготовления несущих элементов сложной формы используются литейные сплавы. По назначению эти сплавы можно условно разбить на следующие группы:

1. Сплавы, предназначенные для герметичной РЭС (АЛ2, АЛ4, АЛ9, ВАЛ8).
2. Высокопрочные жаропрочные сплавы (АЛ19, АЛ3, АЛ5).
3. Коррозионно-стойкие сплавы (АЛ8, АЛ22).

Основные характеристики марок алюминиевых сплавов приведены в таблице 2.3.

Ценными материалами для радиотехнических конструкций являются магниевые сплавы. Они хорошо поглощают вибрации, что особенно важно для самолетной и вертолетной аппаратуры. Например, удельная рациональная прочность магниевых сплавов почти в 100 раз выше, чем у дуралюминов (Д16) и в 20 раз лучше, чем у конструкционных

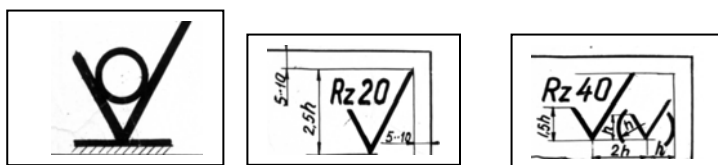
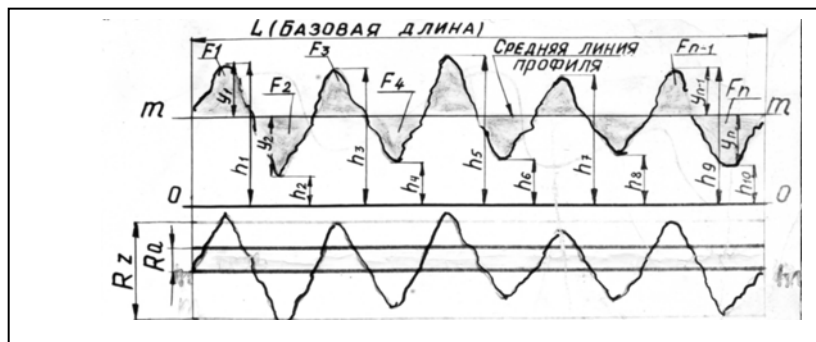
сталей, удельной жесткости при изгибе и кручении магниевые сплавы не уступают алюминиевым и стальным. Эти сплавы используются не только как ценный технический материал с малой плотностью, но и как заменитель дефицитных и дорогостоящих легированных сталей, бронз, латуней. Так, для микроэлектронной аппаратуры интерес представляют сверхлегкие сплавы МА18, МА21 с плотностью 1,3 - 1,6 г/см<sup>3</sup>, которые обладают повышенными пластичностью, удельной жесткостью и прочностью выше, чем у дюралей. Примеры условного обозначения материалов в основной надписи спецификации и технических требованиях (на поле чертежа) приведены в приложении К.

Таблица 2.3 - Основные характеристики марок сплавов

Сплав	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	E, МПа	$\sigma_s$ , МПа	Eуд	$\sigma_{yd}$	Кобщ
АМц	2,73	70	170	25,6	62,27	159,41
АМг2	2,68	71	190	26,49	70,89	1878,0
Д16	2,8	72	360	25,71	128,5	3305,5
Д16Т	2,8	72	460	25,71	164,28	4223,78
АЛ2	2,65	70	190	26,4	71,70	1892,8
АЛ9	2,66	70	230	26,30	86,4	22274,8
ВАЛ8	2,73	72	410	26,30	150,18	3942,2
МА18	1,5	45	185	30	123	3690
МА21	1,5	46	240	30,6	160	4896

Шероховатость поверхности - это совокупность неровностей с относительно малым шагом (расстояние между верхними характерных неровностей измеренного профиля) образующих рельеф поверхности в пределах участка, длина которого выбирается в зависимости от характера поверхности и равна базовой длине для оценки шероховатости поверхности устанавливаем следующие два параметра: среднее

арифметическое отклонение профиля -  $R_a$  от средней линии мм и высота неровностей профиля по 10 точкам -  $R_z$ , ГОСТ2309-73. Рисунок 2.2 [15].



4.  $\sqrt{Ra 0,63(v)}$

Рисунок 2.2 – Параметры обозначения шероховатости поверхности (Ш.П.)

Различные дефекты поверхности (царапины, Раковины и т.п.) при измерении шероховатости не учитывают. Числовое значение шероховатости ограничивают только максимальную величину шероховатости. Классификацию шероховатости поверхности приведены в приложении Е.

Обозначение шероховатости поверхности (Ш.П.)

1. Без удаления слоя материала (не обрабатываемый)
2. С удаления слоя материала всей детали одинаково.
3. Необозначенная на чертеже (все остальное).

4. Позиции 2 и 3 по старому обозначению позиции 4 новое обозначение с 2005 года. Все значения помещаются под Радикал.

## **2.6 Выполнение графических работ проекта**

Графическая часть дипломного проекта выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД [16, 17]. В состав графической части проекта могут входить следующие чертежи (в пересчете на формат А1 - 594 x 841 мм):

- электрическая схема устройства;
- сборочный чертеж устройства;
- электромонтажный чертеж;
- рабочие чертежи деталей, чертежи печатной платы и другие.

На сборочных чертежах должны быть приведены все сведения, необходимые для сборки; регулировки и контроля.

Каждый чертеж должен иметь основную надпись конструкторского документа, расположенную в правом углу поля документа. Спецификации помещаются в приложении расчетно-пояснительной записки.

Содержание и объем графического материала согласовывается с руководителем проекта.

## **2.7 Правила выполнения схем**

### *Общие положения*

Схема - конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними [18].

Количество схем на изделие должно быть минимально, но достаточным для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта.

При выполнении схем используют следующий термин:

Устройство - совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, панель и т.п.). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

Классификацию схем по видам и типам устанавливает ГОСТ 2.701 - 84. Виды схем определяются в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, и обозначаются буквами русского алфавита. Различают десять видов схем: электрическая - Э, гидравлическая - Г, пневматическая - П, газовая - Х, кинематическая - К, вакуумная - В, оптическая - Л, энергетическая - Р, деления - В; комбинированная - С.

Электрические схемы в зависимости от назначения подразделяют на типы и обозначают арабскими цифрами. Установлено восемь типов схем: структурная - Э1, функциональная - Э2, принципиальная (полная) - Э3, соединений (монтажная) - Э4, подключения - Э5, общая - Э6, расположения - Э7, объединенная - Э0.

Общие правила выполнения схем устанавливает ГОСТ 2.70-1-84 и ГОСТ 2.702 - 75.

При выполнении схем необходимо соблюдать следующие требования [19]. Схемы выполняют с соблюдением масштаба, действительное пространственное расположение составных частей не учитывается или учитывается приближенно. Электрические элементы и устройства на схеме изображают в состоянии, соответствующем обесточенному. Элементы и устройства, которые приводятся в действие механически, изображают в нулевом или отключенном положении. При отклонении от этого правила на поле схемы необходимо давать соответствующие указания.

Линии на схемах всех типов выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.303 - 63, толщины линий выбираются в пределах от 0,4 до 1 мм и выдерживаются постоянными во всем комплекте схем. Графические обозначения элементов и линии взаимосвязи выполняют линиями одинаковой толщины. Допускается утолщением линии при необходимости выделить

отдельные электрические цепи, например, силовые цепи. На одной схеме рекомендуется применять не более трех типоразмеров линий в электрических схемах представлены в таблице 2.4.

На электрической схеме изображают элементы и устройства, в виде графических обозначений, линии взаимосвязи, буквенно-цифровые обозначения, таблицы, помещают текстовую информацию, основную надпись.

Таблица 2.4 - Назначение, наименование и начертание линий

Назначение	Наименование	Начертание
Электрические связи, графические обозначения элементов	Сплошная	
Механические связи, экраны.	Штриховая	
Условные границы устройств, функциональных групп	Штрихпунктирная	

## 2.8 Выполнение электрических схем

### *Схемы принципиальные*

Схема электрическая принципиальная определяет полный состав элементов изделия и дает детальное представление о принципе работы изделия.

Принципиальная схема служит основой для разработки других конструкторских документов - схемы соединений и расположения, чертежей конструкции изделия и является

наиболее полным документом для изучения принципа работы изделия.

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи (разъемы, зажимы и т.п.). Элементы изображают в виде условных графических обозначений, установленных ГОСТ и ЕСКД.

Построение схемы осуществляется разнесенным и совмещенным способами. Разнесенным способом выполняют схемы автоматики и электрооборудования (т.е. схемы, содержащие много контактов, реле, микросхемы и т.п.). При выполнении таких схем рекомендуется пользоваться строчным способом, располагая условные графические обозначения элементов, входящих в одну цепь, последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи - одну под другой таким образом, чтобы изображения этих цепей образовали параллельные строки (горизонтальные или вертикальные). При выполнении схемы строчным способом допускается нумеровать строки арабскими цифрами, указывать назначение цепей.

При изображении на схеме и в перечне элементов проставляют \*, а на поле схемы \* подбирают при регулировке. Порядковые номера присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо. Позиционные обозначения проставляют рядом с графическим обозначением с правой стороны или над ним.

При изображении на схеме элемента или устройства разнесенным способом его позиционное обозначение проставляют около каждой составной части. При разнесенном способе изображения схемы эти обозначения следует указывать на каждой составной части элементов, при этом, если на схеме



представлено несколько одинаковых элементов, обозначение контактов допускается наносить только на изображении одного из элементов. На принципиальной схеме рекомендуется указывать характеристики входных и выходных цепей изделия (частоту, напряжение, ток, сопротивление, индуктивность и т.п.). Допускается указывать адреса внешних соединений (если они заведомо определены), например, Л - ХЗ:5, т.е. выходной контакт должен быть соединен с 5-м контактом разъема ХЗ устройства А, или «Прибор А», если такая надпись обеспечивает однозначность присоединения.

Характеристики входных и выходных цепей изделия, а также адреса их внешних подключений рекомендуется записывать в таблицы, помещаемые вместо условных графических обозначений входных и выходных элементов – разъемов, плат и т.д. Порядок расположения контактов в таблице определяется удобством построения схемы. Размеры и форма таблицы ГОСТом не устанавливаются. При отсутствии характеристик входных и выходных цепей или адресов их внешнего присоединения в таблице не приводят графу с этими данными. При необходимости допускается вводить в таблицу дополнительные графы.

Каждой таблице присваивают позиционное обозначение элемента, вместо условного графического обозначения которого она помещена. Допускается сохранять условные графические обозначения входных и выходных элементов – разъемов, плат и т.п. (рисунок 2.3). Таблицы входных и выходных цепей могут быть выполнены разнесенным способом, при этом головка таблицы приводится только на одном из изображений.

На принципиальной схеме рисунок 2.3 должны быть однозначно определены все элементы и устройства, входящие в состав изделия. Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов (см. рисунок 2.4).

При составлении перечня элементов его помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного

документа на листе формата А4 с основной надписью в виде таблицы (рисунок 2.4). Запись элементов в таблице

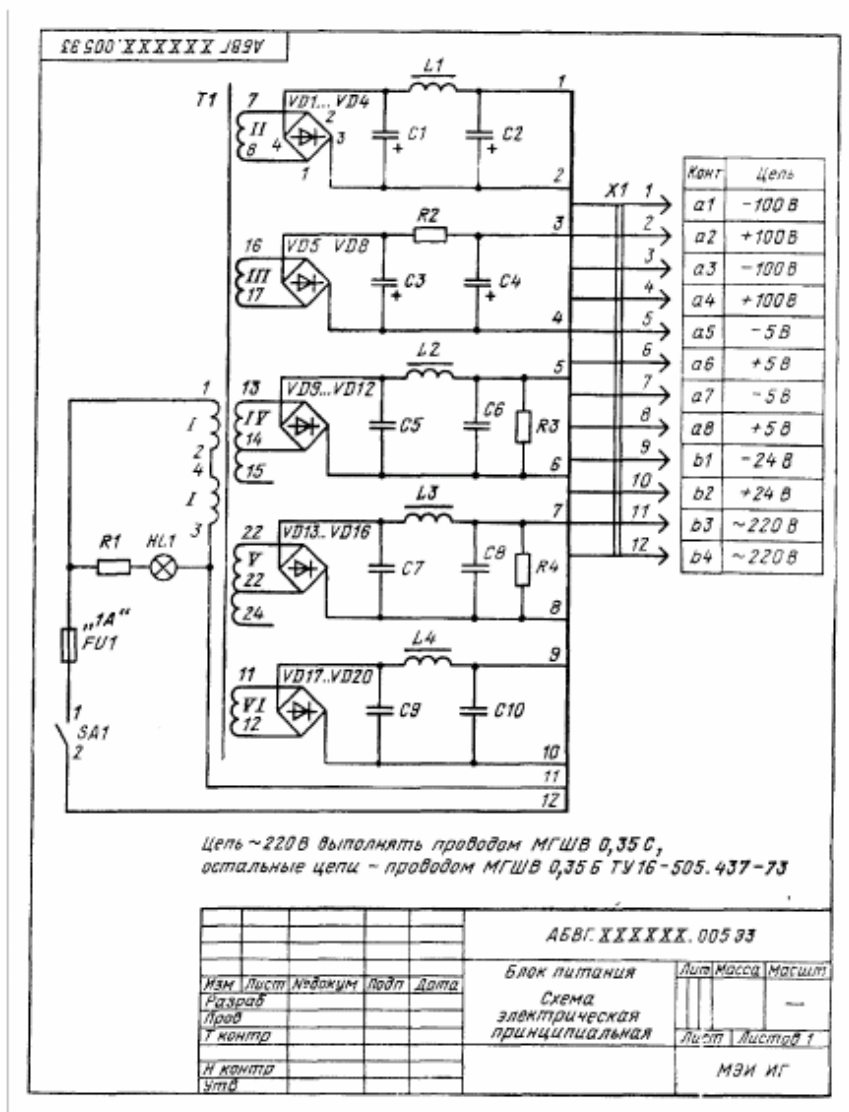


Рисунок 2.3 - Блок питания. Схема электрическая принципиальная

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы		
C1...C4	K50-360-160-200 ОЖО.464.042 ТУ	4	
C5...C10	K50-6-II-25B-200 мкФ ОЖО.464.031 ТУ	6	
FU1	Вставка плавкая ВП1-1-1А-250 В ОЮО.480.003 ТУ	1	
HL1	Лампа МН18-01 ГОСТ 2204-80	1	
L1...L4	Дроссель Д29-1,2-0,28 ОЮО.475.000 ТУ	4	
	Резисторы МЛТ ГОСТ...		
R1	МЛТ-0,5-620 Ом $\pm 10\%$	1	
R2	МЛТ-2-240 Ом $\pm 10\%$	1	
R3, R4	МЛТ-2-510 Ом $\pm 10\%$	2	
SA1	Микротумблер МТ1 ОЮО.360.016 ТУ	1	
T1	Трансформатор ТАМ1-127/220-50 ОЮО.470.001 ТУ	1	
VD1...VD20	Диод Д2376 ТРЗ.362.021 Т	20	
X1	Вилка РП14-30А ЕСЗ.656.015 ТУ	1	
МИФТ.ХХХХХХ.005 ПЭЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разраб.			Дата
Пров.			
Н. контр.			
Утв.			
Блок питания Перечень элементов			Лит. Лист Листов
			МЭИ ИГ

## Рисунок 2.4 - Блок питания. Перечень элементов

производится в алфавитном порядке латинского языка. При размещении перечня элементов на первом листе схемы его располагают на основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. Если перечень элементов выпускают в виде самостоятельного документа, то ему присваивают код, который состоит из букв «П» и кода схемы, например ПЭЗ. При этом в основной надписи перечня под наименованием изделия, для которого составлен перечень, делают запись «Перечень элементов».

При проектировании изделия, в которое входят несколько разных устройств, на каждое из них рекомендуется выполнять самостоятельную принципиальную схему. Если такие устройства могут быть применены в других изделиях или самостоятельно, выполнение отдельных принципиальных схем для них является обязательным. При оформлении принципиальной схемы изделия, в состав которого входят устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, каждое такое устройство рассматривают как элемент схемы изделия, присваивают ему позиционное обозначение, изображают в виде прямоугольника или условного графического обозначения, записывают в перечень элементов в одну строку. На схеме изделия в прямоугольники, изображающие устройства, допускается помещать электрические схемы этих устройств. Если в изделие входят несколько одинаковых устройств, то схему устройства рекомендуется помещать на свободном поле схемы изделия с соответствующей надписью «Схема БВГ.ХХХХХХ.156.ЭЗ».

## 2.9 Обозначение чертежей по ЕСКД

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) предназначена для обозначения изделий и конструкторских документов, а также практические рекомендации по

определению кода квалификационной характеристики (КХ) изделий [19].

ГОСТ 2.101-68 ЕСКД «Виды изделий» - все виды рассматриваются как предмет производства с точки зрения построения комплекта конструкторских документов для его производства и эксплуатации. Поэтому выпускаемые изделия во всех отраслях промышленности классифицируются по четырем видам:

- - детали;
- - сборочные единицы;
- - комплексы;
- - комплекты.

Обозначение основного конструкторского документа (чертежа детали или спецификации) включает: код организации разработчика (четыре знака), код квалификационной характеристики (шесть знаков), код порядкового регистрационного номера чертежа (три знака). Код разработчика – это сочетание различных заглавных четырех букв или цифр), он определяется министерством. Для нашей специальности буква «Р» (радисты), далее фамилия, имя, отчество т.е. РСАА. По классификатору ЕСКД обозначение конструкторского документа представляет собой шестизначное число последовательно обозначающее класс (первые два знака), подкласс, группу, подгруппу, вид по одному знаку и номер чертежа – три знака, индекс обозначения для графы документация.

Например: класс 46 – средства радиоэлектронные управления, связи, навигации и вычислительной техники. Подкласс 4 – радиоприёмопередающие, группа 3 – приёмные, подгруппа 2 – вещательные, вид 8 – бортовые, т.е. РСАА.464328.001.

При написании КХ надо ставить точки после кода разработчика и после обозначения конструкторского документа (шесть цифр) ГОСТ 2.201-80.

Классификатор ЕСКД построен по иерархическому десятичному методу, основанному на логическом делении классифицируемого множества. Все множество изделий разделено на группы классов: классы изделий по видам техники, классы изделий общемашиностроительных, классы деталей.

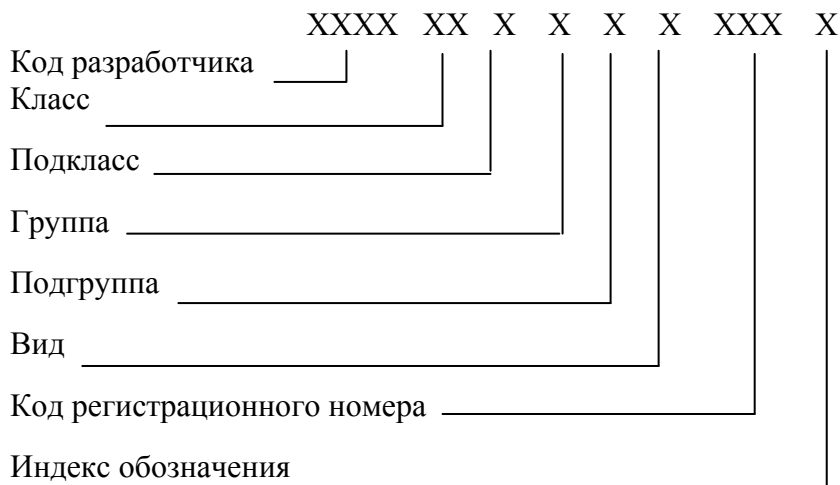


Рисунок 2.5 - Структура обозначения кода классификационной характеристики

При классификации изделий в классах классификатора использованы, в основном, следующие признаки:

- функциональный (основная эксплуатационная функция, выполняемая изделием), для сборочных единиц, комплектов, комплексов;
- конструктивный (конструктивные особенности изделия);
- принцип действия (физический, физико-химический процесс, на основе которого действует изделие);

- параметрический (величина и степень точности рабочих параметров изделия: основные размеры, мощность, напряжение, сила тока, частота и др.);
- геометрическая форма (внешнее очертание, характер взаимного расположения поверхностей и др.);
- наименование изделий.

Наиболее общие признаки верхних уровней классификации конкретизируются на последующих уровнях.

Для рационального пути отыскания необходимого класса классификатора ЕСКД все классы объединены в несколько групп по отраслевой принадлежности или специализации производства:

- радиоэлектронные (классы 46, 43);
- электротехнические (52, 56, 64, 65, 67, 68);
- приборостроительные (20. 40-42, 94);
- общемашиностроительные (71 -76, 30, 31);
- технологические (04, 28, 29, 44).

К первой, основной, для нашей отрасли группе относится «Радиоэлектронные». В классе 46 «Средства радиоэлектронного управления, связи, навигации и вычислительной техники» классификатор ЕСКД расклассифицированы все разработанные в стране радиоэлектронные средства (РЭС).

В отличие от других классов сетка подклассов и групп класса 46 дополнена графой, имеющей наименование «Признаки функционально – конструктивной сложности средств». По этому признаку все классифицируемые изделия класса 46 подразделяются на:

- РЭС - системы, комплексы, устройства (подклассы 461000 - 466000);
- составные части радиоэлектронных средств функциональные в модульном и не модульном исполнении (подклассы 467000 - 468000);
- составные части РЭС функциональные, т.е. «промежуточные сборки» (подкласс 496000).

Такое деление на подклассы значительно облегчают отыскание составных частей и их КХ. Так например печатные платы в сборе с электрорадиоизделиями (подкласс 469000, стр. 110- 119). При классификации изделия класса 46 в основном используется «функциональный» и «конструктивный» признаки.

Изделиям, не имеющим функционального назначения, наименование присваивается исходя из конструкции изделия: шкаф, блок, ячейка и т.д.

Пример - найти код КХ одноканального вторичного источника электропитания (ВИП)  $P = 10$  Вт с постоянным стабилизированным напряжением на выходе 100 В, питаемого от однофазной сети переменного тока.

В классе 43 по сетке подклассов и групп определяем, что ВИП относится к подклассу 436000 «Системы и источники вторичного электропитания». Рассматриваемый ВИП классифицируется в группе 436200 «ВИП одноканальные с выходным переменным однофазным напряжением».

По КХ подгрупп и видов определяем подгруппу 436230 «с выходным постоянным стабилизированным напряжением» и вид 436231 «с выходными параметрами:  $P$  до 10 Вт, напряжением до 100 В вкл.».

К группировкам классов «Приборостроительные» и «Электротехнические» относятся классы 40 - 42, 67, 68, также имеющие довольно широкое применение на предприятиях радиотехнической промышленности.

Пример - найти код КХ согласующего трансформатора высокочастотного. Основной признак, по которому классифицируются трансформаторы – назначение. По назначению они делятся на силовые и сигнальные.

В классе 67 находим трансформаторы в группировке «Электротехнические», по сетке подклассов и групп определяем, что трансформатор относится к подклассу 671000 «Трансформаторы, реакторы (дрессели), усилители магнитные, стабилизаторы магнитные малой мощности», к группе 671100 «Трансформаторы питания сигнальные». По КХ подгрупп и



видов определяем подгруппу 671140 «Трансформаторы сигнальные согласующие» и вид «Высокой частоты».

Если оценивать классы изделий по ЕСКД, то безусловно, класс 46 является основным. При проектировании РЭС он охватывает системы, комплексы, устройства всех РЭС (приемопередающих, телевизионных, вычислительной техники, проводной связи и др.) и что очень важно, и их составные части.

При определении кода классификационной характеристики различным изделиям (детали, сб. единицы, комплексы и комплекты) наиболее трудной задачей является определение этой характеристики класса 71 - 76 «Детали». Это связано с множеством их форм, параметров, конструкций и др. признаков.

В классификаторе ЕСКД имеется пять классов деталей (71-75), класс 76 - детали инструмента, где на первом уровне классификации применен признак «геометрическая форма», который является наиболее объективным и стабильным признаком при ее описании.

Множество деталей в этих классах разделено по геометрической форме на три подмножества:

- детали - тела вращения (кл. 71, 72),
- детали - не тела вращения (кл. 73, 74),
- детали - тела вращения и (или) не тела вращения (кл.75).

«Геометрическая форма» конкретизируется на последующих уровнях классификации последующим признакам: параметрический, конструктивный, служебное назначение, наименование детали.

Конструктивный признак - характеристика отдельных элементов детали, их взаимное расположение, которым конкретизирует геометрическую форму.

Параметрический признак используется в классе 71 и в пределах класса 74 и 75. Наименование детали используется в качестве классификационных признаков, когда деталь

понимается однозначно во всех отраслях техники (колесо зубчатое, рычаг, пружина и т.п.).

Итак, определение класса детали является исходным моментом в процессе отыскивания ее квалификационной характеристики.

Каждый класс изделий содержит алфавитно-предметный указатель (АПУ) изделий, где в алфавитном порядке наименований изделий даны коды КХ.

Одной из составных частей при выполнении некоторых лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов, являются печатные платы (ПП). Они относятся к классу 75. По иллюстрированному определителю детали класса 75 на стр. 98 - 101 находим печатные платы на жестком основании, платы микросхем микрополосковые, но нет ПП на гибком основании. Здесь приведены только одно и двухсторонние ПП на жестком основании, их полная квалификационная характеристика дана в классе 75. Детали – тела вращения и (или) не вращения (стр. 124 - 125).

Основным фактором при определении квалификационной характеристики является зависимость от ширины платы, т.е. «геометрический» размер. Однако ГОСТ 1.0317 - 79 «Платы печатные. Основные размеры» регламентирует, что соотношения сторон должно быть не больше 3:1 - т.е. нельзя брать длину платы сколь угодно. Вдобавок не учтен фактор по какому классу изготавливаем ПП. Так по первому классу изготовления максимальный размер ПП  $470 \times 470$  мм, а для пятого класса  $120 \times 120$  мм. Нет в классе 75 и многослойных ПП. Они помещены в класс 68 «Оборудование электротермическое, монтаж механический». В подклассе: устройства электромонтажные. Монтаж механический, в группе: элементы электромонтажные по АПУ находим код КХ 687240 - 687290 (стр. 80, 81). Там же приведены КХ касет, блоков, панелей печатных плат. Примеры некоторых КХ изделий РЭС приведены в приложении Ж.

## **2.10 Составление спецификации и выполнение сборочных чертежей**

### Спецификация и сборочный чертеж

Спецификация и сборочный чертеж изделия относятся к рабочей конструкторской документации. Эта документация разрабатывается после выполнения чертежей деталей. Спецификацию составляют на листах формата А4 по форме, приведенной на рисунке 2.6. Существует два способа выполнения спецификации: базовый и групповой. В дипломных проектах, в основном, используем базовый метод, где приводятся только постоянные данные.

The diagram shows a table with dimensions and column headers. The table has 6 columns and 5 rows. The dimensions are: 6, 6, 6, 70, 63, 10, 22. The column headers are: Формат, Литер, Код, Обозначение, Наименование, Кол., Примечание. The table is drawn with solid lines, and the dimensions are indicated with arrows and numbers.

Формат	Литер	Код	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

Рисунок 2.6 - Форма спецификаций

В спецификацию вносят составные части, входящие в изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к изделию в целом и его составным частям. При записи в спецификацию составных частей, являющихся элементами электрической принципиальной схемы, в графе «Примечание» указывают буквенно-цифровые позиционные обозначения этих элементов рисунок 2.7. В общем случае спецификация состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты рисунок 2.6.

Наименование каждого раздела указывают в графе «наименование» и подчеркивают. Документация записывается в следующей последовательности:

- документы на специфицированные изделия;
- документы на неспецифицированные составные части.

Согласно таблице ГОСТ2.102-68 запись проводится в следующей последовательности СБ, ВО...МЧ, схемы ПЭЗ, текстовые документы ВС, ВД... ВД... ПЗ, ТУ, ЭД, РД... Таким образом в наименовании «документация» записывают конструкторские документы, графические и текстовые, относящиеся ко всему изделию в целом без составных частей, т.е. основной комплект конструкторских документов. Все документы записываются под одним обозначением, например, РСАА462784001 СБ, ЭЗ, ПЭЗ, ТУ, ПЗ и т.д. отличаются только индексом обозначения характеристики.

В зависимости от состава изделия некоторые разделы в спецификации могут отсутствовать.

В разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» запись указанных изделий проводят в порядке возрастания цифр, входящих в классификационную характеристику изделия. Детали с одинаковой классификационной характеристикой рекомендуется записывать в соответствии с порядковым номером.

Изделия, примененные по государственным, республиканским, отраслевым стандартам, а также по стандартам предприятий, относят к «Стандартным изделиям».

Стандартными изделиями чаще всего являются подшипники, крепежные изделия по государственным стандартам, затем - по республиканским, отраслевым и стандартам предприятий.

В пределах каждой категории стандартов изделия объединяют в группы по функциональному признаку. Обычно вначале записывают радиоэлементы, а затем крепежные

Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<i>Документация</i>					
A1		РКДА 468353.001.33	Схема электрическая принципиальная		
A1		РКДА 468353.001.СБ	Сборочный чертёж		
A4		РКДА 468353.001.ПЗ	Пояснительная записка		
<i>Сборочные единицы</i>					
A1	1	РКДА 68724.1001	Плата	1	
<i>Детали</i>					
A1	2	РКДА 73114.7001	Корпус	1	
A1	3	РКДА 731192.001	Крышка	1	
A1	4	РКДА 741127.001	Панель передняя	1	
<i>Стандартные изделия</i>					
	5		Винт В2М3-6dх4	4	
<b>РКДА 468353.001</b>					
Изд. № лист	Изм.	Лист	№ док-м	Подп.	Дата
	Разраб.				
	Проб.				
	Испол.				
	Утв.				
Милливольтметр				Лист	Лист
				1	2
				ВГТУ ФРТЗ КИПР РК-001	
Копировал				Формат А4	

Рисунок 2.7- Спецификация

Формат Зонт		Паз	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание	
		6		ГОСТ 174.73-80 Винт В2М3,5-6х8	2		
		7		ГОСТ 174.75-80 Винт В2М4-6х18	6		
		8		ГОСТ 174.75-80 Гайка М3,5-6Н	2		
				ГОСТ 5929-70			
				<u>Прочие изделия</u>			
		9		Тумблер SMTS-103-2C3 Jietong Switch	1	S2	
		10		Тумблер SMTS-202-2A1 Jietong Switch	1	S1	
		11		Кнопка PBS-10B Jietong Switch	1		
		12		Вилка XLR-ML-402 Dragon City Industries	1		
		13		Разетка BNC-7026 New Centress	1		
				<u>Материалы</u>			
		14		Провод НВ-0,12 4600 ГОСТ 17515-72	80	мм	
Изм. Лист	№ докум	Подп.	Дата	РКДА 468353.001			Лист
							2

Копировал

Формат А4

Рисунок 2.7 - Продолжение

детали: болты, винты, гайки, шпильки, шпонки и т.д. (в порядке алфавита), в пределах каждого наименования - по возрастанию обозначения стандарта, а внутри одного стандарта - по возрастанию основных параметров или размеров изделия. Раздел «Прочие изделия» содержит изделия, примененные по техническим условиям. Запись изделий производится по однородным группам. Дальнейший порядок записи аналогичен порядку записи стандартных деталей. В спецификациях на электротехнические изделия порядок записи прочих изделий может быть определен порядком их записи в перечне электрической схемы.

В раздел «Материалы» вносят материалы, непосредственно входящие в изделие. Порядок записи материалов определен ГОСТ 2.108-68. Сначала записывают металлы: черные, цветные, кабели, провода, пластмассы, текстильные, бумажные, резиновые, кожаные и другие материалы.

В пределах каждого вида записывают в алфавитном порядке наименование, в пределах каждого наименования по возрастанию размеров или других технических параметров. Не записываются материалы, устанавливаемые технологом (лаки, краски, клеи, припой и т.д.), которые указываются в технических требованиях на поле чертежа. После заполнения граф спецификации следует сделать следующие замечания:

- в графе «Формат» указывают форматы документов. Если документ выполнен на листах разного формата, то в графе проставляют «звездочку», а форматы указывают в графе «Примечание» в порядке возрастания. В разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы» графу не заполняют;
- для раздела «документация» указывают формат, на котором выполнен документ (А1, А2... и т.д.);

- для разделов комплекс, сборочные единицы и детали указывают формат основного конструкторского документа;
- для комплекса и сборочных единиц – формат спецификации, т.е. А4, для детали – формат чертежа на котором выполнена деталь.
- в графе «Зона» указывают обозначение зоны чертежа, в которой находится номер позиции составной части;
- в графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, в последовательности записи их в спецификации. В разделах «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют;
- в графе «Обозначение» указывают обозначение конструкторских документов на изделия в соответствии с ГОСТ 2.201-80. В разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы» графу не заполняют;
- в графе «Наименование» указывают наименование изделия в соответствии с основной надписью на конструкторских документах этих изделий. Для стандартных, прочих изделий и материалов к наименованию добавляются обозначения в соответствии со стандартами и техническими условиями. В разделе «Документация» записывают только наименование элемента на данное специфицируемое изделие: «Сборочный чертеж».

После каждого раздела спецификации следует оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей. Допускается резервировать и номера позиций.

#### *Сборочный чертеж*

Сборочный чертеж является документом, на котором приводятся сведения, необходимые для изготовления (сборки) сборочной единицы. В общем случае сборочный чертеж должен содержать:



- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность сборки и контроля сборочной единицы;
- указания о характере сопряжений и методах его осуществления;
- номера позиций составных частей, входящих в изделие, в точном соответствии со спецификацией на данное изделие;
- габаритные размеры изделия;
- установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- при необходимости техническую характеристику и координаты центра масс.

Изображение на сборочных чертежах следует выполнять с упрощениями по ГОСТ 2.109-73 и другим стандартам ЕСКД. Допускается изображать не рассеченными составные части, на которые оформляются самостоятельные сборочные чертежи. Типовые, покупные и другие широко применяемые изделия допускается изображать внешними очертаниями. Сварное, паяное, клееное и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, изображая границы между двумя изделиями сплошными основными линиями.

Допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом при условии их размещения на листе формата А4, при этом спецификацию располагают ниже графического изображения изделия и заполняют ее в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполненную как самостоятельный конструкторский документ. Такому совмещенному конструкторскому документу присваивается обозначение основного конструкторского документа.

На чертежах сборочных единиц, изготавливаемых наплавкой металла или сплава на деталь, заливкой поверхностей детали пластмассой, резиной и т.д., наносят размеры окончательно готовой сборочной единицы и другие данные, необходимые для изготовления и контроля. Наплавляемый металл для заливки записывают в спецификацию сборочной единицы в раздел «Материалы».

## 2.11 Чертежи деталей

Рабочие чертежи, как правило, разрабатывают на все детали, входящие в состав изделия, т. к. они являются обязательными конструкторскими документами.

Чертежи деталей, изготовленных механической обработкой, штамповкой или литьем, технологически значительно отличаются от деталей изготовленных печатным методом (платы). Они должны содержать необходимое количество изображений для их изготовления и контроля, при необходимости можно применять разрезы, сечения, разрывы и т. п..

Обозначение материала должно содержать наименование, марку, если она для данного материала установлена и номер стандарта или ТУ, например:- сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Если деталь должна быть выполнена из сортового материала определенного профиля и размера, то материал записывают в соответствии со стандартом, например:

- сталь углеродистая качественная конструкционная:

- для обработки резанием

Круг В-НД-16-БП-ПН 0.1.0 ГОСТ 2540 - 88

45-ЗГП-М1-ЗВ1-ТО, ГОСТ 1050 - 80

- общего назначения

лист АТ-АШ-БП-ПН 0.1.0 ГОСТ 19904 - 96

К270В5-11-Г-10КП ГОСТ 16523 - 97

В числителе указан стандарт на сортамент, а в знаменателе на марку материала.

*Деталь печатной платы*

Наиболее часто встречающейся деталью при выполнении дипломного проектирования является печатная плата. Печатная плата характеризуется следующими параметрами: согласно ГОСТу 23751 - 86 печатные платы, в зависимости от плотности монтажа, выполняются по пяти классам точности.

Таблица 2.5 - Классы точности ПП

Условные обозначения	Номинальные значения основных размеров для классов точности				
	1	2	3	4	5
t, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
S, мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
b, мм	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025

где, t – ширина печатного проводника;

S – расстояние между проводниками;

b – гарантийный поясок.

Координатная сетка - сетка, наносимая на изображение платы и служащая для определения положения монтажных отверстий, печатных проводников и других элементов платы.

Шаг координатной сетки - расстояние между соседними линиями координатной сетки. Основной шаг координатной сетки 2,5; 1,25; 0,5 или должен быть кратным 0,625 мм (0,625; 1,25; 1,875; 2,5 и т. д.).

Узел координатной сетки - точка пересечения линий координатной сетки.

Конструкторская документация на печатные платы и узлы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109 - 73, ГОСТ 2.417 - 68 и действующими нормативно-техничес-

кими документами. Чертеж печатной платы односторонней или двусторонней классифицируется как чертеж детали. Чертеж печатной платы должен содержать все сведения, необходимые для ее изготовления и контроля: изображение печатной платы со стороны печатного монтажа; размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей печатной платы и всех ее элементов (отверстий, проводников), а также размеры расстояний между ними; необходимые технические требования; сведения о материале согласно ГОСТ 10317 - 79.









Размеры каждой стороны печатной платы должны быть кратными 2,5 при длине до 100 мм; 5 при длине до 350 мм; 20 при длине более 350 мм. Максимальный размер любой из сторон печатной платы не должен превышать 470 мм. Соотношение линейных размеров сторон печатной платы должно быть не более 3:1 и выбирается из ряда 1:1; 1:2; 2:3; 2:5. Толщину плат определяют исходя из механических требований, предъявляемых к конструкции печатного блока, с учетом метода изготовления. Рекомендуются платы толщиной 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм. Чертежи печатных плат выполняют в натуральную величину или с увеличением 2:1, 4:1, 5:1, 10:1.

Разработку чертежа печатной платы начинают с нанесения координатной сетки. За основной шаг прямоугольной координатной сетки по ГОСТ 10317-79 принимается 2,5 мм. Для малогабаритной аппаратуры и в технически обоснованных случаях допускается применять дополнительные шаги 1,25 и 0,5 мм.

Центры всех отверстий на печатной плате должны располагаться в узлах координатной сетки. Если из-за конструктивных особенностей навесного элемента этого сделать нельзя, то центры отверстий располагают согласно указаниям чертежа на этот элемент. Такое расположение центров отверстий используют для ламповых панелей, малогабаритных реле, разъемов и других элементов. При этом должны соблюдаться следующие требования: центр одного из отверстий, принятого за основное, должен быть расположен в

узле координатной сетки; центры остальных отверстий нужно по возможности располагать на вертикальных или горизонтальных линиях координатной сетки. Шероховатость поверхности монтажных неметаллизированных отверстий и торцов печатных плат должна быть  $Rz < 80$  по ГОСТ 2789 - 73. Шероховатость поверхности монтажных и переходных металлизированных отверстий -  $Rz < 40$ , а на поле чертежа помещают таблицу отверстий (таблица 2.6). Размеры граф и форма таблицы ГОСТом не устанавливается.

Таблица 2.6 - Условное обозначение отверстий

Диаметр отверстия, мм	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	5,0
Условное обозначение								

Все монтажные отверстия должны иметь контактные площадки. Форма контактной площадки может быть произвольной, круглой, прямоугольной или близкой к ним. Проводники шириной менее 2,5 мм изображают одной линией, являющейся осью симметрии проводника, более 2,5 мм - двумя линиями и штрихуют под углом  $45^\circ$  или зачерняют. Проводники шириной более 5 мм следует выполнять как экран. Форма вырезов в широких проводниках и экранах должна быть показана на чертеже и определена размерами.

В целях упрощения чертежа допускается выполнять проводники любой ширины одной линией, при этом в технических требованиях чертежа указывают ширину проводника. На рисунке 2.8 приведен пример выполнения чертежа двусторонней печатной платы. Размеры всех элементов нанесены при помощи размерных и выносных линий. При таком способе выполнения чертежа координатную сетку не

наносят. За начало отсчета в данном примере принят центр левого нижнего отверстия платы. Отверстия различного диаметра обозначены в соответствии с данными таблице 2.6. Контактные площадки и отверстия с зенковкой упрощенно изображены одной окружностью.

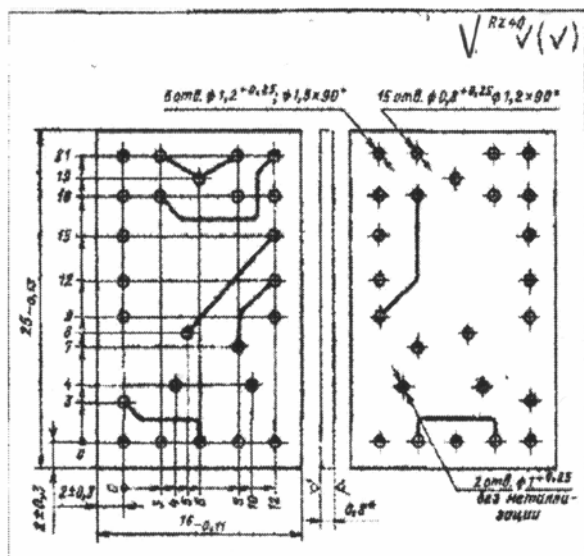


Рисунок 2.8 - Двусторонняя ПП

При задании размеров нанесением координатной сетки линии сетки должны нумероваться. Шаг нумерации определяют конструктивно с учетом насыщенности и масштаба изображения. Координаты сетки в зависимости от способа выполнения документации наносят на все поле платы или рисками по периметру платы (рисунок 2.9). Допускается наносить не все линии координатной сетки, при этом на поле чертежа помещают запись типа «Линии координатной сетки нанесены через одну». За нуль в прямоугольной системе координат на главном виде платы принимают центр крайнего

левого нижнего отверстия, левый нижний угол платы, левую нижнюю точку, образованную построениями, например продолжением линии контура платы, углы которого срезаны. Все недостающие данные относительно печатного монтажа указаны в технических требованиях чертежа.

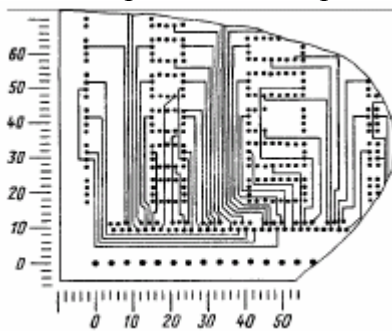


Рисунок 2.9 - Вариант нанесения координатной сетки

Одним из пунктов технических требований (ТТ) являются эксплуатационные требования на изготавливаемую ПП по 4 группам жесткости, согласно ГОСТ 23752-79 таблица 2.7, эксплуатационные требования на изделия зависят от объекта установки, которые приведены в приложении Г.

На поле чертежа в ТТ указывают метод изготовления платы, технические условия (если не все данные содержатся на чертеже), шаг координатной сетки, ширину проводников и расстояния между ними, расстояния между контактными площадками, между контактной площадкой и проводником, допуски на выполнение проводников, контактных площадок, отверстий, расстояний между ними, особенности конструкций, технологии и другие параметры печатных плат.

Технические требования располагают над основной надписью, формулируют и излагают в следующей последовательности:

1. Материал (заменитель).

2. Размер для справок.
  3. Плату изготовить ... методом... .
  4. Класс точности 3 по ГОСТ 23751-85
  5. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752.
- Группа жесткости 3

Таблица 2.7 - Группы жесткости печатных плат

Наименование воздействующего фактора		Значение воздействующего фактора по группам жесткости			
		1	2	3	4
Темпера- тура окружаю- щей среды	Повышенная температура, °С	85 ±3		100 ±3	120 ±5
	Пониженная температура, °С	-60 ±3			
	Время выдержки, ч	2			
Повы- шенная влаж- ность	Относительная влажность, %	93 ±3			
	Температура, °С	40±2			
	Время выдержки, сут.	2	4	10	21
Цикличе- ское воздейст- вие	Верхнее значение температуры, °С	55±3	85±3	100±3	120± 5
	Нижнее значение температуры, °С	-40±3	-60±3		



	Количество циклов	2	4	9
Давление, Па (мм рт.ст.)		нормальное	53600 (400)	666 (5)

6. Допускается скругление углов контактных площадок и проводников.

7. Места, обведенные штрихпунктирной линией, проводниками не занимать.

8. Требования к параметрам элементов платы – в соответствии с конструктивными данными.

9. Ширина проводников в свободных местах ... мм, в узких ... мм.

10. Расстояние между двумя проводниками, между двумя контактными площадками или проводником и контактной площадкой в свободных местах ... мм, в узких ... мм.

11. Форма контактных площадок произвольная,  $b_{\min}$  – мм. Остальные технические требования по ОСТ 4.....

12. Допускается занижение контактных площадок металлизированных отверстий: на наружных слоях до зенковки, на внутренних слоях ...

13. Предельные отклонения расстояний между центрами отверстий, кроме оговоренных особо, в узких местах  $\pm$ ...мм, в свободных местах  $\pm$ ...мм.

14. Предельные отклонения расстояний между центрами контактных площадок в группе  $\pm$ ...мм.

15. Маркировать эмалью... ГОСТ, шрифт... по ГОСТ...

Сборочный чертеж печатной платы при минимальном количестве изображений должен давать полное представление о расположении и выполнении всех печатных и навесных элементов и деталей. Сборочный чертеж выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109 - 73 с учетом ГОСТ 2.413 - 72 рисунок 2.10.

Конструкции навесных элементов вычерчиваются в виде упрощенных изображений, им присваивается

буквенноцифровое позиционное обозначение в соответствии с электрической принципиальной схемой, по которой выполняют электрический монтаж платы. На сборочном чертеже печатной платы должны быть указаны номера позиций всех составных частей, габаритные и присоединительные размеры, должны содержаться сведения о способах присоединения навесных элементов в печатной плате.

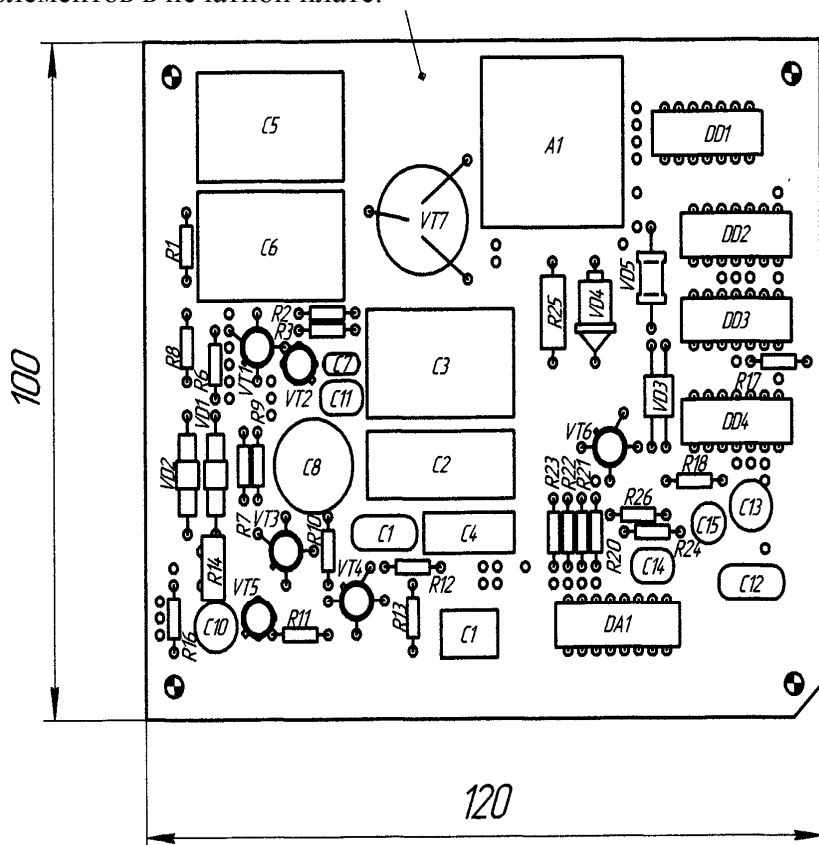


Рисунок 2.10 - Сборочный чертеж ПП

В технических требованиях сборочного чертежа должны быть ссылки на документы (ГОСТ, ОСТ), устанавливающие

правила подготовки и закрепления навесных элементов, сведения о припое и др. Приложение И.

Основным конструкторским документом сборочного чертежа печатной платы является спецификация, оформляемая в виде таблицы по правилам ГОСТ 2.108 - 68. Разработка конструкторской документации печатных плат может осуществляться ручным, полуавтоматическим или автоматизированным методами.

Ручной метод предусматривает разбивку навесных элементов на функциональные группы, размещение групп элементов на площади платы, трассировку печатных проводников и обеспечивает оптимальное распределение проводящего рисунка.

При ручном методе конструирования разрабатывается чертеж платы, содержащий изображение платы с проводящим рисунком и отверстиями, а также, при необходимости, дополнительное отдельное изображение части платы, требующей графического пояснения или нанесения размеров, координатную сетку, выполненную в соответствии с требованиями ГОСТ 2.417 - 78, размеры всех элементов проводящего рисунка и их предельные отклонения; технические требования. Чертеж платы должен выполняться в масштабе не менее 2:1, максимальный формат А1.

Полуавтоматизированный метод предусматривает размещение навесных элементов при помощи ЭВМ при ручной трассировке печатных проводников или ручное распределение навесных элементов при автоматизированной трассировке проводников, обеспечивает ускорение процесса конструирования при оптимальном размещении проводящего рисунка.

Автоматизированный метод предполагает кодирование исходных данных, размещение навесных элементов и трассировку печатных проводников производить при помощи ЭВМ. Такой метод обеспечивает высокую производительность труда при изготовлении чертежей. При автоматизированном

методе конструктор разрабатывает чертеж-схему кодирования, содержащий номинальные значения размеров элементов конструкции платы. Разработка и оформление конструкторской документации автоматизированным методом это отдельная и большая тема. Она подробно изложена в учебном пособии А.Т. Болгов «Автоматизированное проектирование и оформление конструкторской документации электронных средств» часть I и II и в других изданиях на эту тему.

## **2.12 Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах**

Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже.

Для определения требуемой точности изделия при изготовлении, исходными являются величины указанные на чертеже: предельные отклонения размеров, а также предельные отклонения формы.

Размеры, указываемые для удобства пользования чертежом, но не подлежащие выполнению по данному чертежу, называются справочными. Их на чертеже отмечают значком «\*», а технические требования записывают: «\*» размеры для справок в частности установочные, присоединительные и другие. Если все размеры на чертеже справочные, их знаком «\*» не отмечают, а в технических требованиях записывают «Размеры для справок», т.е. размеры, которые органами ОТК не контролируются.

Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, проставляют, как правило, от конструктивных баз с учетом возможностей выполнения и контроля этих размеров:

- от общей базы (поверхности) рисунок 2.11;
- заданием размеров нескольких элементов от нескольких общих баз рисунок 2.12;

- заданием размеров между смежными элементами (цепочкой) рисунок 2.13.

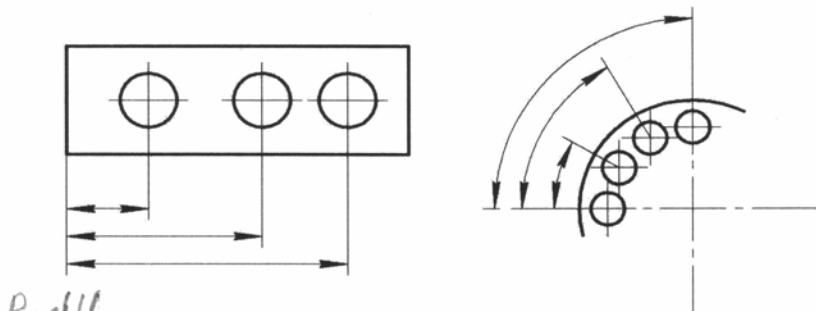


Рисунок 2.11 - Простановка размеров нескольких групп элементов от нескольких общих баз

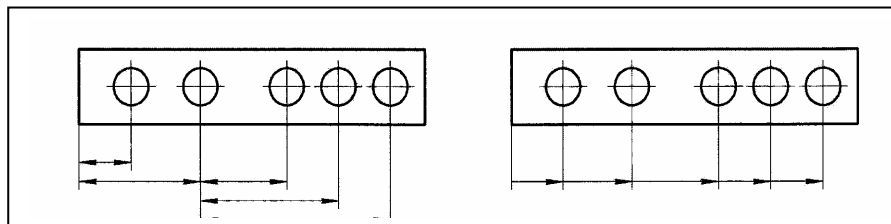


Рисунок 2.12 - Простановка размеров между смежными элементами

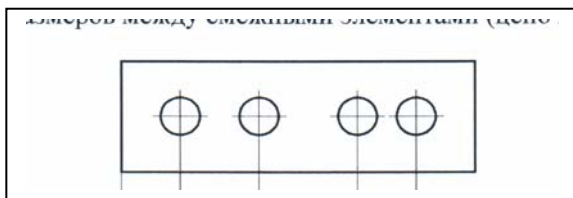
Не допускается на чертеже наносить размеры в виде замкнутой цепи.

Размерные числа и предельные отклонения не допускается разделять или пересекать, какими бы то ни было линиями чертежа.

Для всех размеров, нанесенных на рабочих чертежах, указывают предельные отклонения ГОСТ 2.307 - 68.

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными обозначениями полей допусков и посадок (квалитеты) или числовыми величинами или смешанными  $60_{-0.012}^{+0.04}$ ;  $60_{-0.195}^{-0.095}$ ;  $60^{+0.2}$ ;  $60_{-0.2}$ .

а)



б)

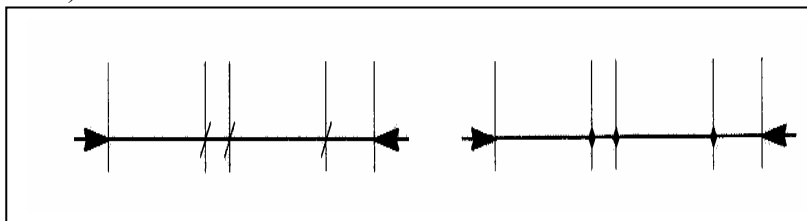


Рисунок 2.13 - Проستانовка размеров между смежными элементами (цепочкой)

При постановке предельных отклонений на чертежах деталей иногда возникают вопросы знаков отклонений «+», «-», «±», хотя этот вопрос давно известен и прост. Знак «-» при охватываемом размере (стержень). Знак «+» при охватывающем размере (отверстие). Знак «±» обычно при размерах между крепежными отверстиями (печатные платы) и др. подобными отклонениями (от края до отверстия).

Примеры чертежей КД приведены в приложении Л.

## 3 ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТОРСКИЕ РАСЧЕТЫ

### 3.1 Тепловой расчет

При обеспечении необходимого теплового режима РЭС основные трудности связаны с отводом тепла, т.е. охлаждением.

В процессе переноса тепловой энергии в РЭС существует три способа передачи тепла: теплопроводностью (кондукцией), конвекцией и излучением. При нормальных климатических условиях и при естественном охлаждении 80% отводится за счет конвекции и по 10% остальными способами. Способы охлаждения РЭС можно разделить на основные классы: газовое (воздушное), жидкостное, испарительное, а также принудительное.

По тепловому режиму блоки и узлы РЭС делятся на теплонагруженные и не теплонагруженные. Тепловой поток через единицу поверхности до  $0,05 \text{ Вт/см}^2$  - малой тепловой нагрузки, свыше  $0,05 \text{ Вт/см}^2$  - большая тепловая нагрузка например: при естественном воздушном охлаждении  $g \leq 0,2 \text{ Вт/см}^2$ , при жидкостном  $g \leq 20 \text{ Вт/см}^2$ .

Естественное воздушное охлаждение является наиболее простым, надежным и дешевым.

Принудительное воздушное охлаждение получило наибольшее распространение. Существует три основных схемы охлаждения: внутреннее перемешивание, наружный обдув, продувка.

Естественное жидкостное охлаждение – погружение в бак с жидкостью, применяется при высоких удельных мощностях.

Естественное испарительное охлаждением используется испарение и кипение жидкости. Широкое применение получили «тепловые трубы» с использованием капиллярного эффекта.

Принудительное испарительное охлаждение с помощью насосов.

Поэтому можно сделать вывод, что способ охлаждения во многом определяет конструкцию РЭС и уже на ранней стадии конструирования необходимо выбрать способ охлаждения РЭС, который должен обеспечить заданный по ТЗ тепловой режим.

Для выбора способа охлаждения прежде всего требуются следующие данные:

- суммарная мощность  $P$ , рассеиваемая в блоке;
- диапазон возможного изменения температуры окружающей среды  $P_{\max}$  и  $P_{\min}$ ;
- время непрерывной работы  $\tau$ ;
- допустимые температуры элементов  $T_i$ .

Кроме того, необходимо задать коэффициент заполнения блока  $K_v$ . Как это было показано выше  $K_v = V_{\text{эрэ}}/N_{\text{бл}}$ . Коэффициент заполнения блока характеризует степень полезного использования объема и является одним из главных показателей качества конструкции. Например: при удельной мощности рассеивания, равной

$$P_{\text{уд}} = 6 \text{ КВт/л},$$

где  $t$  - перегрев блока относительно окружающей среды;

$L$  - длина сторон кубическо блока.

Из формулы видно, что с уменьшением габаритов удельная мощность блока возрастает. Поэтому для МЭА  $P_{\text{уд}} = 20 \text{ Вт/дм}^3$ , а для РЭС 3 - 5  $\text{Вт/дм}^3$ .

*Тепловой расчет усилителя мощности в герметичном корпусе с неоребреной поверхностью.*

Способ охлаждения во многом определяет конструкцию, поэтому ее необходимо выбрать на ранней стадии проектирования. Перегрев, относительно окружающей среды, корпуса наименее теплостойкого элемента определяется по формуле:

$$U_c = t_{i \text{ min}} - t_c, \quad (1)$$

где  $t_c$  - температура окружающей среды;

$t_{i \text{ min}}$  - температура наименее теплостойкого элемента.



$$U_c = 85 - 20 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

Определим показатель плотности теплового потока по формуле

$$q = \frac{\Phi \cdot r_p}{A_n}, \quad (2)$$

где  $\Phi$  - суммарная мощность, рассеиваемая с поверхности усилителя;

$q$  - плотность теплового потока;

$r_p$  - коэффициент учитывающий давление воздуха;

$A_n$  - условная площадь поверхности теплообменника, рассчитывается по формуле

$$A_n = 2[L_1 L_2 + (L_1 + L_2)L_3 K_3], \quad (3)$$

где  $L_1, L_2, L_3$  - геометрические параметры блока;

$K_3$  - коэффициент заполнения УМ.

По формуле (2) определим плотность теплового потока:

$$q = \frac{25 \cdot 1}{0.11} = 227 \text{ Вт/м}^2$$

Из графика рисунка 2.4 [6], области целесообразности применения различных способов охлаждения, находим, что для системы охлаждения усилителя мощности необходимо выбрать свободное воздушное охлаждение.

Определим поверхность неоребреного корпуса усилителя мощности,  $A_n$  - площадь условной поверхности нагреваемой зоны, рассчитанная по формуле (3).

Подставляя числовые значения, в выражение получим:

$$A_n = 2[0,12 \cdot 0,14 + (0,12 + 0,14) \cdot 0,2 \cdot 0,7] = 0,11 \text{ м}^2.$$

Коэффициент, зависящий от удельной мощности корпуса усилителя мощности определяется из графика рисунка 4.6 [6], зависимость перегрева корпуса от удельной мощности  $U$  равен:

$$U_i = 25 \text{ К.}$$

Коэффициент, зависящий от удельной мощности нагретой зоны усилителя, мощности определяется из графика

рисунка 4.4 [6], зависимость перегрева нагретой зоны от удельной мощности рассеивания  $U$  определяется как равный:

$$U_2=18,5K.$$

Рассчитаем относительный перегрев между нагретой зоной и корпусом неоребреного блока по формуле

$$S_k = 2[L_1L_2 + (L_1 + L_2)L_3], \quad (4)$$

где  $L_1, L_2, L_3$  - геометрические параметры корпуса;

По формуле (4) определим условную поверхность нагреваемой зоны:

$$S_k = 2[0,12*0,14 + (0,12 + 0,14)*0,2]=0,14 \text{ м}^2.$$

Рассчитаем удельную мощность неоребреного корпуса по формуле

$$q_k = \frac{P_3}{S_k}, \quad (5)$$

где  $q_k$  - удельная мощность неоребреного корпуса;

$P_3$  - мощность рассеиваемая в блоке;

$S_k$  - площадь неоребреной поверхности корпуса.

Подставляя числовые значения в формулу (5) получим:

$$q_k = \frac{25}{0,14} = 182 \text{ Вт/м}^2.$$

Рассчитаем удельную мощность нагретой зоны по формуле

$$q_3 = \frac{P_3}{A_n}, \quad (6)$$

где  $P_3$  – мощность рассеиваемая в блоке.

Подставляя значения в формулу получим:

$$q_3 = \frac{25}{0,11} = 227 \text{ Вт/м}^2.$$

Рассчитаем коэффициент:

$$U_{21}=U_2 - U_1, \quad (7)$$

где  $U_2$  - коэффициент, зависящий от удельной мощности усилителя;

$U_1$ - коэффициент, зависящий от удельной мощности корпуса.

Подставляя значения в формулу получим:

$$U_{21} = 25 - 18,5 = 6,5K.$$

Рассчитаем поверхность оребренного корпуса усилителя по формуле

$$S_{кр} = S_{кр} + S_к, \quad (8)$$

где  $S_{кр}$  – площадь поверхности оребрения корпуса;

$S_к$  – площадь поверхности корпуса.

$$S_{кр} = 0.187 + 0.168 = 0,36.$$

Рассчитаем удельную мощность оребренного корпуса усилителя, по формуле

$$q_{кр} = \frac{P}{S_{кр}}, \quad (9)$$

где  $P$  – мощность рассеиваемая в усилителе;

$S_{кр}$  - удельная площадь оребрения поверхности.

Подставляя числовые значения в формулу (9) получим:

$$q_{кр} = \frac{25}{0,36} = 70 \text{ Вт/м}^2.$$

Коэффициент, зависящий от удельной мощности оребренного корпуса находим из рисунка 2 [6], зависимость перегрева корпуса от удельной мощности равен:

$$U_{1p} = 10K.$$

Коэффициент, зависящий от атмосферного давления вне корпуса найдем из рисунка 3 [6], зависимость  $K_{н1}$  от давления окружающей среды равен:

$$K_{н1} = 1,1.$$

Коэффициент, зависящий от атмосферного давления внутри корпуса найдем из рисунка 4 [6], зависимость  $K_{н2}$  от давления окружающей среды внутри аппарата, равен:

$$K_{н2} = 1,02.$$

Рассчитаем перегрев оребренного корпуса усилителя по формуле:

$$U_K = U_{Ip} K_{HI}, \quad (10)$$

Подставляя числовые значения в формулу получим:

$$U_K = 10 \cdot 1,1 = 11K.$$

Рассчитаем перегрев нагретой зоны с оребренным корпусом по формуле

$$U_3 = U_K + (U_2 - U_1) - K_{M2}, \quad (11)$$

где  $U_K$  - перегрев оребренного корпуса;

$U_2$  - коэффициент, зависящий от удельной мощности нагретой зоны;

$U_1$  - коэффициент, зависящий от удельной мощности корпуса.

Подставляя значение в выражение (11) получим:

$$U_3 = 10 + (25 - 18,5) - 1,02 = 17K.$$

Рассчитаем средний перегрев воздуха в блоке по формуле:

$$U_B = 0,5 \cdot (U_3 + U_K). \quad (12)$$

Удельная мощность наиболее теплокритичных элементов, рассчитывается по формуле

$$q_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}}, \quad (13)$$

где  $P_{эл}$  – мощность рассеиваемая элементом;

$S_{эл}$  - площадь поверхности элементов.

Исходя из схемы электрической принципиальной усилителя мощности, наиболее температурно-критическими является выходной каскад, собранный на транзисторах КТ920 и К922. Справочные данные транзисторов по рассеиваемой мощности одинаковые, общая рассеиваемая мощность равна 12 Вт, поэтому проведем расчет одного из них.

Удельная мощность транзистора КТ922 рассчитаем по формуле (13)

$$q_{эл} = \frac{9}{4,4 \cdot 10^{-3}} = 204 \text{ Вт.}$$

Перегрев поверхности элементов рассчитывается по формуле

$$U_{\text{эл}} = \left( a + b \frac{q_{\text{эл}}}{q_3} \right) \cdot U_3, \quad (14)$$

где  $q_3$  - перегрев нагретой зоны усилителя;

$a$  и  $b$  - коэффициенты, найденные методом наименьших квадратов с использованием экспериментальных данных по тепловым режимам реальных радиоэлектронных аппаратов, они соответственно равны  $a=0,75$ ,  $b=0,25$  [6].

Исходя из формулы (14) рассчитывается перегрев поверхности элементов:

$$U_{\text{эл}} = \left( 0,75 + 0,25 \frac{204}{228} \right) \cdot 17 = 18\text{К}.$$

Перегрев окружающей среды элементов находится по формуле

$$U_{\text{эс}} = U_{\text{в}} \left( a + b \frac{q_{\text{эл}}}{q_3} \right), \quad (15)$$

где  $U_{\text{в}}$  - средний перегрев воздуха в блоке.

Подставляя числовые значения в выражение (15) получим

$$U_{\text{эс}} = 14 \left( 0,75 + 0,25 \frac{04}{228} \right) = 14\text{К}.$$

Температура поверхности корпуса усилителя находится по формуле

$$T_{\text{к}} = U_{\text{к}} + T_{\text{с}}, \quad (16)$$

где  $T_{\text{с}}$  - температура окружающей среды.

$$T_{\text{к}} = 11 + 293 = 304\text{К}.$$

Температура поверхности нагретой зоны находится по формуле

$$T_3 = U_3 + T_{\text{с}}, \quad (17)$$

где  $U_3$  - перегрев нагретой зоны с обреченным корпусом.

$$T_3 = 17 + 293 = 310\text{К}.$$

Температура поверхности элементов находится по формуле

$$T_{эл} = U_{эл} + T_c, \quad (18)$$

где  $U_{эл}$  - перегрев поверхности элемента.

Подставляя значения в формулу (18) получается:

$$T_{эл} = 18 + 293 = 311 \text{ К.}$$

Средняя температура воздуха в блоке рассчитывается по формуле

$$T_B = U_B + T_c, \quad (19)$$

где  $U_B$  - средний перегрев воздуха в блоке

$$T_B = 14 + 293 = 307 \text{ К.}$$

Температура окружающей среды определяется по формуле

$$T_{эс} = U_{эс} + T_c, \quad (20)$$

где  $U_{эс}$  - перегрев окружающей среды

$$T_{эс} = 14 + 293 = 307 \text{ К.}$$

*Расчет радиаторов для транзисторов КТ920 и КТ922 усилителя мощности. Общая мощность рассеивания 12Вт.*

Температура в месте крепления транзисторов определяется по формуле

$$t_i - t_c = (t_p - t_c) - \Phi(R_{вн} + R_k), \quad (21)$$

где  $t_p$  - допустимая температура коллекторного перехода;

$t_c$  - температура среды;

$\Phi$  - рассеиваемая мощность;

$R_{вн}$  - внутреннее тепловое сопротивление прибора;

$R_k$  - тепловое сопротивление контакта.

Параметры транзисторов  $t_p$ ,  $R_{вн}$ ,  $R_k$  находятся по справочнику [10].

$$t_i - t_c = (85 - 18) - 12(0,8 + 1,2) = 47 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Средняя температура основания радиатора определяется по формуле

$$t_s - t_c = \frac{t_u - t_c}{\beta^1}, \quad (22)$$

где  $\beta^1$  - первое приближение, берется равное  $\beta^1 - 1,2$ .

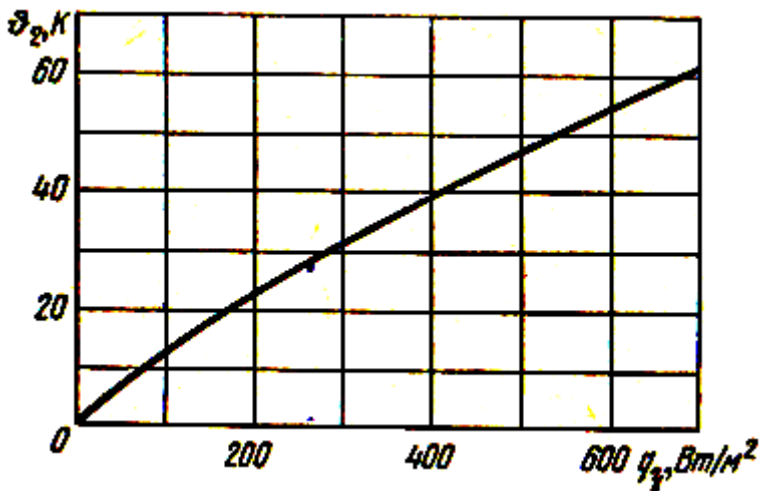


Рисунок 3.1 - Зависимость перегрева нагретой зоны от удельной мощности рассеивания.

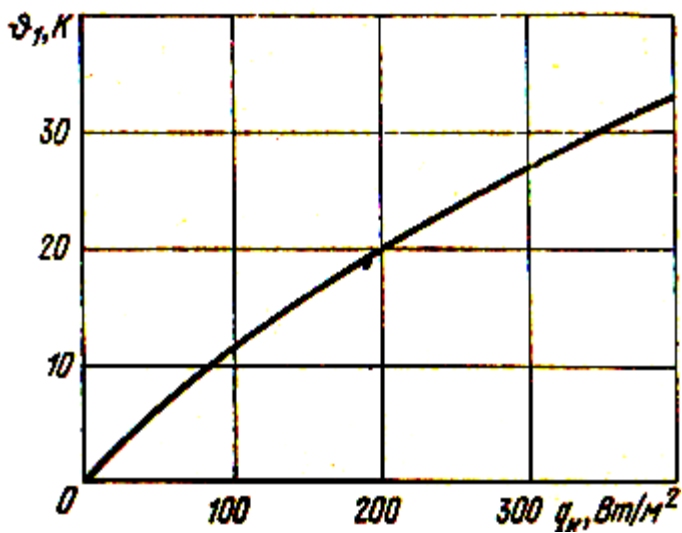
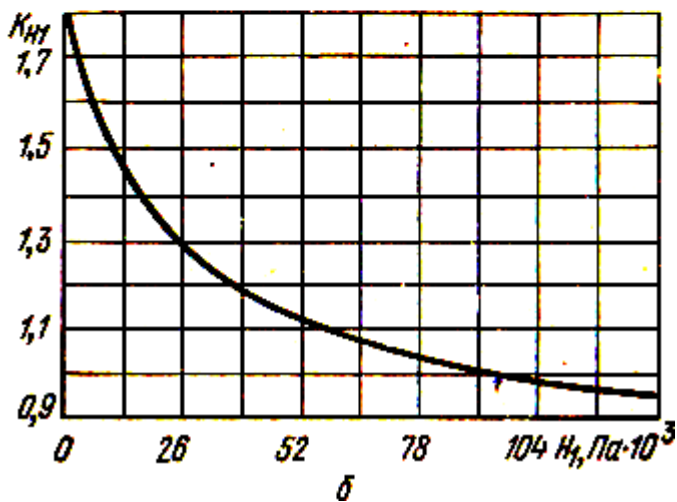
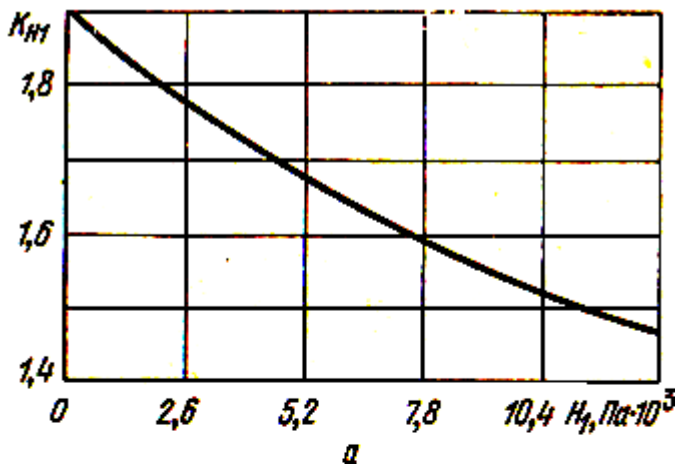


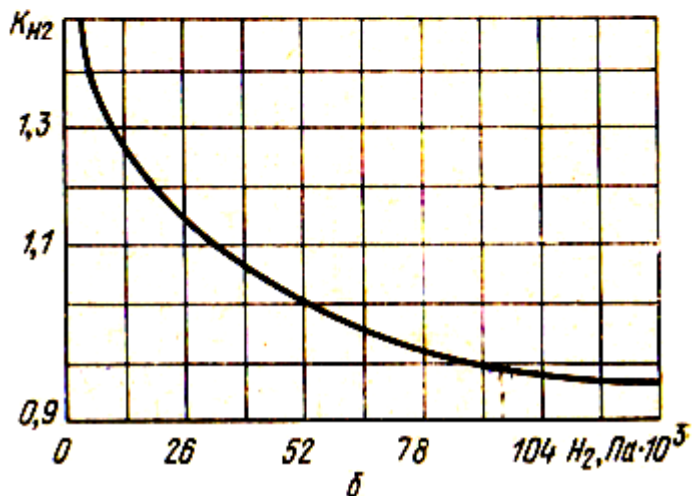
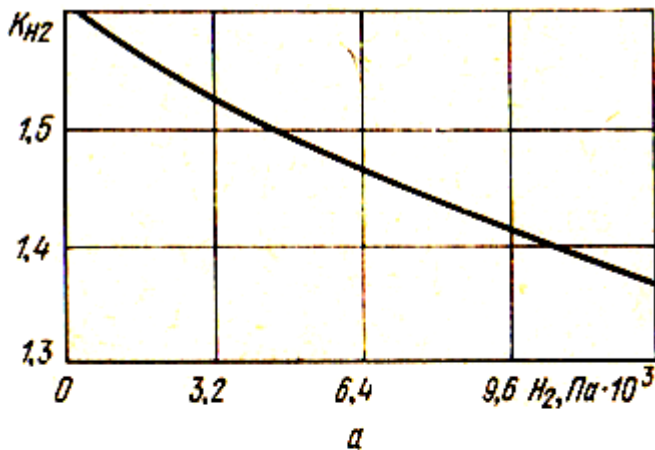
Рисунок 3.2 – Зависимость перегрева корпуса от удельной мощности



- а)  $0 \leq H_1 \leq 2,6 \cdot 10^3 \text{ Па}$ ;
- б)  $0 \leq H \leq 130 \cdot 10^3 \text{ Па}$

Рисунок 3.3 – Зависимость  $K_{H1}$  от давления окружающей среды





- а)  $0 \leq H_2 \leq 12,8 \cdot 10^3 \text{ Па}$ ;  
 б)  $0 \leq H \leq 130 \cdot 10^3 \text{ Па}$

Рисунок 3.4 – Зависимость  $K_{H_2}$  от давления среды внутри аппарата

$$t_s - t_c = \frac{47}{1,2} = 38^\circ\text{C}.$$

Задаем из дополнительных соображений в первом приближении площадь  $A^1$  основания, пусть  $A^1=1,8 \cdot 10^{-3}$ . Тогда площадь теплового потока рассчитаем по формуле

$$q = \Phi/A. \quad (23)$$

По формуле (23) получим

$$q=12/1,8 \cdot 10^{-3}=6,6 \cdot 10^2 \text{ Вт/м}^2$$

По графику приведенному на рисунке 3.12 [6] для  $(t_s-t_c)=38 \text{ К}$  и теплового потока  $q=6,6 \cdot 10^2 \text{ Вт/м}^2$ , определяем возможный вид радиатора. Как следует из графика, необходимо выбрать пластинчатый радиатор. Эффективный коэффициент теплоотдачи определим по формуле

$$a_{\text{эф}} = \frac{\Phi}{AU_3}, \quad (24)$$

$$a_{\text{эф}} = \frac{12}{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 38} = 12 \text{ Вт/м}^2\text{К}.$$

Коэффициент  $\beta$  рассчитаем по формуле

$$\beta = \frac{a_{\text{эф}} \cdot A_p}{\lambda}, \quad (25)$$

где  $A_p$  - площадь основания радиатора;

$\lambda$  - коэффициент теплоотдачи материала радиатора, для алюминия  $\lambda = 180 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

$$\beta = \frac{12 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3}}{180} = 1,2 \cdot 10^{-4}.$$

Коэффициент  $T$  рассчитаем по формуле

$$T = A_u / A_p, \quad (26)$$

где  $A_p$  - площадь контакта транзистора с радиатором.

$$T = 1,96 \cdot 10^{-4} / 1,8 \cdot 10^{-3} = 0,1.$$

По графику, приведенному на рисунке. 38 [7] для коэффициентов  $\beta$  и  $T$ , находим второе приближение:

$$\beta'' = 1,1.$$

По формуле (22) уточним перегрев

$$(t_s-t_c)'' = 47/1,1 = 42 \text{ }^\circ\text{С}.$$

По полученным данным уточним размер основания и тип радиатора. Согласно графику, приведенному на рисунке 3.12 [6], при  $t_s - t_c = 42$  °С и  $q = 6,6 \cdot 10^2$  Вт/м<sup>2</sup> тип радиатора остается прежним. Немного увеличив размер основания по формуле (23) уточним параметр  $q$

$$q = 12 / 2,2 \cdot 10^{-3} = 15 \text{ Вт/м}^2.$$

Окончательно останавливаемся на радиаторе пластинчатого типа из алюминия  $A = 2,2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>.

Таблица 3.1 – Теплофизические свойства материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	Материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)
Алюминий	180	Полистирол	0,09-0,14
Бронза	64	Стеклотекстолит	0,24-0,34
Латунь	85,8	Стекло	0,74
Медь	390	Фарфор	0,834
Сталь	45,5	Картон	0,231
Асбест листовой	0,116	АЛ-9	151
Слюда	0,583	АЛ-2	175
Пластмасса полифлорвиниловая	0,443	АМЦ	188
Фторопласт-4	0,25	Пенопласт	
		ПВХ-2	0,04
		Пенополиуретан ЭПЭ	0,06

### 3.2 Расчет герметизации блока

Герметизация – обеспечение практической непроницаемости корпуса РЭС для жидкостей и газов.

Степень герметичности корпусов определяется степенью натекания газа [20].

$$V_H = V \Delta p / t,$$

где  $V_H$  - степень натекания газа,  $\text{дм}^3/\text{Па}\cdot\text{с}$ ;

$V$  - объем газа внутри блока,  $\text{дм}^3$ ;

$\Delta p$  - избыточное давление внутри блока, Па;

$t$  - срок службы или хранения.

Герметизация бывает частичной и паянной. Паянная разделяется на неразъемную и разъемную. При частичной герметизации применяют пропитку, обволакивание и заливку как компонентов, так и отдельных узлов и элементов РЭС. Герметизация корпусов блоков может осуществляться следующими способами: сваркой основания и корпуса блока, паянным демонтируемым соединением корпуса (основания) с крышкой (кожухом) блока; уплотнительной прокладкой.

Герметизация с помощью сварки применяется для блоков объемом не более  $0,5 \text{ дм}^3$  и неподлежащих ремонту.

В паянном соединении объемом до  $0,5 \text{ дм}^3$  проволока над прокладкой укладывается по всему периметру соединения. Один конец проволоки выводится через паз. Паянное соединение можно демонтировать до трех раз. Степень натекания  $V_H = 10^{-6}$  лмкм/с.

Разъемная герметизация осуществляется применением металлических (свинец, алюминий, отожженная медь) и эластичных уплотнительных прокладок для блока объемом больше  $3 \text{ дм}^3$ . Скорость протекания  $V_H = 10^{-3}$  лмкм/с. Внутренний объем блока может заполняться инертным газом или смесью газов.

Разъемная герметизация может соединяться тремя видами: фланцевым, бугельным и штуцерным [20].

В дипломных проектах как правило используется разъемная герметизация с резиновой прокладкой, при условии необходимости герметизации блока.

В герметизированных корпусах электрические выводы осуществляются через металlostеклянные вакуумно-плотные

соединения: глазковые, дисковые, окошечные.

Органы управления, выходящие за пределы гермокорпуса, обычно герметизируются резиновыми чехлами. Передача вращательного и поступательного движения в гермообъем производится через сальники или через сифоны и мембраны.

*Пример расчета герметизации блока с резиновой прокладкой*

Герметизация блока питания осуществляется с помощью уплотнительной резиновой прокладки, закладываемой по периметру в паз в крышке и стягиванием корпуса и крышки винтами, что устраняет зазор между ними. Резина обладает высокой объемной упругостью (объемный модуль  $K=27000 \text{ кг/см}^2$ ). Практически объем резины при деформации не меняется, поэтому при ее сжатии в одном направлении необходимо обеспечить свободу расширения в другом.

Резине свойственна релаксация напряжения, характеризующаяся уменьшением ее упругих свойств с течением времени при постоянной деформации образца. Релаксация ускоряется с повышением температуры и замедляется при ее снижении.

Исходные данные для расчета:

- Нижний и верхний пределы температуры эксплуатации  $-50 +80 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Время хранения и эксплуатации при температуре  $t=25 \text{ }^\circ\text{C}$   $T_1=9$  лет.
- Время эксплуатации при  $t=50 \text{ }^\circ\text{C}$   $T_2=4,5$  месяцев; при  $t=90 \text{ }^\circ\text{C}$   $T_3=10$  суток.
- Параметр канавки по средней линии  $L_1=548$  мм.

Требуется рассчитать на эти условия резиновую уплотнительную прокладку и посадочное гнездо.

Расчет производится по методике, изложенной в КСО.010.000 «Герметизация (уплотнение) разъемных узлов в корпусах приборов» [21].

Для заданных условий эксплуатации выбираем марку резины – ИРП–1267 ТУ38103321 - 76. Это тепломорозостойкая резина на основе силиконового каучука СКТВ, допускающая эксплуатацию в диапазоне температур -60 - +250 °С. Максимально допустимая деформация для данного типа резины – 20 %.

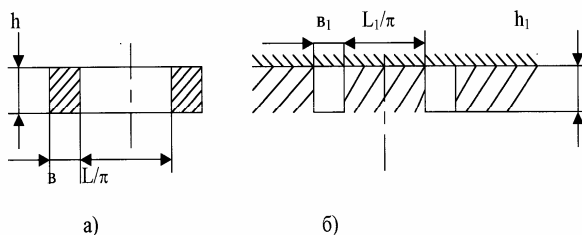
Исходя из заданного параметра канавки, задаемся размерами сечения прокладки (рисунок 2)  $b = 2$  мм;  $h = 3$  мм. В соответствие с рекомендациями [21], задаемся допуском  $\Delta$ ,  $\sigma$ , на размеры сечения прокладки  $\pm 0,1$  мм. Намечаем крайние пределы степени сжатия прокладки  $\varepsilon = 10 - 20$  %. Определяем размеры сечения канавки. Исходя из намеченных пределов степени сжатия:

$$h_{1\text{мин}} = (1 - \varepsilon_{\text{макс}})(h + \Delta), \quad (27)$$

$$h_{1\text{мин}} = (1 - 0,2)(3 + 0,1) = 2,48 \text{ мм},$$

$$h_{1\text{макс}} = (1 - \varepsilon_{\text{мин}})(h - \Delta), \quad (28)$$

$$h_{1\text{макс}} = (1 - 0,1)(3 - 0,1) = 2,61 \text{ мм}.$$



а - прокладка;  
б - канавка (гнездо)

Рисунок 3.5 - Прокладка и гнездо для нее:

Принимаем  $h_{1\text{мин}} = 2,48$  мм, для четвертого класса точности поле допуска равно 0,060. Тогда  $h_{1\text{макс}} = 2,54$  мм

$$b_{1\text{мин}} = \frac{(b + \delta) \cdot (h + \Delta)}{h_{1\text{макс}}}, \quad (29)$$

$$b_{1\text{ММИ}} = \frac{(3+0,1) \cdot (4+0,1)}{h_{1\text{Макс}}} = 3,85 \text{ мм},$$

$$b_{1\text{Макс}} = 1,15 \frac{(b+\delta) \cdot (h+\Delta)}{h_{1\text{Макс}}}. \quad (30)$$

Принимаем  $b_{1\text{Мин}}=3,9$  мм. Исходя из четвертого класса точности,  $b_{1\text{Макс}}=3,98$  мм.

Исходя из полученных размеров гнезда, определяем пределы степени сжатия прокладки

$$\varepsilon_{\text{Мин}} = \frac{(h+\Delta)-(h_1+\Delta_1)}{h-\Delta}, \quad (31)$$

$$\varepsilon_{\text{Мин}} = \frac{(4+0,1)-3,36}{4-0,1} = 0,138 = 13,8 \%,$$

$$\varepsilon_{\text{Мин}} = \frac{(h+\Delta)-(h_1+\Delta_1)}{h+\Delta}, \quad (32)$$

$$\varepsilon_{\text{Мин}} = \frac{(4+0,1)-3,3}{4+0,1} = 0,195 = 19,5 \%.$$

Теперь определим периметр прокладки. Его можно выбрать в пределах

$$L_{\text{Макс}} = L_1 + 2\pi (d_1-b), \quad (33)$$

$$L_{\text{Макс}} = 1040 + 2\pi (3,9-3) = 1045,65 \text{ мм},$$

$$L_{\text{Мин}} = \frac{L_1}{1,01}, \quad (34)$$

$$L_{\text{Мин}} = \frac{1040}{1,01} = 1029,7 \text{ мм}.$$

Задаемся  $L = 1038$  мм.

Определяем коэффициент остаточной эластичности в заданное время хранения и эксплуатации. По совмещенной кривой изменения остаточной деформации резины ИРП – 1267 [21] определяем остаточную деформацию  $\xi$ , соответствующую заданным температурам и времени хранения и эксплуатации. Для этого необходимо привести заданные времена эксплуатации при разных температурах к одной температуре,

например,  $t=25^{\circ}\text{C}$ . Время  $T_2=4,5$  месяцев при  $t=50^{\circ}\text{C}$  эквивалентно времени работы при  $t=25^{\circ}\text{C}$ , равному  $T_2=15,8$  года. Время  $T_3=10$  суток при  $t=90^{\circ}\text{C}$  эквивалентно времени работы резины при  $t=25^{\circ}\text{C}$ , равному  $T_3 = 6$  лет.

Суммарное время хранения и эксплуатации прокладки при  $t=25^{\circ}\text{C}$  равно:

$$T_{\Sigma} = 9 + 15,8 + 6 = 30 \text{ лет.}$$

Этому времени соответствует  $\xi = 36 \%$ . Коэффициент остаточной эластичности определяется по формуле

$$K_2 = 1 - \frac{\xi}{100}, \quad (35)$$

$$K_2 = 1 - \frac{36}{100} = 0,64.$$

Модуль прокладки рассчитываем по формуле

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{рез}}(1 + \alpha\phi), \quad (36)$$

где  $E_{\text{рез}}$  - модуль эластичности резины;

$\alpha\phi$  - коэффициент формы.

Модуль эластичности резины берем из таблицы [21],  $E_{\text{рез}}=23,4 \text{ кг/см}^2$ . Коэффициент формы определяется как

$$\Phi = \frac{b}{2h}, \quad (37)$$

$$\Phi = \frac{3}{2 \cdot 4} = 0,375.$$

Коэффициент трения резины по металлу принимаем равным

$$\mu = 0,5,$$

тогда

$$\alpha = 2 \mu = 1.$$

Таким образом, по формуле (36) находим:

$$E_{\text{пр}} = 23,4(1 + 1 \cdot 0,375) = 32,175 \text{ кг/см}^2.$$

Напряжение в прокладке при ее сжатии определяем по формуле

$$\sigma = E_{\text{пр}} \varepsilon \quad (38)$$

$$\sigma_{\text{мин}} = 32,175 \cdot 0,138 = 4,44 \text{ кг/см}^2,$$



Напряжение в прокладке после заданного времени хранения, эксплуатации и воздействия температуры – 50 °С определяем по формуле:

$$\sigma_T = \sigma \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (39)$$

где  $k_1$  - коэффициент восстанавливаемости резины при заданной низкой температуре;

$k_2$  - коэффициент остаточной эластичности в заданное время хранения.

По таблице [21] находим коэффициент  $k_1=0,83$ .

Таким образом, контактное напряжение будет равно

$$\sigma_T = 4,44 \cdot 0,83 \cdot 0,64 = 2,36 \text{ кг/см}^2.$$

Усилие, необходимое для сжатия прокладки определим как

$$Q = \frac{\delta}{1-\xi} S_0, \quad (40)$$

где  $S_0$  - первоначальная площадь контакта. Величина  $S_0$  определяется по формуле:

$$S_0 = 0,3(103,8 + 3,14 \cdot 0,3) = 31,42 \text{ см}^2,$$

$$Q_{\text{мин}} = \frac{4,44}{1-0,138} 31,42 = 161,85 \text{ кг},$$

$$Q_{\text{макс}} = \frac{6,25}{1-0,195} 31,42 = 244,75 \text{ кг}.$$

Таким образом, для герметизации блока необходима резиновая прокладка сечением 3 x 4 мм с периметром 1038 мм, которая укладывается в гнездо размерами 3,3 x 3,9 мм. Усилие сжатия прокладки - 161 – 244 кг.

### 3.3 Обоснование электромагнитной совместимости

При компоновке высших структурных уровней конструктору может встретиться необходимость защиты какого-либо чувствительного элемента схемы (объекта влияния) от внутренних и внешних источников помех,

предполагая при этом, что путями преимущественного распространения помех являются связи через электрические, магнитные и электромагнитные поля. Во всех случаях весьма эффективным приемом защиты является применение экранов, иначе говоря, экранирование. Экран представляет собой металлическое тело (перегородку, оболочку), разделяющее две области пространства и тем самым предотвращающее распространение электрических и магнитных полей от одной из этих областей к другой [22].

Защитное действие экрана основывается как на эффекте шунтирования (создания для силовых линий магнитного поля помехи специального «удобного» пути с низким магнитным сопротивлением в обход защищаемого объекта), так и на эффекте создания противодействующего помехе поля за счет вихревых токов, возбуждаемых полем помехи в материале экрана. В зависимости от частоты помехи влияние указанных эффектов осуществляется в различной степени. В изолированную экраном область помещается или объект влияния, или сам источник помех.

Эффективность экранирования ( $\mathcal{E}$ ) - это уменьшение напряженности магнитного или электрического полей, обеспечиваемое в защитном объеме пространства конструкцией экрана, выражается чаще всего в децибелах:

$$\mathcal{E} = 20 \lg \frac{H_{\mathcal{E}}}{H}, \text{ или } \mathcal{E} = 20 \lg \frac{E_{\mathcal{E}}}{E},$$

где  $H$  (или  $E$ ) - напряженность магнитного (электрического) поля в исследуемой точке до введения экрана;  
 $H_{\mathcal{E}}$  ( $E_{\mathcal{E}}$ ) - напряженность в той же точке после введения экрана.

Перевод децибелов в число раз.

Увеличение (уменьшение) в 2 раза соответствует 6 дБ;  
3,16 - 10 дБ; 10 - 20 дБ; 31,62 - 30 дБ; 100 - 40 дБ; 1000 - 60 дБ;  
10000 - 80 дБ.

Прежде чем приступить к выполнению задания студенту необходимо проанализировать, какому типу помех преимущественно подвергается защищаемый объект. Соответственно этому надо выбрать тип экранирования и определить, от каких частот помехи следует строить защиту.

Конструктор должен иметь ввиду, что влияние помехи распространяется через магнитное поле и может быть снижено в 5 раз только за счет правильного размещения защищаемого объекта относительно поля помехи (даже без экранирования).

Для контурных катушек (резонансных систем) необходимая степень ослабления помехи рассчитывается с учетом резонансной кривой контура, его добротности и требуемой полосы пропускания. Желательно, чтобы экран по возможности удовлетворял конструкторским требованиям как по электростатическому, так и по магнитостатическому экранированию. Конструктивная форма экрана в зависимости от объекта - цилиндр или параллелепипед.

#### *Магнитное экранирование на низких частотах 1-3 кГц*

В диапазоне частот 1 - 3 кГц эффективность экрана от частоты не зависит. Вначале подбирается материал экрана, толщина экрана, зазор экран-объект. Эффективность экранирования проверяется расчетом. Наиболее практичная область - нижняя граница частотного диапазона поля помехи. Материалом экрана может быть только электротехническая сталь или пермаллой (при слабых полях). Допустимо применять многослойное экранирование. Расчетное соотношение для ориентировочных прикидок (до частоты помех 1 кГц):

$$\mathcal{E} = 1 + \mu_r \frac{d_{\mathcal{E}}}{D},$$

где  $\mathcal{E}$  - фактическая эффективность защиты;

$\mu_r$  - относительная магнитная проницаемость;

$d_{\mathcal{E}}$  - толщина стенок экрана, мм;

$D$  - диаметр эквивалентного сферического экрана (близкий к длине стенки кубического), мм.

Основной расчет эффективности экранирования рекомендуется выполнить по формуле

$$\mathfrak{E} = 1 + \frac{2d_H P_3 d_3 \mu_r}{l l_3},$$

где  $d_H$  - расстояние между сердечником защищаемого объекта и экраном в направлении поля помехи (рисунок 3.6), мм;

$P_3$  - периметр экрана в плоскости, перпендикулярной направлению поля помехи, мм;

$l$  - длина яра сердечника в направлении, мм;

$l_3$  - меньший полупериметр прямоугольного экрана в плоскости, параллельной источнику помехи, мм;

$u$  – толщина набора сердечника, мм.

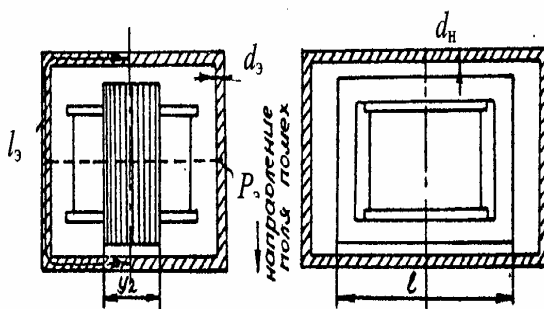


Рисунок 3.6. - Схема магнитного экранирования

### *Магнитное экранирование на повышенных и высоких частотах*

Суть экранирования сводится к тому, что под действием источника магнитной энергии на стороне экрана, обращенной к источнику, возникают заряды, а в его стенках – токи, образующие во внешнем пространстве поля, по напряженности близкие полю источника, а по направлению – противоположные ему.

В результате внутри экрана происходит взаимная компенсация полей, а снаружи - вытеснение внешнего поля

полями вихревых токов. Плотность тока и напряженность магнитного поля падают по экспоненциальному закону по мере углубления в металл. Поэтому в расчетах необходимо учитывать так называемую эквивалентную глубину проникновения (ЭГП) поля в толщину материала экрана (ЭГП =  $\delta$ ). Значения ЭГП для некоторых материалов на разных частотах приводятся в таблице 3.2. Расчетное соотношение при  $d_3 = \delta$

$$\mathfrak{E} = e^{\frac{d_3}{\delta}} \left( \frac{1}{2} + \frac{D}{2,8m\mu_r\delta} \right),$$

где  $d_3$  - фактическая толщина стенок экрана, мм;

$D$  - ширина прямоугольного экрана или диаметр цилиндрического, мм;

$m$  - коэффициент формы экрана ( $m = 1$  - прямоугольный,  $m = 2$  - цилиндрический,  $m = 3$  - сферический).

Таблица 3.2 - Эквивалентная глубина проникновения

Частота, Гц	Медь	Латунь	Алюминий	Сталь		Пермаллой
				$\mu_r = 50$	$\mu_r = 100$	
102	6,7	12,4	8,8	-	1,54	0,38
105	0,21	0,39	0,27	-	0,049	0,012
106	0,067	0,12	0,088	0,023	-	-
108	0,0067	0,012	0,0088	0,0023	-	-

При  $d_3 > \delta$  работает в основном эффект шунтирования, поэтому в данном случае расчетной формулой будет:

$$\mathfrak{E} = \sqrt{1 + \left( \frac{\sigma\omega\mu D d_3}{2m} \right)^2},$$

где  $\sigma$  - удельная проводимость материала,  $\text{См} \cdot \text{см}^{-3}$ ;

$\omega = 2\pi f$  - угловая частота;

$f$  - частота поля помехи, Гц;

$\mu = \mu_0 \mu_r$  - магнитная проницаемость;

$\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-8}$  - магнитная постоянная, В·с/см·А.

В пограничных случаях рекомендуется провести расчет по этим формулам. Для контурных катушек необходимо проверить расчетом допустимость величины снижения добротности за счет введения экрана (обычно не более 10 %).

#### *Электрическое экранирование*

Электрическое экранирование требует выбора материала с возможно большей проводимостью (алюминий, серебряная медь) и тщательной конструктивной проработки соединения экран - корпус. Эффективность экранирования определяется формулой

$$\mathcal{E} = Z_{\mathcal{E}} \omega \frac{C_{\mathcal{E}A} C_{\mathcal{E}B}}{C_{AB}},$$

где  $Z_{\mathcal{E}}$  - комплексное сопротивление экрана (модуль);  $\omega$  - угловая частота помехи;

$C_{\mathcal{E}A}$ ,  $C_{\mathcal{E}B}$ ,  $C_{AB}$  - частичные емкости экраннаводящего помеху тела А; экранзащищаемого объекта В и между телами А и В.

В формуле за сопротивление экрана следует принять переходное сопротивление экран-корпус (гэ). Это сопротивление следует тщательно конструктивно проработать. Его величину в случае высококачественного исполнения следует принять в пределах 0,04 - 0,06 Ом, в прочих случаях 0,1 - 0,2 Ом. Допустимость того или иного решения проверяется заданной эффективностью экранирования и требуемыми условиями эксплуатации.

В этом случае экранирование происходит благодаря отражению электромагнитной волны от металлической поверхности экрана и затуханию преломленной волны в теле экрана (рисунок 22). Кроме прямого прохождения падающей волны в тело экрана и далее в экранируемое пространство, теоретически имеются многократные переотражения энергии от границ металл-воздух как со стороны падающей волны, так и в

теле экрана. Однако практически с ошибкой не более 2 % переотражениями можно пренебречь. Тогда расчетные формулы для проектирования экрана имеют следующий вид:

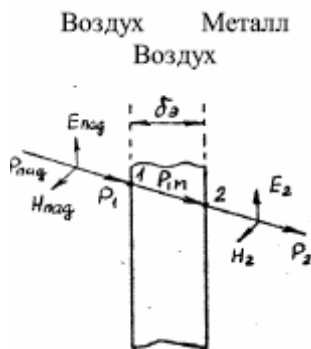


Рисунок 3.7 - Защита от влияния электрического поля

$$\mathcal{E} = \frac{E_{\text{ПАД}}}{E_{\Gamma}} = \frac{H_{\text{ПАД}}}{H_{\Gamma}} = e^{\frac{d_{\mathcal{E}}}{\delta}} \frac{Z_{\text{ВОЗД}}}{4Z_{\text{МЕТ}}},$$

где  $Z_{\text{возд}}$  - характеристическое сопротивление воздуха (вакуум), оно принимается равным  $Z_{\text{возд}}=377\text{Ом}$ ;

$Z_{\text{мет}}$  - модуль характеристического сопротивления металла  $Z_{\text{МЕТ}} = \sqrt{\omega\mu/\sigma}$ ;

$\omega$  - угловая частота помехи;

$\sigma$  - удельная проводимость металла,  $\text{См}\cdot\text{см}^3$ ;

$\mu = \mu_0\mu_{\Gamma}$  - магнитная проницаемость материала экрана.

Толщина экрана практической роли не играет.

### 3.4 Рекомендации по выполнению экранов

*Для случая магнитного экранирования*

1. В расчет следует вводить не максимальное и не среднее значения магнитной проницаемости материала экрана, а начальную величину, так как индукция поля помехи, как

правило, мала. Начальная магнитная проницаемость при этом должна быть, возможно, более высокой, за исключением интенсивных полей. Наиболее подходящим материалом является пермаллой.

2. Увеличение толщины экрана почти пропорционально увеличивает эффект экранирования.

3. Зазор между экраном и объектом экранирования при малых габаритах 3 – 5 мм, при больших 7 – 10 мм.

4. Недопустимо крепление трансформатора или иного объекта с магнитопроводом внутри экрана стальными деталями. Непосредственный контакт магнитопровода с экраном следует исключить.

5. В конструкции экрана следует исключать на пути магнитных силовых линий стыки, швы и щели. Крышки применять с хорошо прилегающей отбортовкой. В отдельных случаях щели допустимы только вдоль направления силовой линии.

6. Менее подвержены помехам трансформаторы на тороидальных или стержневых сердечниках с равномерным распределением обмоток по сердечнику (стержням).

7. На повышенных (выше 10 кГц) и высоких частотах, где экранирующий эффект создается преимущественно противодействующим полем вихревых токов, для изготовления экрана с успехом применяются немагнитные материалы. От конструктора при этом требуется:

- обеспечить неравенство  $\delta_2 > \delta$ ;
- обеспечить хорошую проводимость материала экрана на пути вихревых токов: предпочтительны медь, алюминий, латунь; на СВЧ рекомендуется в качестве покрытия серебро;
- на пути вихревых токов должно отсутствовать все, что увеличивает им сопротивление (швы, стыки, щели, зазоры, перпендикулярные к направлению токов широкие отверстия).



*Для случая электрического экранирования*

8. Для изготовления экрана требуется материал высокой проводимости. Отверстия мало критичны. Несущественно влияют и металлические покрытия.

9. Крайне важно обеспечить минимально возможное значение электрического сопротивления контакта экран-корпус, защиту этого контакта от окисления и механических воздействий. Особое влияние нужно уделить поверхностям из алюминия и магниевых сплавов, склонных к образованию изоляционной оксидной пленки.

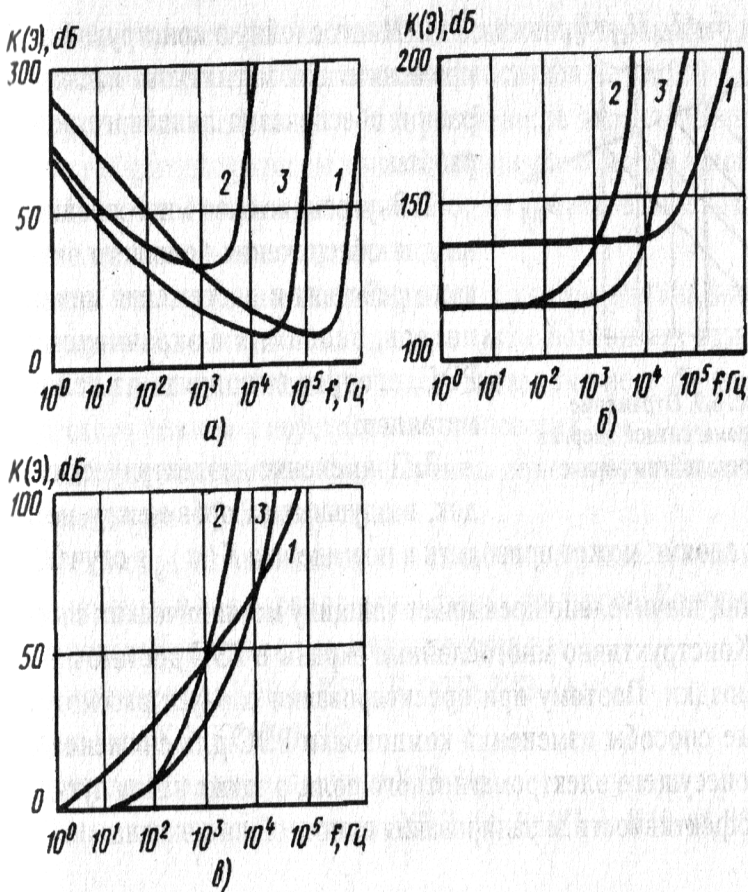
10. Недопустимо образование электростатических влияющих связей с экранируемым объектом через промежуточные тела: незаземленные крышки, перегородки, стойки, металлические элементы несущих конструкций, другие нормально нетоковедущие части. Все подобные конструктивные элементы должны быть надежно заземлены.

11. При отсутствии полной ясности, от влияния какого поля должна быть выполнена защита объекта, ищется решение, удовлетворяющее требованиям как по магнитному, так и по электрическому экранированию.

*Для случая электромагнитного экранирования*

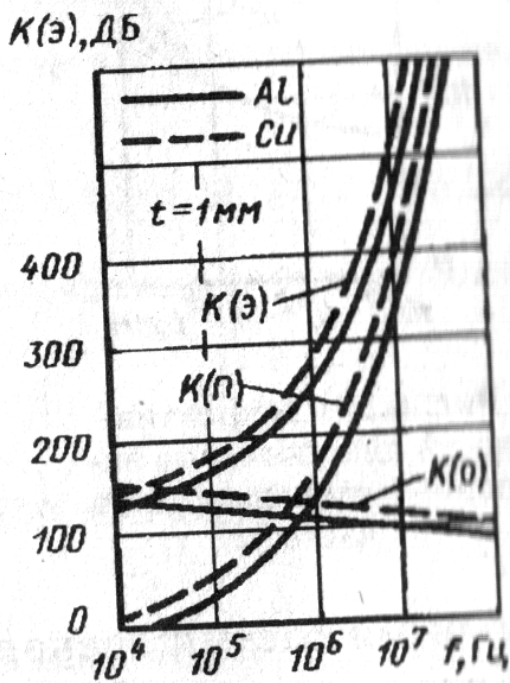
12. Выполняя конструкцию электромагнитного экрана, надо учитывать, что реальная эффективность экранирования будет всегда несколько меньше расчетной величины, ибо электромагнитное поле проникает внутрь экрана не только через толщину материала экрана, но и по щелям, проводам и прочим путям. Тут страшны все отверстия и щелочки независимо от расположения, поэтому запас по эффективности необходимо иметь не менее чем на 30 %.

В случае выполнения корпусов РЭС из пластмасс для экранирования применяются напыления медного или алюминиевого покрытия



- а – для электрического поля;  
 б – для электромагнитного поля;  
 в – для магнитного поля.

Рисунок 3.8 - Зависимости эффективности экранирования немагнитными и магнитными металлами от частоты при  $d = 1$  мм,  $t = 1$  мм (кривые 1 – для меди; кривые 2 – для стали с  $\mu = 1000$ ; кривые 3 – для стали с  $\mu = 100$ ):



$K(\varepsilon)$  в зависимости от частоты;  
 $K(\pi)$  – коэффициент поглощения,  
 $K(o)$  – коэффициент отражения

Рисунок 3.9 - Эффективность медного и алюминиевого покрытий при экранировании

### 3.5 Защита от механических воздействий

*Определение собственных частот амортизированных систем.*

График зависимости отношения связанной частоты собственных колебаний  $f_0$  к несвязанной  $f_z$  от отношения жесткостей  $c_x/c_z$  и  $c_y/c_z$ , приведенный на рисунке 3.10, позволяет определить собственные частоты амортизированной системы графическим способом [1.23].

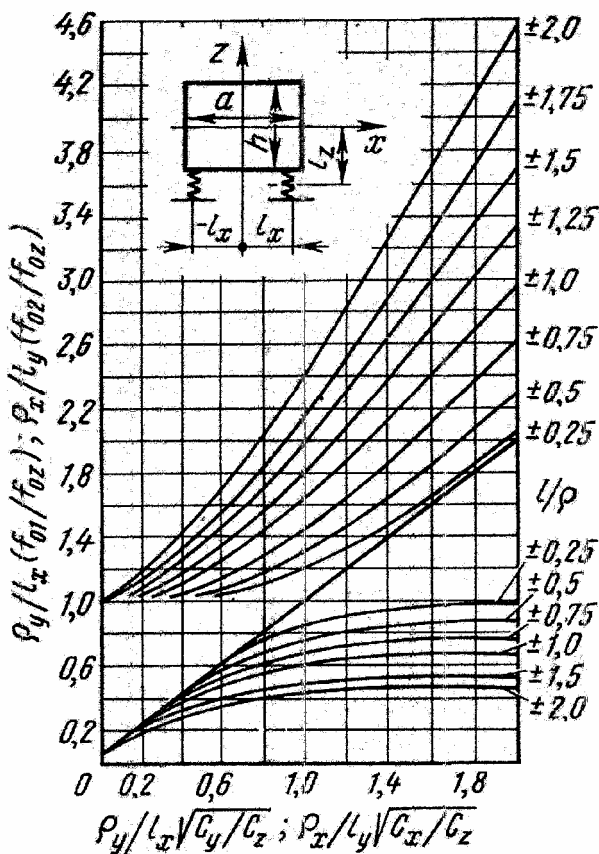


Рисунок 3.10 – График зависимости отношения связанной частоты собственных колебаний к несвязанной частоте от отношения жесткостей  $C_x/C_y$ .

Определим собственные частоты прибора, установленного на 4 амортизаторах, по схеме, указанной на графике. Координаты:  $l_x = 20$  мм,  $l_y = 15$  мм,  $l_z = 17$  мм. Размеры прибора:  $a = 50$  мм,  $b = 40$  мм,  $h = 30$  мм. Масса прибора по объему распределена равномерно. Система симметрична относительно осей X и Y.

Собственная частота по оси Z  $f_z = 10$  Гц. Жесткости по осям X и Y равны, а отношение жесткостей  $c_y/c_z = 2/3$ .

Определяем радиус инерции прибора относительно оси Y

$$\rho_y = \sqrt{(a^2 + h^2)/12} = \sqrt{5^2 + 3^2}/12 = 1,68 \text{ мм}$$

численное значение для параметра  $l_z/\rho_y = 1,7/1,68 = 1,01$  и аргумента

$$(\rho_y/l_x) \sqrt{c_y/c_z} = (1,68/2) \sqrt{2/3} = 0,68.$$

По графику находим, что  $(\rho_y/l_x)(f_{01}/f_z) = 0,55$  и  $1,35$ . Разделим эти числа на  $\rho_y/l_x = 0,84$  и получим отношение частот  $f_{01}/f_z$ , равное  $0,65$  и  $1,60$ .

Абсолютное значение этих частот  $f_{01} = 0,65$ ;  $f_z = 0,65 \cdot 10 = 6,5$  Гц;  $f_{02} = 1,6$ ;  $f_z = 1,6 \cdot 10 = 16$  Гц.

Также находим другую пару связанных частот  $f_{03}$  и  $f_{04}$

$$\rho_x = \sqrt{4^2 + 3^2}/12 = 1,44 \text{ мм};$$

$$l_z/\rho_x = 1,7/1,44 = 1,18$$

Так как  $c_x = c_y$ , то  $(\rho_x/l_y) \sqrt{c_x/c_z} = (1,44/1,5) \sqrt{2/3} = 0,79$ .

По графику для этого аргумента и значения  $l_z/\rho_x = 1,18$  находим  $(\rho_x/l_y) (f_{0,34}/f_z) = 0,4$  и  $1,7$ . Делим эти числа на  $\rho_x/l_y = 0,96$ , получим отношение частот  $f_{0,34}/f_z$ , равное  $0,42$  и  $1,77$ . Тогда абсолютное значение  $f_{03}$  и  $f_{04}$  будет определяться как

$$f_{03} = 0,42; f_z = 0,42 \cdot 10 = 4,2 \text{ Гц и}$$

$$f_{04} = 1,77 f_z = 1,77 \cdot 10 = 17,7 \text{ Гц.}$$

Из полученных частот выбираем максимальное значение 17,7 Гц и определяем минимальную частоту вынужденных колебаний, при которой будет обеспечиваться виброизоляции  $f_B = 17,7\sqrt{2} = 25$  Гц.

Прибор рассмотренный нами ниже подвергается периодическим ударам с ускорением 100 g и длительностью ударного импульса  $t_{и}=5$  мс. Направление удара перпендикулярно плоскости крепления прибора. Надо определить максимальное ускорение, действующее на прибор.

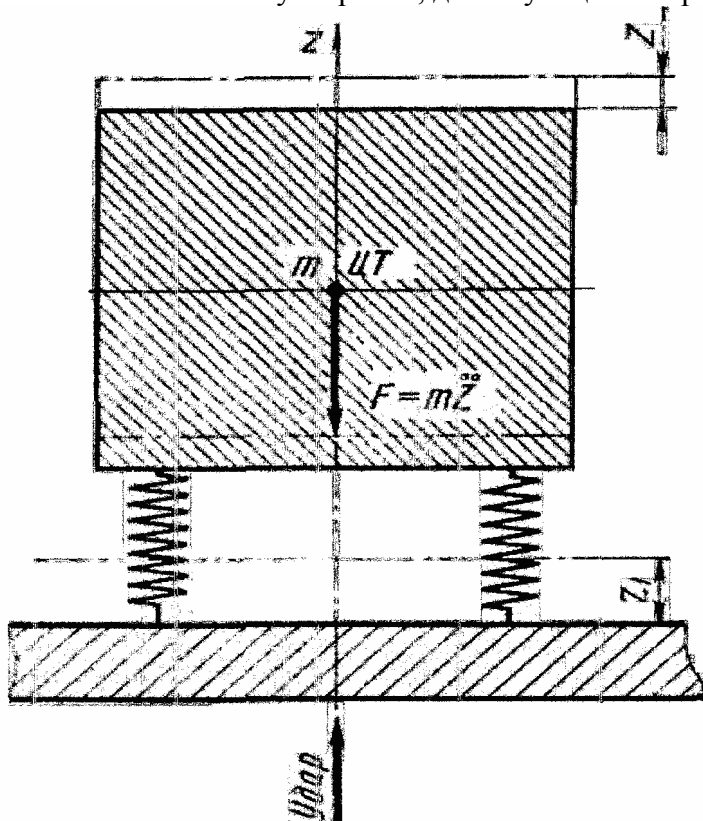


Рисунок 3.11 - Схема воздействия удара на прибор

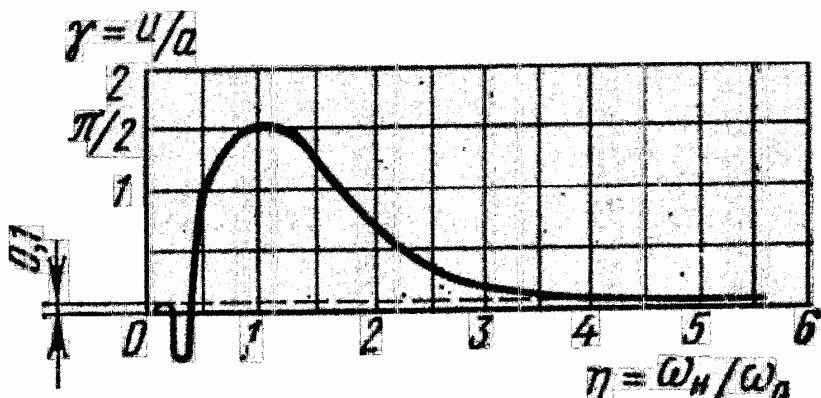


Рисунок 3.12 – График зависимости коэффициента удара от коэффициента расстройки частоты.

Вначале определим период ударного импульса:

$$T_{и} = 2 t_{и} = 2 \cdot 0,005 = 0,01 \text{ с}$$

Тогда условная частота импульса определяется из соотношения

$$\omega_{и} = 2\pi / T_{и} = 2 \cdot 3,14 / 0,01 = 628 \text{ рад/с}$$

Отсюда определяется и коэффициент расстройки

$$\gamma = \omega_{и} / \omega_0 = 628 / 116 = 5,42.$$

Ускорение, действующее на прибор, определяем из выражения

$$u_{\text{макс}} = \frac{2a\gamma}{\gamma^2 - 1} \cos \frac{\pi}{2\gamma} = 100 \frac{2 \cdot 5,42}{5,42^2 - 1} \cos \frac{3,14}{2 \cdot 5,42} = 11,2g.$$

Результаты расчета подтверждает, что амортизаторы, подобранные для виброизоляции рассмотренного прибора, удовлетворяют условиям изоляции его от ударов.

### 3.6 Расчет размерной цепи сопрягаемых деталей

Размерной цепью называется расположенная по замкнутому контуру совокупность взаимосвязанных размеров (звеньев), определяющих точность взаимного расположения осей и поверхностей одной или нескольких деталей в узле или механизме.

Любая размерная цепь содержит замыкающее звено. Составляющие звенья размерной цепи бывают увеличивающие и уменьшающие.

Увеличивающее звено-звено, с увеличением которого увеличивается и замыкающее звено.

Уменьшающее - с увеличением которого замыкающее звено уменьшается.

Расчет размерной цепи по длине крышки[24].

Таблица 3.3 - Величины размеров

Номер звена	Обозначение звена	Номин. размер	Верхн. откл. ( $\delta_{\text{в}}$ ) $i$	Нижн. откл. ( $\delta_{\text{н}}$ ) $i$
1	N1	209	+0,6	0
2	N2	199	+0,25	-0,25

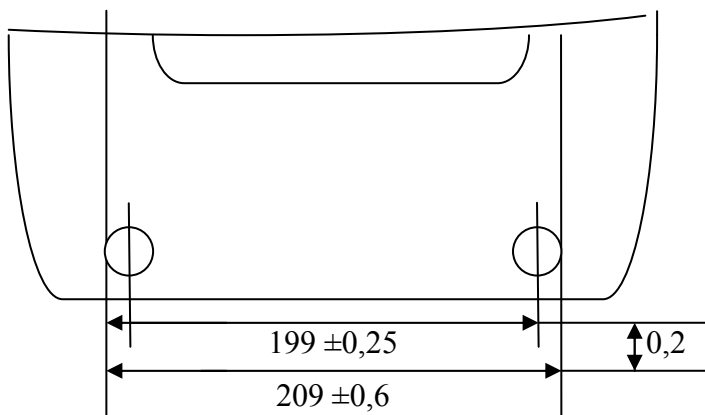
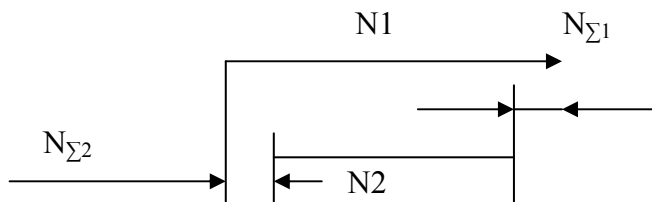


Рисунок 3.13 - Крышка



Расчет размерной цепи выполним вероятностным методом. Составляем размерную схему:



$N_1$ .. увеличивающее звено

$N_2$ .. уменьшающее звено

$N_{\Sigma 1}, N_{\Sigma 2}$  - замыкающие звенья

Рисунок 3.14 - Размерная схема

По размерной схеме составляем основное уравнение размерной цепи

$$N_{\Sigma 1,2} = N_1 - N_2 = 209 - 199 = 10 \text{ мм}$$

$N$  - номинальный размер замыкающего звена.

Половины полей допусков составляющих звеньев и их средние отклонения найдем по формулам

$$\delta = \frac{\Delta}{2} = \frac{\Delta B_i + \Delta H_i}{2} \quad \Delta = \frac{\Delta B_i + \Delta H_i}{2}$$

$$\delta_i = +0,6/2 = +0,3 \text{ мм}$$

$$\delta_r = (0,25 + 0,25)/2 = 0,25 \text{ мм}$$

$$\Delta_{1cp} = 0,6/2 = 0,3$$

$$\Delta_{2cp} = 0$$

среднее отклонение поля допуска замыкающего звена определяем по формуле

$$\Delta_{\Sigma cp} = \frac{(\Delta B)_{\Sigma} + (\Delta H)_{\Sigma}}{2} = \sum \Delta_{icp} - \sum \Delta_{jcp},$$

где  $m$  – число увеличивающих звеньев;

$n$  - число уменьшающих звеньев,

т.к. закон отклонения составляющих звеньев симметричен, то

$$\Delta \Sigma_{cp} = \Delta t_{cp} - \Delta r_{cp} = 0,3 - 0 = 0,3 \text{ мм}$$

Половина поля допуска замыкающего звена равна

$$\delta \Sigma = \sum \delta i^2 = \sqrt{\delta 1^2 + \delta 2^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,25^2} = 0,39 \text{ мм.}$$

По известным  $\delta$ , найдены соответственно допуск, предельные отклонения и предельные размеры замыкающего звена.

$$\Delta \Sigma = r \delta \Sigma = 0,3 + 0,9 = 0,69 \text{ мм,}$$

$$(\Delta B) \Sigma = \Delta \Sigma_{cp} + \delta \Sigma = 0,3 - 0,9 = -0,09 \text{ мм,}$$

$$(\Delta H) \Sigma = \Delta \Sigma_{cp} - \delta \Sigma = 10 + 0,69 = 10,69 \text{ мм,}$$

$$N \Sigma_{min} = N \Sigma + (\Delta H) \Sigma = 10 - 0,09 = 9,91 \text{ мм,}$$

$$N \Sigma_{1,2max} = 10,69 / 2 = 5,345 \text{ мм,}$$

$$N \Sigma_{1,2min} = 9,91 / 2 = 4,955 \text{ мм}$$

таким образом, при заданных допусках на размеры крышки размер замыкающего звена не выйдет за пределы

$$4,955 + 5,345 \text{ мм,}$$

учитывая не симметричность крепежных отверстий относительно выступов, размеры каждого замыкающего звена следующие

$$N \Sigma 1 = 4,955 - 0,2 = 4,755 \text{ мм,}$$

$$N \Sigma 2 = 5,345 + 0,2 = 5,545 \text{ мм.}$$

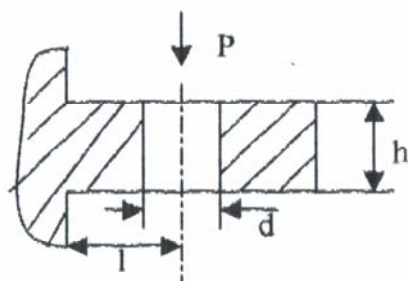
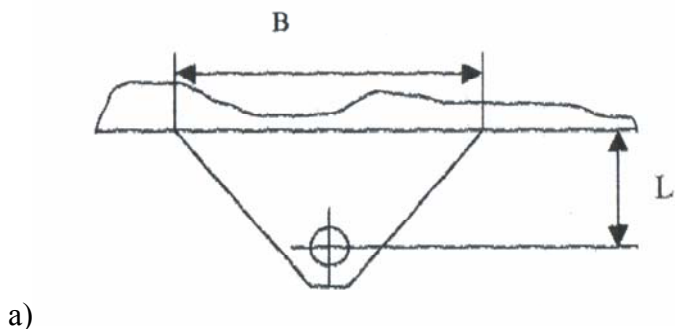
Определяем размеры

$$(N_2 + N_{\Sigma i})_{max} = 199,25 + 5,545 = 204,795 \text{ мм,}$$

$$(N_2 + N_{\Sigma i})_{min} = 198,75 + 4,755 = 203,505 \text{ мм}$$

произведенный расчет размерных цепей показал, что при заданных номинальных размерах и допусках на них, сопряжение корпуса и крышки обеспечено.

### 3.7 Расчет прочности элементов крепления блока



а) плечо,

б) ушко крепления

Рисунок 3.15 - Элементы крепления

$d$  – диаметр отверстия;

$h$  – толщина ушки;

$L$  – плечо приложения силы  $P$  ( $l=13$  мм);

$b$  – ширина ушка у основания ( $b=60$  мм);

$P$  – сила, прикладываемая к ушку;

$m$  – масса прибора ( $m=10,1$  кг);

$\sigma_{\text{изг}}$  – предел выносливости при изгибе детали из материалов АЛ9;

$\sigma_{\text{изг}} - 4,5 \text{ кгс/мм}^2$ .

При расчете элементов закрепления корпуса необходимо принять во внимание не только собственный вес прибора, но и возможные при эксплуатации ускорения [25].

Ускорения данного блока в процессе эксплуатации равно 15g.

Вес  $P_i$ , действующий на соединение при этом ускорении, равен

$$P_i = 15g \cdot m = 10,1 \cdot 15g = 1515 \text{ кг.}$$

Усилие, приходящееся на одно ушко, равно  $P=1/4 P_i$ .

Элементы закрепления рассчитаем по уравнениям прочности.

Уравнения прочности для ушка будет

$$P1 = \frac{B \cdot h^2}{6} \cdot \sigma_{\text{изг}}$$

отсюда:

$$h = \sqrt{\frac{6P1}{4\sigma_{\text{изг}}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1515 \cdot 13}{4,5 \cdot 60 \cdot 4}} = 9,6 \text{ мм.}$$

Принимаем  $h = 10 \text{ мм}$

Рассчитываем винтовое соединение на срез и смятие.

Допускаемые напряжения:

$$[\sigma_p] = 50 \text{ н/мм}^2$$

$$[\tau_{\text{ср}}] = 40 \text{ н/мм}^2$$

$$[\sigma_{\text{см}}] = 60 \text{ н/мм}^2.$$

1) проверяем соединение на растяжение напряжения, действующее в сечении 1 - 1

$$\sigma_1 = [N1]/P_{\text{нг}1} = [P]/h \cdot 2(b1-d) < (\sigma_p)$$

$$\sigma_1 = 36 < [50]$$

2) проверяем болтовое соединение на срез

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{P}{i \cdot (\pi d^2) / 4} = 34 \text{ Н/мм}^2 < [40]$$

$d$  – диаметр болта ( $b=10 \text{ мм}$ )

$i = 4$ - количество болтов.

3) проверяем соединение на смятие

$$\sigma = \frac{P \cdot 10_m}{i \cdot d \cdot \delta} = 38 \text{ Н/мм}^2 < [60]$$

расчет показывает, что прочность соединения обеспечена.

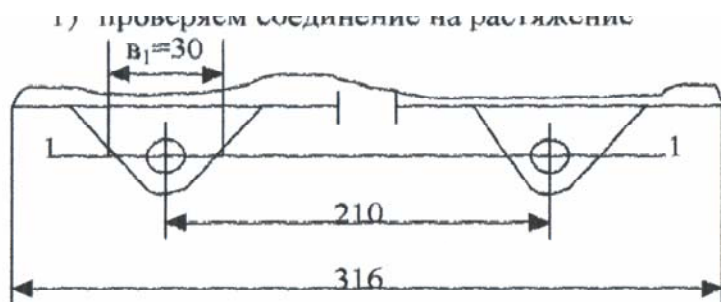


Рисунок 3.16 - Схема крепления

### 3.8 Расчет надежности при проектировании

В зависимости от класса разрабатываемого объекта, его назначения, исходных данных на проектирование, последовательность проведения расчетов надежности может быть различной. Надежность блока питания определяется с учетом случайных отказов ее составных частей и отказов в результате старения, износа, под действием температуры, влажности и т.д.

Вероятность случайных отказов рассчитывается по формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda_0 t},$$

$\lambda_0$  - суммарная интенсивность отказов;

$t$  - время работы аппаратуры.

Интенсивность отказов может быть определено по формуле:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n n_i \lambda_i,$$

где  $n_i$  - количество  $i$ -го типа элементов.

Количественные значения интенсивности отказов для блока питания приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Количественные значения интенсивности отказов

Наименование элементов	Количество, $n_i$	Интенсивность отказов $\lambda=10^{-6}$	Коэффициент нагрузки $K_H$	$\lambda_0 \cdot n_i \cdot K_H 10^{-6}$
Резисторы	33	0,01	0,3	0,99
Конденсаторы	23	0,04	0,1	0,92
Диоды	6	0,16	0,1	0,96
Предохранитель	1	0,02	0,25	0,05
Индикатор единичный	2	0,04	0,2	0,16
Микросхемы	5	0,45	0,25	5,62
Транзисторы	8	0,2	0,25	4
Дроссель	6	0,02	0,1	0,12
Вилка	1	0,02	0,25	0,05
Пайка	296	0,001	0,1	0,29

График зависимости интенсивности отказов приведен на рисунке 3.16.

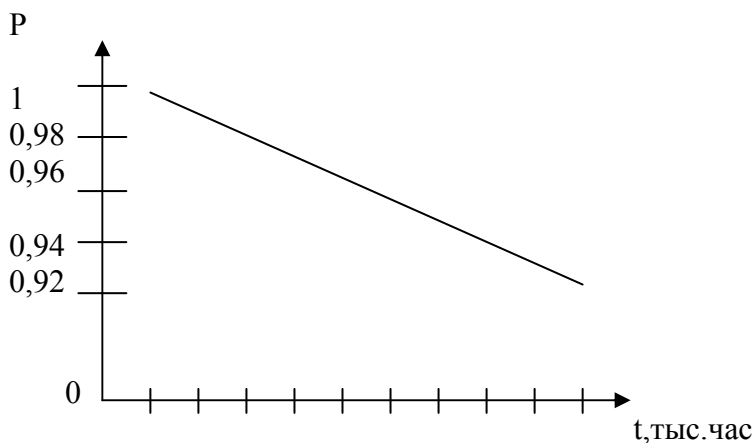


Рисунок 3.17 График зависимости интенсивности отказов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены основные вопросы при выполнении выпускной квалификационной работы. В первой части пособия рассмотрены организационные вопросы выполнения проекта с анализом тематики и технического задания. В техническом задании обязательно указывается объект установки изделия, что и определяет направление проектирования.

Достаточно подробно описаны электрические схемы, разработка сборочных чертежей и чертежей деталей. Значительное внимание уделено обозначению чертежей по ЕСКАД, простановке величины шероховатости и допусков на размеры при оформлении графической части проекта, выбору материалов и покрытий. Рассмотрены различные варианты компоновки и методов конструирования РЭС. Приведены примеры расчетов, часто встречающихся при выполнении дипломных проектов: теплового режима, герметизации блока, защиты от механических воздействий, надежности и др. расчетов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

### РЕФЕРАТ

Пояснительная записка \_\_\_ с., \_\_\_ рисунка, \_\_\_ таблицы, \_\_\_ источников, \_\_\_ приложения.

Ключевые слова приводятся в именительном падеже и записываются в строку через запятые.

Объект исследования или разработки – \_\_\_\_\_

Цель работы - \_\_\_\_\_

Метод исследования и аппаратура - \_\_\_\_\_

Полученные результаты и их новизна - \_\_\_\_\_

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики \_\_\_\_\_

Степень внедрения - \_\_\_\_\_

Рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов \_\_\_\_\_

Область применения - \_\_\_\_\_

Экономическая эффективность или значимость работы - \_\_\_\_\_

Прогнозные предложения о развитии объекта исследования - \_\_\_\_\_

#### Примечание

Если документ не содержит сведений по какой-либо из перечисленных структурных частей реферата, то текст реферата она опускается, при этом последовательность изложения сохраняется.



**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(справочное)

**Перечень**  
**Стандартов единой системы конструкторской**  
**документации (ЕСКД)**

№ п/п	Номер стандарта	Наименование стандарта
1	2	3
1	ГОСТ 2.004-88	ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах ввода ЭВМ
2	ГОСТ 2.101-68	ЕСКД. Виды изделий
3	ГОСТ 2.102-68	ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов
4	ГОСТ 2.104-68	ЕСКД. Основные надписи
5	ГОСТ 2.105-95	ЕСКД. Общие требования к текстовым документам
6	ГОСТ 2.106-96	ЕСКД. Текстовые документы
7	ГОСТ 2.109-73	ЕСКД. Основные требования к чертежам
8	ГОСТ 2.113-75	ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы
9	ГОСТ 2.123-93	ЕСКД. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании
10	ГОСТ 2.305-68	ЕСКД. Изображения - виды, разрезы, сечения
11	ГОСТ 2.307-68	ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

1	2	3
12	ГОСТ 2.308-79	ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей
13	ГОСТ 2.309-73	ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей
14	ГОСТ 2.310-68	ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки
15	ГОСТ 2.314-68	ЕСКД. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий
16	ГОСТ 2.316-68	ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц
17	ГОСТ 2.413-72	ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий изготовляемых с применением электрического монтажа
18	ГОСТ 2.414-75	ЕСКД. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов
19	ГОСТ 2.417-91	ЕСКД. Платы печатные. Правила выполнения чертежей
20	ГОСТ 2.701-84	ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
21	ГОСТ 2.702-75	ЕСКД. Правила выполнения электрических схем
22	ГОСТ 2.708-81	ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

1	2	3
23	ГОСТ 2.723-68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители
24	ГОСТ 2.725-68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие
25	ГОСТ 2.727-68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники; предохранители
26	ГОСТ 2.728-74	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы; конденсаторы
27	ГОСТ 2.729-68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные
28	ГОСТ 2.730-73	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые
29	ГОСТ 2.735-68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Антенны и радиостанции
30	ГОСТ 2.736-68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные. Линии задержки
31	ГОСТ 2.737-68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства связи

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

1	2	3
32	ГОСТ 2.743-91	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники
33	ГОСТ 2.747-68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений
34	ГОСТ 2.755-87	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения
35	ГОСТ 2.759-82	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники
36	ГОСТ 2.761-80	ЕСКД Обозначения условные графические в схемах. Компоненты волоконно-оптических систем передачи
37	ГОСТ 2.764-86	ЕСКД Обозначения условные графические в электрических схемах. Интегральные оптоэлектронные элементы индикации
38	ГОСТ 2.765-87	ЕСКД Обозначения условные графические в электрических схемах. Запоминающие устройства
39	ГОСТ 2.767-89	ЕСКД Обозначения условные графические в электрических схемах. Реле защиты

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (продолжение)

1	2	3
40	ГОСТ 2.768-90	ЕСКД Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические, электротермические и тепловые

## ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное)

Утверждаю  
Зав. кафедрой КИПР  
Муратов А.В.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Техническое задание на разработку носимой радиостанции

- 1 Цель и назначение работы
  - 1.1 Целью выполнения дипломного проекта является разработка конструкции радиостанции
  - 1.2 Носимая радиостанция предназначена для оперативной связи между охраняемыми объектами
- 2 Технические требования
  - 2.1 Состав изделия
    - 2.1.1 Блок приема
    - 2.1.2 Блок передачи
    - 2.1.3 Блок синтезатора частот
    - 2.1.4 Микрофон
  - 2.2 Технические характеристики
    - 2.2.1 Напряжение питания, В
    - 2.2.2 Потребляемый ток в режиме передачи, мА
    - 2.2.3 Потребляемый ток в режиме приема, мА
    - 2.2.4 Диапазон рабочих частот, МГц
    - 2.2.5 Чувствительность приемника, мкВ
    - 2.2.6 Промежуточная частота, кГц
    - 2.2.7 Избирательность по соседнему каналу, дБ
  - 2.3 Требования к конструкции
    - 2.3.1 Конструкция изделия должна быть удобно размещена в процессе эксплуатации, быть компактной, внешний вид изделия должен удовлетворять требованиям технической эстетики и эргономики
    - 2.3.2 Габаритные размеры должны быть не более, м

- 2.3.3 Масса изделия не должна превышать, кг
- 2.3.4 Надписи на изделии должны выполняться стандартными буквами с общепринятыми сокращениями
- 2.3.5 Климатическое испытание
- 2.3.6 Категория размещения
- 2.3.7 Механическое исполнение
  - 2.3.7.1 Виброустойчивость, у
  - 2.3.7.2 Ударная устойчивость, q
  - 2.3.7.3 Частота вибрации, Гц
- 2.3.8 Рабочая температура, °С
- 2.3.9 Относительная влажность воздуха % при температуре °С

Примечание: подпункты 2.3.7, 2.3.8, определяются в приложении (Г)

#### 2.4 Требования к технологичности изделия и элементной базе

2.4.1В изделия должны быть использованы стандартные элементы, материалы и сырье, разрешенные к применению

2.4.2 Конструкция деталей и сборочных единиц должна быть технологичной и разработана с использованием типовых и перспективных технологических процессов

#### 2.4.3 Изделие должно быть ремонтпригодным

#### 2.5 Требования к надежности

2.5.1 Время безотказной работы в часах при вероятности

2.5.2 Срок службы изделия с учетом времени хранения должен быть не менее ... лет

#### 2.6 Технико-экономические требования

2.6.1 Изделие должно быть конкурентоспособным

2.6.2 Годовая программа выпуска, штук

#### 2.7 Требования БЖД охраны окружающей среды

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Руководитель дипломного проекта

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

### МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЭА

Категория аппаратуры	Группа	Вибрация	Удары (g)	Дополнительные факторы
1. Наземная	1.1. Стационарная 1.2. Бытовая 1.3. Переносимая 1.4. Носимая 1.5. Возимая а) на автомашине б) по железной дороге в) на гусеничном транспорте	120Гц при 4...6  до 200Гц при 0.5g от 2 до 10Гц при 2g от 12 до 400Гц при 2g до 7000Гц A=25мкм	Многочрезные до 5 Одиночные до 75  до 40  100	      Уровень акустического шума до 160дБ
2. Морская	2.1. Судовая 2.2. Буйковая	до 30Гц при 1g до 1Гц при 1g	12 до 50	
3. Бортовая	3.1. Самолётная 3.2. Космическая 3.3. Ракетная	0...400 при 5g  до 2500Гц при 20g	до 10	Тепловые удары до 100 <sup>0</sup> С, мин Акустический шум до 150дБ Акустический шум до 150дБ, ускорение 10...50g. Возможна радиация



## ПРИЛОЖЕНИЕ Г (продолжение)

Вид исполнений изделий для основных климатических зон

Вид исполнения	Климат	Температура °С			Скорость ветра	Средняя относительная влажность процент	Изменения давления кПа	Дополнительные факторы	
		Верхнее значение	Нижнее значение	Макс. перепад за сутки					
У	Умеренный	+40	-40	11	40...100	80% при	86...106	Обледенение, иней, роса, туман	
ХЛ	Холодный	+40	-60	40				Иней, туман, обледенение, снег, гнус, комары	
ТА	Тропический сухой	+45	-60	40		10...20%		Песок, грызуны, пресмыкающиеся, насекомые	
ТВ	Тропический влажный а) лесной б) морской	+45	+1	10		100% при 35°С			Грозы, туманы, роса, обилие насекомых, грызунов, пресмыкающихся – способствуют развитию микроорганизмов
				2...3					
Т	Тропический. Для всех климатических зон	+40	-10	40	100	100% при 35°С		Высокая концентрация солей (концентрации до 5мг/м <sup>3</sup> на расстоянии 50м от линии прибора) вызывает ускоренную коррозию металлов и разложение органических веществ	
О	а) на суше	+45	-60	40					
М	б) на море	+40	+1	10					
ОМ	в) на суше и на море	+45	-60	40					

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)

Покрытия металлические, наносимые электролитическим способом

Вид покрытия	Материал детали	Чистота обработки	Группа условий эксплуатации	Толщина покрытия, мкм	Обозначение, принятое в тех. документации	Назначение покрытия	Область применения
1	2	3	4	5	6	7	8
Цинковое	сталь	4	Л.	3-6	Ц3.ХР	Защита от коррозии	Резьбовые крепёжные детали с шагом резьбы до 0,4мм включительно. Пружины про толщине (диаметре) до 1мм
				6-9	Ц6.ХР		
			С.	15-18	Ц15.ХР		
			Ж.	24-30	Ц24.ХР		
			Ж ОЖ	15-18	Ц15.ХР. ЛКМ		Различные детали
Кадмиевое	Сталь	4	Ж. ОЖ	24-30	Кд.24ХР3	Защита от коррозии деталей, подвергающихся природическому воздействию морской и спец.солей	Кожуха, крышки, корпуса, основания, кронштейны, шасси, рамы, экраны, прокладки и др.
			С.	6-9	Кд.6ХР ЛГК	Защита от коррозии	Различные детали
			Ж. ОЖ	15-18	Кд. 15ХР ЛКГ		
Кадмиевое	Медь и медные сплавы	4	Л.	3-6	Кд.3ХР	Защита от коррозии	Различные детали
			С.	6-9	Кд.6ХР ЛГК		
			Ж. ОЖ	15-18	Кд. 15ХР ЛГК		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
Никелевое	Медь и медные сплавы	5	Л.	3-6	НЗ	Защита от коррозии	Пружины, мембраны, другие жетали при толщине (диаметре) материала до 0,5мм. Резьбовые и крепёжные детали с шагом резьбы до 0,4мм включительно
Никелевое	Медь и медные сплавы	6	С	6-9	Н6	Декоративная отделка деталей с одновременной защитой от коррозии	Корпуса, ручки, отражатели, диски, обоймы, держатели, контакты
		5	Л.С.			Защита от коррозии	Пружины, мембраны, пластины и др. детали при толщине (диаметре) материала от 0,5 до 1
Никелевое	Медь и медные сплавы	6	Ж.	12-15	Н12	Декоративная отделка деталей с одновременной защитой от коррозии	Корпуса, ручки, отражатели, диски, держатели, контакты подвижные и неподвижные, а также различные детали
Никелевое	Сталь и сплавы с заданным коэффициентом расширения	5	Л	3-6	НЗ	Защита от коррозии	Резьбовые крепёжные детали с шагом резьбы до 0,4мм включительно
				6-9	Н6		То же, с шагом резьбы от 0,4 до 0,8мм включительно
				9-12 (медь 6 никель 3)	БНЗ		То же, с шагом резьбы свыше 0,8мм
				9-12	Н9		Декоративная отделка
Серебрение	Медь и медные сплавы	5	Л	3-6	Ср3	Улучшение электропроводности внутренних деталей аппаратуры, с одновременной защитой от коррозии	Пружины, пластины и др. детали при толщине (диаметре) материала до 1,5мм включительно. Резьбовые крепёжные детали с шагом резьбы до 0,4мм включительно

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
		6	С СЖ	6-9	Ср.6		Резьбовые крепёжные детали с шагом резьбы свыше 0,4мм
Серебрение	Медь и медные сплавы	6	С	9-12	Ср.99	Улучшение электропроводимост и внутренних деталей аппаратуры с одновременной защитой от коррозии	Различные контактные детали и детали волноводных трактов
Окисное	Алюминий и его сплавы	Покрyтия, наносимые анодизационным способом				Защита от коррозии	Корпуса, рамы, кронштейны и др. детали, в том числе шильдики
		5	Л	-	Ан.окс. Ан.окс.хр. Ан.окс. (цвет красителя)		
		Не оговаривается	Ж ОЖ	-	Ан.окс. лнк Ан. окс. кр. лнк.		

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е (справочное)

Рекомендации по выбору шероховатости

Шероховатость	Рекомендации по применению
1	2
R <sub>Z</sub> 320 R <sub>Z</sub> 160	Очень грубые поверхности, не подвергающиеся механической обработке, поверхности отливок повышенного и высокого качества, получаемых литьём в землю
R <sub>Z</sub> 80	Грубые, не соприкасающиеся друг с другом поверхности
R <sub>Z</sub> 40	Поверхности деталей, не соприкасающиеся с другими поверхностями и не используемые в качестве технологических баз
R <sub>Z</sub> 20	Поверхности деталей, прилегающие к поверхностям других деталей, не трущиеся и не подвергающиеся износу
R <sub>a</sub> 2,5	Прилегающие друг к другу, но не трущиеся поверхности высокого качества. Свободные поверхности тонкостенных внутренних деталей приборов. Базовые поверхности, предназначенные для установки деталей, допуски расположения которых находятся в пределах допусков квалитетов H8, H9, h9 включительно
R <sub>a</sub> 1,25	Трущиеся поверхности, к которым не предъявляются высокие требования в отношении износоупругости и стабильности сохранения зазора или взаимного расположения. Базовые поверхности, предназначенные для установки деталей, допуски расположения которых находятся в пределах допусков квалитетов H8, h8, h7 и точнее. Декоративные поверхности хорошего качества
R <sub>a</sub> 0,63	Соприкасающиеся поверхности, достаточно хорошо противостоящие износу, поверхности деталей с повышенными требованиями к прочности, поверхности

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
(справочное)  
**Примеры присвоения обозначения КХ деталям и  
сборочным единицам**

РАБВ.301122.001	КОРПУС
301129.001	КОРПУС
301156.001	КОРПУС
301171.001	КОРПУС
301172.001	КОРПУС
301216.001	РАМА
301222.001	РАМА
301224.001	РАМА
301228.001	РАМА
301231.001	КАРКАС
301251.001	КРЫШКА
301252.001	КРЫШКА
301262.001	КРЫШКА
301314.001	ОСНОВАНИЯ (ШАССИ)
301318.001	ПОДСТАВКА
301319.001	ШВЕЛЛЕР
301532.001	СКОБА
301536.001	ЗАЖИМ
301561.001	КРОНШТЕЙН
303657.007	ЗАМЫКАТЕЛЬ
303659.001	КНОПКА
304134.001	ПЛАНКА
304275.001	ОГРАНИЧИТЕЛЬ
305135.001	ЧЕХОЛ
305143.001	КОЖУХ
305178.001	ЭКРАН
321175.001	ЯЩИК (ТАРНЫЙ)
321226.001	ЯЩИК (УКЛАДОЧНЫЙ)
321241.001	КОРПУС (ЯЩИКА)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

321242.001	КРЫШКА (ЯЩИКА)
321243.001	ДЕТАЛИ КОРПУСА
321244.001	ДЕТАЛИ КОРПУСА
321245.001	ДЕТАЛИ КОРПУСА
322453.001	ЧЕХОЛ
322459.001	РЕМЕНЬ
323229.001	КОРОБКА
323359.001	ПЕРЕПЛЕТ
РАБВ.323366.001	МЕШОК
323382.001	СУМКА
433531.001	ГЕНЕРАТОР КВАРЦЕВЫЙ
434156.001	РЕЗИСТОР
434416.001	СОЕДИНИТЕЛЬ
436234.001	БЛОК ПИТАНИЯ
436634.001	БЛОК ПИТАНИЯ
436636.001	ИСТОЧНИК ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ
464314.001	УСТРОЙСТВО ПРИЕМНОЕ
464318.001	ПРИЕМНИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ДУПЛЕКСНЫЙ
464425.001	РАДИОСТАНЦИЯ
464511.001	РАДИОСТАНЦИЯ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ
464522.001	ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК
464946.001	УПАКОВКА
464953.001	КОМПЛЕКТ ЗИП-0
464974.001	УСТРОЙСТВО ПЕРЕХОДНОЕ
467872.001	СИНТЕЗАТОР
467874.001	СИНТЕЗАТОР

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

468313.001	ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ
468332.001	БЛОК АВТОМАТИКИ, ПУЛЬТ ЗАПИСИ
468353.001	ЯЧЕЙКА СОПРЯЖЕНИЯ
468362.001	УСТРОЙСТВО АВТОМАТИКИ
468363.001	УСТРОЙСТВО КОММУТАЦИИ
468365.001	ЯЧЕЙКА УПРАВЛЕНИЯ
468567.001	УСТРОЙСТВО СОГЛАСОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
468592.001	ФИЛЬТР ДУПЛЕКСНЫЙ
468753.001	БЛОК ОПОРНЫХ ЧАСТОТ
468754.001	ГЕНЕРАТОР, УПРАВЛЯЕМЫЙ НАПРЯЖЕНИЕМ
468781.001	ГЕНЕРАТОР ШУМА
468731.001	УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ
468732.001	УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ
468822.001	ЯЧЕЙКИ ФИЛЬТРОВ
469637.001	ПАНЕЛЬ ПЕРЕДНЯЯ
671121.001	ТРАНСФОРМАТОР
671159.001	ТРАНСФОРМАТОР
671331.001	ДРОССЕЛЬ
671332.001	ДРОССЕЛЬ
РАБВ.684456.001	СЕРДЕЧНИК
684459.001	СЕРДЕЧНИК
685122.001	ГНЕЗДО, ШТЕПСЕЛЬ
685422.001	КАТУШКА (ДЕТАЛЬ)



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

685432.001	КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ
685442.001	КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ
685619.001	СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНОЕ
685621.001	ЖГУТ
685624.001	ЖГУТ
685626.001	ЖГУТ
685661.001	СОЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЬНОЕ
686470.001	ЭКРАН
686471.001	ЭКРАН
687151.001	ЗАДЕЛКА КАБЕЛЬНАЯ
687222.001	ЗАЖИМ
687241.001	ПЛАТА
687242.001	ПЛАТА
687243.001	ПЛАТА
687244.001	ПЛАТА
687253.001	ПЛАТА
687264.001	ПЛАТА
687281.001	ПЛАТА
687289.001	ПЛАТА

ДЕТАЛИ

РАБВ.711141.001	КОЛЬЦО
711192.001	ДИСК
711351.001	ВТУЛКА
711352.001	КРЫШКА
711742.001	ВТУЛКА
713141.001	ВТУЛКА
713151.001	КОРПУС, СТОЙКА
713161.001	ВТУЛКА
713162.001	ВТУЛКА

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

713241.001	ВТУЛКА
713313.001	ВТУЛКА
713342.001	ВТУЛКА
713352.001	КОРПУС
713361.001	ВТУЛКА
РАБВ.713363.001	ЦАНГА
713511.001	ШТЫРЬ
713533.001	КОЛОНКА
713553.001	ВТУЛКА
713651.001	ВТУЛКА
713753.001	ВТУЛКА
714151.001	ОГРАНИЧИТЕЛЬ, ВТУЛКА
715142.001	ВТУЛКА
715221.001	СТЕРЖЕНЬ
715231.001	КОЛОНКА
715353.001	НАКОНЕЧНИК
715411.001	КОНТАКТ
715412.001	ФИКСАТОР, ПОВОДОК
715441.001	КОЛОНКА
715521.001	КОЛОНКА
715523.001	СТЕРЖЕНЬ
715533.001	КОЛОНКА
715534.001	ШТЫРЬ
715611.001	КОНТАКТ
715713.001	ЛОВИТЕЛЬ
715731.001	СТОЙКА
715732.001	ГНЕЗДО
715324.001	КЛЮЧ ТОРЦОВЫЙ
715331.001	СТЕРЖЕНЬ
715511.001	ЛОВИТЕЛЬ
723111.001	ТРУБА
723232.001	ЦАНГА

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

725112.001	ЭКРАН, ЗАГЛУШКА
725113.001	ЭКРАН, ЗАГЛУШКА
725121.001	ЭКРАН, ЗАГЛУШКА
725234.001	ОБЕЧАЙКА
725313.001	КОЛПАЧОК
725316.001	КОЖУХ
731147.001	КОРПУС
731192.001	КРЫШКА
731197.001	КОРПУС
731421.001	КАРКАС
732112.001	КОРПУС
732116.001	КОРПУС
РАБВ.732161.001	КОРПУС
732311.001	КОРПУС
733251.001	ШАССИ
734311.001	КАРКАС, СТОЙКА
734313.001	ОСНОВАНИЕ
734568.001	КОЛПАЧОК
735211.001	КРЫШКА
735312.001	ЭКРАН
735313.001	ЭКРАН
735314.001	ЭКРАН
735315.001	ОБЕЧАЙКА
735319.001	ЭКРАН
735321.001	КОРОБКА(ЭКРАН)
735352.001	КРЫШКА
735412.001	ЭКРАН
741121.001	ЗАГЛУШКА, ПРОКЛАДКА
741124.001	ЗАГЛУШКА, ПРОКЛАДКА + ЭКРАН
741124.001	ЗАГЛУШКА, ПРОКЛАДКА
741125.001	ЗАГЛУШКА, ПРОКЛАДКА

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

741126.001	ЗАГЛУШКА, ПРОКЛАДКА
741127.001	ПЛАНКА
741128.001	ПЛАНКА
741131.001	ПРОКЛАДКА, РУЧКА
741135.001	ПЛАНКА
741168.001	ПЛАНКА, КРОНШТЕЙН
741214.001	ПЛАНКА
741234.001	КРЫШКА, ПЛАНКА
741241.001	КРЫШКА, ПЛАНКА
741244.001	ЭКРАН
741278.001	КРОНШТЕЙН
741314.001	ЭКРАН
741316.001	ЭКРАН
741338.001	НАПРАВЛЯЮЩАЯ
741351.001	ПЛАНКА
741354.001	ЭКРАН
741364.001	ОСНОВАНИЕ
741374.001	ОПОРА
741378.001	КРОНШТЕЙН
741424.001	ПЛАНКА
РАБВ.741434.001	КРОНШТЕЙН
741512.001	ПЛАНКА
741542.001	ОСНОВАНИЕ
742152.001	НАПРАВЛЯЮЩАЯ
743613.001	КРЮЧОК
743614.001	КРЮЧОК
743651.001	ЗВЕНО
745112.001	ПРОКЛАДКА
745212.001	СКОБА
745222.001	ЭКРАН
745226.001	КОНТАКТ
745243.001	ПЛАНКА

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

745311.001	РУЧКА
745312.001	СКОБА
745316.001	СКОБА
745319.001	СКОБА
745321.001	ВКЛАДЫШ, ПРОКЛАДКА
745322.001	ОСНОВАНИЕ, ЭКРАН, ШВЕЛЛЕР
745335.001	СТЕНКА
745352.001	СКОБА
745361.001	ШВЕЛЛЕР
745419.001	СКОБА
745421.001	ЭКРАН
745425.001	СКОБА
745429.001	СКОБА
745438.001	ВКЛАДЫШ
745461.001	ПРУЖИНА
745472.001	ЭКРАН
745513.001	УГОЛЬНИК, КОЖУХ
745515.001	СКОБА
745522.001	СКОБА
745535.001	ЭКРАН
745552.001	СКОБА
746714.001	СКОБА
746723.001	СКОБА
746714.001	СКОБА
746763.001	СКОБА
747151.001	ТРУБА
752694.001	РАДИАТОР
РАБВ.752695.001	РАДИАТОР
753221.001	СТОЙКА
753312.001	ЧАШКА
753513.001	ПРУЖИНА

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

753713.001	РУЧКА
753731.001	РУЧКА
753781.001	НАКЛАДКИ
753782.001	НАКЛАДКИ
754142.001	ПРОКЛАДКИ
754152.001	ПРОКЛАДКИ
754156.001	ПРОКЛАДКИ
754175.001	ПРОКЛАДКИ
754342.001	ТАБЛИЧКА
754521.001	КРЫШКА
755417.001	СВЕТОФИЛЬТР
755471.001	СТЕКЛО
755481.001	СТЕКЛО
757274.001	ШУНТ
757445.001	ПРОВОД
757451.001	КАБЕЛЬ
757452.001	КАТУШКА
757455.001	КАБЕЛЬ
757461.001	ВЫВОД
757466.001	ЛЕПЕСТОК
757471.001	ГНЕЗДО, КОНТАКТ
757513.001	ИЗОЛЯТОР
757532.001	ПРОКЛАДКА
757562.001	КАРКАС
758123.001	ВИНТ
758141.001	ВИНТ
758151.001	ВИНТ
758154.001	ПОДСТРОЧНИК
758221.001	СЕРДЕЧНИК
758421.001	ГАЙКА
758424.001	ГАЙКА
758443.001	ГАЙКА

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (продолжение)

758448.001	ГАЙКА
758471.001	ГАЙКА
758473.001	ГАЙКА
РАБВ.758481.001	ШАЙБА
758491.001	ШАЙБА
758493.001	ИЗОЛЯТОР
758584.001	ШАЙБА
758721.001	ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ
758722.001	ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ
758723.001	ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ
758724.001	ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ
758725.001	ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ
758727.001	ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ
758729.001	ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ
758791.001	ПЛАТА ПЕЧАТНАЯ

433531.001	ГЕНЕРАТОР КВАРЦЕВЫЙ
434156.001	РЕЗИСТОР
434416.001	СОЕДИНИТЕЛЬ
436234.001	БЛОК ПИТАНИЯ
436634.001	БЛОК ПИТАНИЯ
436636.001	ИСТОЧНИК ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ
464314.001	УСТРОЙСТВО ПРИЕМНОЕ
464318.001	ПРИЕМНИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ДУПЛЕКСНЫЙ

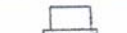

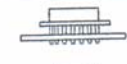
## ПРИЛОЖЕНИЕ И (справочное)

Варианты установки навесных элементов по ОСТ 4 ГО.010.030-81

Варианты		Конструктивное исполнение	Обозначение	Рекомендуемая область применения
установки	формовки			
1	А		1а	На платах, изготовленных любым методом, с односторонним расположением печатных проводников. При двустороннем расположении печатных проводников под элементы с электропроводным корпусом предусмотреть изоляцию, если под ними проходят проводники
	Б		1б	
2	А		2а	На платах, изготовленных любым методом, с одно и двусторонним расположением печатных проводников
	Б		2б	
	В		2в	
3	-		3	
4	-		4	Для межплатной конструкции печатного узла и на платах, изготовленных любым методом, с одно- и двусторонним расположением печатных проводников
5	А		5а	На платах, изготовленных любым методом, с одно- и двусторонним расположением печатных проводников. При двустороннем расположении печатных проводников под элементами предусмотреть изоляцию, если под ними проходят проводники.



## Приложение И (продолжение)

	Б		5б	На платах, изготовленных любым методом, с одно- и двусторонним расположением печатных проводников
	В		5в	
6	А		6а	На платах, изготовленных любым методом, с одно- и двусторонним расположением печатных проводников
	Б		6б	На платах, изготовленных любым методом, с одно- и двусторонним расположением печатных проводников
	В		6в	На платах с одно- и двусторонним расположением печатных проводников при применении теплопроводящих шин и электроизоляционных прокладок
7	А		7а	На платах, изготовленных любым методом, с одно- и двусторонним расположением печатных проводников
	Б		7б	На платах с одно- и двусторонним расположением печатных проводников с применением прокладок для увеличения жесткости крепления
8	А		8а	На платах с одно- и двусторонним расположением печатных проводников
	Б		8б	На платах с односторонним расположением печатных проводников с обязательным применением прокладок или теплоотводящих металлических шин
	В		8в	На платах с односторонним расположением печатных проводников с установкой на мастику АН по периметру. При двустороннем расположении печатных проводников под корпусами микросхем предусмотреть электроизоляционное покрытие

## ПРИЛОЖЕНИЕ К

(справочное)

### Примеры условного обозначения материалов в основной надписи спецификации и технических требованиях (на поле чертежа)

#### Черные металлы и сплавы

##### 1. Литейные сплавы

Конструкционная нелегированная сталь

Отливка 20Л-1 ГОСТ 977-88 (35Л, 45Л)

##### 2. Сталь круглая

Сталь низколегированная и углеродистая обыкновенного качества

138 Круг  $\frac{16\text{-В ГОСТ 2590-88}}{\text{Ст 3сп 2-II ГОСТ 535-88}}$  Сталь углеродистая качественная конструкционная

Круг  $\frac{\text{В-НД-16 ГОСТ 2590-88}}{45\text{-ЗГП-М1-ТВ1-ТО ГОСТ 1050-88}}$  Ø10, 16, 40, 56, 60, 80, 120  
(20, 10)

Сталь качественная калиброванная

Круг  $\frac{6\text{-h11 ГОСТ 7417-75}}{45\text{-Б-Т ГОСТ 1051-73}}$  Ø3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35, 38  
(20, 10)

Сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием

Круг  $\frac{20\text{-h11 ГОСТ 7417-75}}{А12\text{-В-Н ГОСТ 1414-75}}$  Ø4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 50

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Сталь инструментальная углеродистая калиброванная круглая

Круг  $\frac{6\text{-h11 ГОСТ 7417-75}}{У8А-2-Н ГОСТ 1435-90}$  Ø4, 6

Сталь инструментальная углеродистая – серебрянка

Прутки 1,05-Б-h9-Н-У8А ГОСТ 14955-77 Ø1,05; 1,65; 2,05; 3,1

Сталь коррозионностойкая, жаростойкая горячекатаная круглая

Круг  $\frac{20\text{-В ГОСТ 2590-88}}{95Х18-6-Т ГОСТ 5949-75}$  Ø8, 10, 16, 18, 20, 25, 28, 30, 38, 60, 65, 75, 85  
(12x18Н9Т)

Сталь коррозионностойкая жаропрочная и жаростойкая круглая

139 Круг  $\frac{4\text{-h11 ГОСТ 7417-75}}{12Х18Н9Т-НВ ГОСТ 5949-75}$  Ø4,0; 6,0

Прутки из коррозионностойкой стали горячекатаные круглые

Круг  $\frac{30\text{-В ГОСТ 2590-88}}{25Х13Н2 ТУ14-1-712-73}$  Ø30, 36, 40, 45, 56, 65

Сталь сортовая электротехническая нелегированная

Круг  $\frac{20\text{-В ГОСТ 2590-88}}{11895-6- ГОСТ 11036-75}$  Ø18, 20

Сталь шестигранная

Сталь конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием калиброванная шестигранная

Шестигранник  $\frac{10-h11 \text{ ГОСТ } 8560-78}{A12-B-H \text{ ГОСТ } 1414-75}$   $\varnothing 4; 5; 5,5; 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 17, 19$

3. Сталь листовая

Сталь листовая углеродистая качественная общего назначения

Лист  $\frac{AT-AШ-BД-ПН-0-1,0 \text{ ГОСТ } 19904-90}{K270B5-II-G-10KP \text{ ГОСТ } 16523-89}$   $h = 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3,0$   
(45)

Сталь горячекатаная толстолистовая качественная углеродистая конструкционная

Лист  $\frac{A-6 \text{ ГОСТ } 19903-84}{10-3-T \text{ ГОСТ } 1577-81}$   $h = 4, 5, 6$

Сталь горячекатаная толстолистовая углеродистая обыкновенного качества

Лист  $\frac{A-10 \text{ ГОСТ } 19903-74}{Ст3сп2 \text{ ГОСТ } 14637-89}$   $h = 10, 12, 14, 16$

Жесть холоднокатаная горячего лужения

Жесть 36 ГЖР-А1-1 ГОСТ 13345-85

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Сталь листовая легированная конструкционная общего назначения

Лист  $\frac{\text{АТ-АШ-БД-ПН-0-2,0 ГОСТ 19904-90}}{65\text{Г-II ТУ 14-I-4118-86}}$  h = 10, 12, 14, 16

Сталь тонколистовая

холоднокатаная малоуглеродистая качественная для холодной штамповки

Лист  $\frac{\text{АТ-АШ-БД-ПН-0-1,0 ГОСТ 19904-90}}{\text{II-ВГ-0,8кп ГОСТ 9045-80}}$  h = 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6

Сталь тонколистовая коррозионностойкая жаростойкая и жаропрочная

Лист  $\frac{\text{АТ-АШ-БД-ПН-0-0,8 ГОСТ 19904-90}}{12\text{X18H10T-M2a ГОСТ 5582-75}}$  h = 0,8; 1,6; 2,0; 2,5

Сталь электротехническая тонколистовая

Лист 0,35-Н-2-ЭТ-А-3413 ГОСТ 21427.1-83 h = 0,35

Лист 0,50-Н-2-М-А-3412 ГОСТ 21427.1-83 h = 0,35; 0,50

4. Сталь ленточная

Лента стальная упаковочная

Лента ПН 0,3x15 ГОСТ 3560-73

Лента стальная холоднокатаная из низкоуглеродистой стали

Лента 10-М-2-0,3 ГОСТ 503-81 h = 0,3; 0,5

Лента стальная холоднокатаная из пружинной стали

Лента 65Г-С-0,2 ГОСТ 2283-79 h = 0,12; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Лента холоднокатаная из коррозионностойкой и жаростойкой стали

Лента 0,5-М-НТ-0-12Х18Н10Т 3-В ГОСТ 4986-79 h = 0,3; 0,5

Лента стальная холоднокатаная термообработанная

Лента 65Г-2П-ПТ-ПШ-С-0,5 ГОСТ 21996-76 h = 0,36; 0,5; 0,7

Сплавы прецизионные магнито-мягкие ленты холоднокатаные

Лента 0-0,35-І-79НМ ГОСТ 10160-75 h = 0,05; 0,15; 0,35; 0,80 (50Н, 50НП, 79НМ)

Лента из прецизионных сплавов с заданным коэффициентом теплового расширения

Лента 36Н-М-НТ-0-0,8 ГОСТ 14080-78 h = 0,6; 0,8; 2,0 (36Н, 29НК)

Термобиметаллы ленты холоднокатаные нагартованные

Лента ТБ 200/113-0,40-0-М-Б ГОСТ 10533-86 h = 0,25; 0,4

142

5. Сталь полосовая

Сталь углеродистая обыкновенного качества горячекатаная полосовая

Полоса  $\frac{6,0-В-2 \text{ ГОСТ } 103-76}{Ст3сп 3-II \text{ ГОСТ } 535-88}$  h = 6,0; 16,0

Сталь углеродистая качественная конструкционная горячекатаная полосовая

Полоса  $\frac{4-В-Ш-2 \text{ ГОСТ } 103-76}{10-6-Т \text{ ГОСТ } 1050-88}$  h = 4, 5

6. Проволока стальная

Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения

Проволока 1,0-0-С ГОСТ 3282-74                      Ø 0,6; 1, 3, 5

Проволока из углеродистой конструкционной стали холоднотянутая

Проволока 1,0-10 ГОСТ 17305-91                      Ø 0,5; 0,8; 1; 1,6; 2, 3, 4, 5, 8, 12

Проволока стальная углеродистая для холодной высадки калиброванная

Проволока 3,0-1-10 ГОСТ 5663-79                      Ø 1,5; 1,8; 2; 2,2; 2,5; 2,65; 3; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,3;6

**Цветные металлы и сплавы**

1. Сплавы литейные

Сплавы алюминиевые литейные

Сплав АК7ч (АЛ9) ГОСТ 1583-93

Сплав АК12 (АЛ2) ГОСТ 1583-93

Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные

Сплав ЛЦ16Кч ГОСТ 17711-93

Сплав ЛЦ40Сд ГОСТ 17711-93

Сплавы цинковые в чушках для литья под давлением

Сплав ЦАМ4-І ГОСТ 19424-71

2. Прутки круглые

Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов круглые

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Пруток	Д1Т КР. 20П ГОСТ 21488-76	Ø 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 55
Пруток	В95 КР 25П ГОСТ 21488-76	Ø 25, 30, 45, 50, 55 (для Д1 – Ø 100)

Прутки латунные круглые

Пруток	ДКРПП10Л63 ГОСТ 2060-90	Ø 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 35, 40
--------	-------------------------	---

144

Пруток	ДКРНП 6,0 ЛС 59-1 ГОСТ 2060-90	Ø 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 35, 40
--------	--------------------------------	---

Прутки медные круглые

Пруток	ДКРНТ20М1 ГОСТ 1535-71	Ø 14, 20, 25
--------	------------------------	--------------

Прутки бронзовые круглые

Прутки	ДКРНТ 5,0 Бр. КМц 3-1 ГОСТ 1628-78	
--------	------------------------------------	--

Пруток	ПКРН20 Бр. АЖМц 10-3-1,5 ГОСТ 1628-78	Ø 20, 22, 25, 35
--------	---------------------------------------	------------------

Прутки латунные шестигранные

Пруток	ДШГНП 6,0 ЛС59-1 ГОСТ 2060-90	Ø 6, 7, 8, 10, 12, 14, 19
--------	-------------------------------	---------------------------

3. Листы

Листы из алюминия и алюминиевых сплавов



## ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Лист Д16 АМ 3,0x1200x200 ГОСТ 21631-76  $h = 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 10$

Лист АМг М2,0 ГОСТ 21631-76  $h = 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8$

Ленты алюминиевые плакированные медью с одной стороны

Лента АПМ-1М 1,5 ТУ 1-9-548-87

Листы медные

Лист ДПРЛМ 5,0 М1 ГОСТ 495-92  $h = 1,0; 1,2; 2; 3; 4; 5; 6$

Листы латунные

145 Лист ДПРНМ 1,0 Л63 ГОСТ 931-90  $h = 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2; 3; 4,5$

Плиты

Плиты из алюминия и алюминиевых сплавов

Плита Д16Б12 ГОСТ 17232-99  $h = 12, 20, 60$

5. Ленты

Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов

Лента А5. Н.0,5РЛ ГОСТ 13726-78

Ленты медные

Лента ДПРНМ М1 ГОСТ 1173-77

Ленты латунные общего назначения

Лента ДПРНМ 0,20 Л63 ГОСТ 2208-91  $h = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7$

Ленты из алюминиевой бронзы для пружин

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Лента ДПРНТ 0,50 Бр А7 ГОСТ 1048-79  $h = 0,3; 0,5$

Ленты из кремнисто-марганцевой бронзы

Лента ДПРНТ 0,50Бр КМц3-1 ГОСТ 4748-92

Ленты из бериллиевой бронзы

Лента ДПРНТ 0,20НД Бр Б2 ГОСТ 1789-70

$h = 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4;$

0,5

Ленты из оловянно-фосфористой бронзы

Лента ДПРНТ 0,20Бр ОФ 6,5-0,15 ГОСТ 1761-92

$h = 0,15; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0$

6. Фольга

Фольга алюминиевая для технических целей

Фольга ДПРХМ 0,05 АД1 ГОСТ 618-73

Фольга медная рулонная для технических целей

Фольга ДПРНТ 0,050 М1 ГОСТ 5638-75

7. Проволока

Проволока из алюминия и алюминиевых сплавов для холодной высадки

Проволока АД1 3,0 ГОСТ 14838-78  $\varnothing 1,6; 2, 3, 4, 5, 6$

Проволока латунная для холодной высадки

Проволока ДКРНМ 2,00 БТ Л63 ГОСТ 12920-67

$\varnothing 1; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3; 4$

Проволока латунная круглая

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Проволока ДКРНП 1,4 БТ Л63 ГОСТ 1066-90  
2,5;3, 4, 5, 5,6; 6; 15; 19

Ø 0,56; 0,6; 0,8; 1; 1,4; 1,8; 2;

Проволока из кремнемарганцевой бронзы круглая

Проволока ДКРНТ 0,25 Бр КМц 3-1 ГОСТ 5222-72 Ø 0,25; 0,5; 0,8; 1

8. Трубы

Трубы тянутые из алюминиевых сплавов круглые

Труба Д1.Т.КР 10x1,00 ГОСТ 18475-82 Ø 6x1,00; 10x1,00; 12x1,50; 36x3,0; 40x2,5;  
18x3,0

Трубы медные

Труба ДКРНМ 12x1,0 М1 ГОСТ 617-90 Ø 6x0,8; 12x1,0

Трубки латунные тонкостенные

Трубка ДКРНМ 2x0,25 Л63 ГОСТ 11383-75 Ø 1,6x0,15; 2,0x0,25;  
2,5x0,25;3,0x0,25; 4,0x0,25; 5,0x0,25; 6,0x0,25; 1,0x0,25; 8,0x0,25

9. Профили

Профили прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Тавр.

Профиль АМг6 420150 ГОСТ 8617-81  
ГОСТ 13622-91

**Кабельные изделия и кабели радиочастотные**

1. Проволока

Проволока медная круглая электротехническая

Проволока ММ-1,5 ТУ 16. К71-087-90       $\varnothing$  0,14; 0,2; 0,32; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,8; 2;  
2,5; 3; 4

2. Провода обмоточные

Провода медные круглые с эмалевой изоляцией на основе полиэфиров

Провод ПЭТВ-1 0,100, 1 сорта ТУ 16-705.110-79 (ПЭТВ)       $\varnothing$  от 0,063 до 2,36

Провода обмоточные с эмалево-волокнистой изоляции

Провод ПЭЛШО 0,250 ТУ 16.К71-118-91       $\varnothing$  0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315

3. Провода монтажные низковольтные

Провода монтажные теплостойкие с изоляцией из полиэтилена

Провод МПО 0,5Б ТУ 16-505.339-79 (МПОЭ)       $\varnothing$  0,12; 0,20; 0,35; 0,50;  
0,75

Провода монтажные с полиэтиленовой изоляцией

Провод МПМ 0,35К ТУ 16-505.495-81 (МПМЭ)       $\varnothing$  0,12; 0,20; 0,35; 0,50; 0,75

Провода монтажные с пленочной или волокнистой и поливинилхлоридной изоляцией

Провод МГШВ 0,35К ТУ 16-505.437-82 (МГШВЭ)       $\varnothing$  0,12; 0,20; 0,35; 0,50;  
0,75; 1,00; 1,50

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Провода монтажные теплостойкие с изоляцией из фторопласта

Провод МГТФ 0,07 ТУ 16-505-185-71 (МГТФЭ) Ø 0,07; 0,12; 0,35

Провода монтажные

Провод МПО 23-11 0,50К ТУ16-505.193-79 Ø 0,12; 0,50

Провод МПО 33-11 0,35мм<sup>2</sup> ТУ 16-505.324-80 Ø 0,12; 0,35

Провода с изоляцией из поливинилхлоридного пластика в лакированной оплётке для бортовой сети

Провод БПВЛ 0,35К ТУ 16-505.911-76 Ø 0,75; 1,5; 2,5; 6,00; 35

Провода монтажные с пластмассовой изоляцией

Провод НВ-0,12 4 600 ГОСТ 17515-72 Ø 0,12; 0,20; 0,35; 0,50; 0,75

(НВМ, НВ, НВЭ, НВ(1000В))

Шнуры связи

Шнур телефонный с изоляцией и обмоткой из поливинил-хлоридного пластика

Шнур ШТМ-2 ТУ 16.К71-78-90

Шнуры телефонные спиральные экранированные

Шнур ШТСИЭ-6 «Ч» ТУ 16505.386-78 (ШТСЭ, ШТСПЭ) число пар: 4,6; 2x2; 3x2

4. Шнуры соединительные

Шнуры соединительные с поливинилхлоридной изоляцией и

Шнур ШВВ-2 «Ск» ТУ 16-505.409-71

5. Плетёнки

Плетёнки металлические экранирующие

Плетёнка ПМЛ 2x4 УЗ ТУ22-3708-76 (2x4; 3x6; 4x5; 6x10, 10x16)

6. Кабели радиочастотные коаксиальные

Кабели миниатюрные, изоляция сплошная из полиэтилена

Кабель РК 50-1-12 ГОСТ 11326,61-79

Кабель РК 50-2-11 ГОСТ 11326,1-79

Кабель РК 50-3-11 ГОСТ 11326,2-79

Кабель РК 75-1,5-12 ГОСТ 11326,69-79

Кабель РК 75-2-13 ГОСТ 11326,71-79

Кабели среднегабаритные, изоляция сплошная из полиэтилена

Кабель РК 50-7-11 ГОСТ 11326,4-79

Кабель РК 75-4-16 ГОСТ 11326,23-79

Кабель РК 75-4-12 ГОСТ 11326,9-79

Кабель РК 75-9-13 ГОСТ 11326,12-79

Кабели миниатюрные, изоляция сплошная из фторопласта

Кабель РК 50-2-21 ГОСТ 11326,35-79

Кабель РК 50-2-22 ГОСТ 11326,74-79

Кабель РК 75-1,5-21 ГОСТ 11326,76-79

Кабели миниатюрные, изоляция полувоздушная на основе полиэтилена

Кабель РК 75-1,5-31 ТУ 16-705.045-86  
Кабель РК 75-3-31 ГОСТ 11326,28-79

## Пластмассы

### 1. Полиакрилаты

#### Материалы листовые

Стекло органическое листовое ТОСП 2 бесцветное прозрачное ГОСТ 17622-72 h = 1; 2; 3; 4  
Листовое органическое стекло СО-120-К 1.0 ГОСТ 10667-90 h = 1,15; 2; 3

### 2. Полиамиды

#### Массы литьевые

Полиамид 610 литьевой ГОСТ 10589-87

Полиамид ПА6-210/310 ОСТ 6-06-С9-93

Полиамид П6-210-ДС черный, сорт первый ГОСТ 17648-83

Полиамид 6 стеклонаполненный ударопрочный марки ПА6-ЛТ-СВУ-4 ТУ6-06-132-90

Композиция на основе полиамида 6 стеклонаполненная черного цвета ПА66-ЛЮ, 22-СВ30ТУ6-06-05015227-1-92

#### Материалы блочные

Полиамид ПА6 блочный марка «Б» высший сорт ТУ6-05-988-88

3. Поливинилхлориды

Массы литьевые

Пластикат ИО45-12 неокрашенный рецептура 948 первого сорта ГОСТ 5960-72 (И40-13)

Материалы плеточные

Лента ПВХ 15x0,20 голубая 1 сорта ГОСТ 16214-86

Лента ЛВ-40-230-10x0,65 белая ГОСТ 17617-72

Материалы газонаполненные

Пенопласт ПХВ-1-115 толщина 50 I сорта ТУ6-05-1179-83

Заготовки

Трубка 305 ТВ-40-230/1, 2, белая, Ø 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12; 16; 20 I сорта ГОСТ 19034-82 (ТВ-50. Ø 6; 8)

4. Поликарбонаты

Массы литьевые

Поликарбонат ПК-ЛЭ-7,0 ТУ6-06-68-89 первый сорт

Поликарбонат ПК-НКС ТУ6-05-1938-83



5. Полистиролы

Массы литые

Сополимер стирола МСН желтый, рец. 329, первого сорта, ГОСТ 12271-76

Полистирол ПСМ-115 коричневый, рец. 730П, первый сорт по коду ОКП: 22 1411 1604 ГОСТ 20282-86

Полистирол УПМ-0612Л-06, рец. 901, 1с, ГОСТ 28250-89

Полистирол УПС-825Д-16-915, 1 сорта ТУ 2214-009-00203521-94

Сополимер АБС-2020-30 черный, рец. 901, 1с ТУ 2214-019-00203521-96

6. Полиуретаны

×

Материалы газонаполненные

Пенополиуретан марка 40-0,8С самозатухающий 10 ТУ6-55-43-90

Пенополиуретан ППУ-305А ТУ6-05-221-121-79

7. Полиэтилены

Массы литые

Полиэтилен 209-23, черные, рец. 901, 1 сорт ГОСТ 16338-85

Полиэтилен 158-14, черный, рец.901, 1 сорт ГОСТ 16337-77

Материалы плёночные

Плёнка полиэтиленовая Тс 0,200х(1200х2), первый сорт ГОСТ 10354-82

Лента ПЭ с липким слоем 0,080x30, Н первый сорт ГОСТ 20477-86

8. Полифениленоксиды

Массы литьевые

Арилокс 2112 ТУ6-05231-313-87

9. Фенопласты

Материалы прессованные

Фенопласт СП1-342-02 коричневый ГОСТ 5689-79

Пресс-материалл ДСВ-4-П черного цвета ГОСТ 17478-95

Пресс-материалл АГ-4В ГОСТ 20437-89

Материалы листовые

Текстолит А 1с-10,0 ГОСТ 2910-74 h = 1,5; 2; 5; 10 (ВЧ-0,5; 4)

Гетинакс I 0,5 ГОСТ 2718-74 h = 0,2; 0,3; 0,5; 1; 1,5; 2

Стеклотекстолит СТЭФ-1 1с-1,5 ГОСТ 12652-74 h = 0,5; 1; 1,5; 2

Стержень текстолитовый 1с-13 ГОСТ 5385-74  $\varnothing$  8; 13

10. Диэлектрики фольгированные

Материалы листовые

## ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Стеклотекстолит СФ-1-35Г-1,5 I класса ГОСТ 10316-78 (СФ-2-35Т) h = 1,0; 1,5; 2,0

Стеклотекстолит СТФ-2-35-1,5 ТУ 16-503.167-80 (СТФ-2-35) h = 1,0; 1,5; 2,0

Стеклотекстолит СТПА-5-1,5 ТУ 16-508.200-80

Стеклотекстолит СОНФ-1-1,5 I класса ТУ 16-503.204-80

Стеклотекстолит ФС-1-35-1,5 ТУ 16-503.217-86 h = 1,0; 1,5; 2,0

Полиимид фольгированный ПФ-1-35-0,1 ТУ 16-503.208-81

### 11. Фторопласты

Материалы пленочные

Пленка Ф-4ЭО сорт 1 0,020 ГОСТ 24222-80

Пленка Ф-4 КО 0,040 ГОСТ 24222-80

Пленка Ф-4ПН-0,2 ГОСТ 24222-80

Заготовки

Стержень Ф-4 35x50 высший сорт ТУ6-05-810-88

Трубка Ф-4Д 1,0X0,2 белая ГОСТ 22056-76  $\varnothing$  0,7x0,2; 1,0x0,2; 1,5x0,3; 2,0x0,3;  
3,0x0,4; 4,0x0,6; 5,0x0,6; 6,0x1,0

### Покрытия лакокрасочные

Покрытия стойкие к воздействию климатических факторов

Эмаль ЭП-140 серая IV.XЛ2 ГОСТ 24709-81 (черный, светло-серое)

Эмаль ПФ-115 белая III. У1 ГОСТ 6465-76 (красный, серый, черный и др.)

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Эмаль МЛ-12 черная II. Т1 ГОСТ 9754-76 (белая ночь, слоновая кость, серый, светло-серый и др.)

Эмаль МЛ-165 защитная III. Т1 ГОСТ 12034-74 (серебристый, серый)

Эмаль ЭП-773 зелёная III. ХЛ2 ГОСТ 23143-83

Эмаль ЭП-51 белая II. ХЛ2 ГОСТ 9640-87

Эмаль ГФ-1426 защитная III. Т2 ГОСТ 6745-79

Эмаль НЦ-25 белая II. УХЛ4 ГОСТ 5406-84

Эмаль НЦ-132П белая III. У1 ГОСТ 6631-74

Эмаль ПФ-19М черная III. У2 ТУ6-10-1294-87

Эмаль НЦ-11 серая III. В2 ГОСТ 9198-83

Лак АК-133Ф ОМ2 ГОСТ 23832-79

Лак АК-133 ОМ2 ГОСТ 23832-79

Лак НЦ-134.Т2 ТУ6-10-1291-86

Лак НЦ-62 красный. УХЛ4 ТУ6-21-090502-2-90

Покрытия, стойкие в особых сферах

Покрытие эмаль ХВ-785 черная, IV. 7/1 ГОСТ 7313-15

Группа влагозащитных покрытий

Покрытие: Эпоксипуретановый лак УР-231ЛТУ6-21-14-90

Лак ЭП-730.П.Т1 ГОСТ 20824-81

Лак ФД-582 Т2 ТУ6-10-1236-77

Лак МЛ-92.ОМ2 ГОСТ 15865-70

Краски маркировачные

Маркировать эмалью ЭП-572 черной. ОМ2 ТУ6-10-1539-76

### Материалы электроизоляционные и разные

Материалы бумажные электроизоляционные

Бумага К-120 Н 750 ГОСТ 23436-83 (кабельная)

Бумага КОН 2-10-300 ГОСТ 1908-88 (конденсаторная)

Бумага КТ-50-500 ГОСТ 3553-87 (телефонная)

Картон электроизоляционный ЭВ-0,50-1020 ГОСТ 2824-88

Картон асбестовый КАОН-1-3Х 1000х600 ГОСТ 2850-81

Материалы текстильные

Лакоткань ЛХМ-105-0,15 1с ТУ 16-90 И 37.0012.002ТУ

h = ЛХМ-0,15;

ЛШМ-0,10; ЛКМ-0,10

Трубка 110, ТЛВ, 1,0 ТУ16-89 И 16.0031.001ТУ

Ø 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5

Лента ЛЭ-15-15х/б-НП эф ГОСТ 4514-78

### Материалы резиновые и кожевенные

Лента I ПОЛ-15 ГОСТ 2162-78

Трубка 133, ТКСП 2,0 ТУ16.503.133-79

Ø 2; 3

Трубка 203, ТКР6 ТУ 16-89 И 16.0034.003 ТУ

Ø 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20

Смесь резиновая НО-68-1 НТА ТУ 005 1166-81  
 Смесь резиновая НРП-1266НТА ТУ 005 1166-81  
 Смесь резиновая НРП 1267 НТЛ ТУ 005 1166-81  
 Смесь резиновая ТС НО-68-1 НТА ТУ 005 1166-81  
 Смесь резиновая ТС 9НО-68-1 НТА ТУ 005 1166-81  
 Пластина 1-3 прессовая ТУ 38 105867-90  
 Пластина 1Ф-ИТМКЦ-С-1,5 ГОСТ 7338-90      h = 1; 1,5; 2; 4; 6  
 Трубка 1-3с 4,5x1,3 ГОСТ 5496-78      Ø 4,5x1,3;    6,3x1,3;    8,0x1,3;    10,0x1,3;  
 10,0x2,0; 12,0x2,0; 16,0x3,0; 20,0x2,0; 20,0x3,0

158 **Материалы минеральные, стеклянные, керамические**

Элюда СВУ 0,035-0,045 30x30 ГОСТ 7134-82  
 Стеклолакоткань ЛСК-155/180-0,12 1с      ТУ 16-90 И37.0003.003 ТУ  
 Стеклолакоткань ЛСКЛ-155-0,12x15 1с      ТУ 16-90 И37.0003.003 ТУ  
 Металл керамический У1 в-6 ОСТ 11 0309-86

**Материалы разные**

Церезин 80 ГОСТ 2488-79

**Клеи**

Клей марки ГИПК 23-12 ТУ 38-403-247-90

Клей БФ-4 ГОСТ 1217274

ПРИЛОЖЕНИЕ К (продолжение)

Клей - герметик «Эластосил 11-06» ТУ6-02-771-75

Клей Д-9 наполнитель кварц молотый пылевидный ОСТ 107 460007.009-02

Клей К-300-61 ОСТ 107 460007.009-02

Клей ПУ-2 ОСТ 107 460007.009-02

Клей «Лейконат» ТУ6-14-95-85

Клей ТПК-1 ОСТ 107 460007-009-02

Клей ХВК-2а ТУ6-10-463-75

Нитроклей АК-20 ТУ6-10-1293-78

Герметик 51-Г-13а ТУ 38 105 1242-84

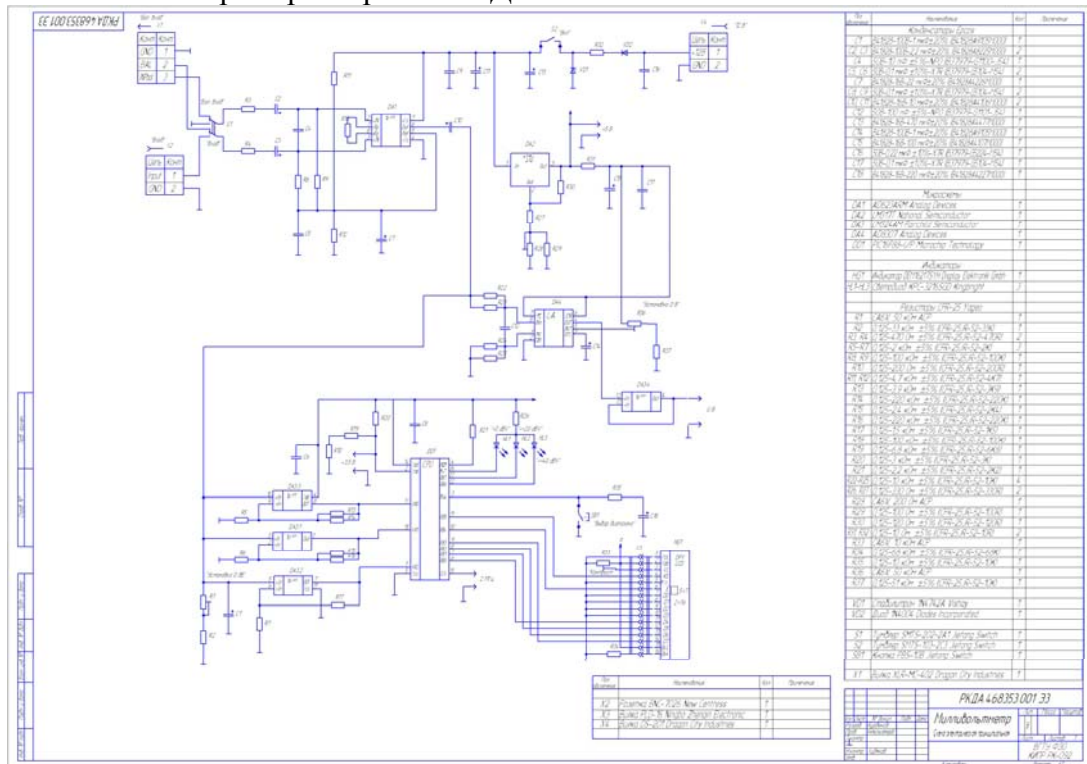
ПВАД ДФ 51/10с ГОСТ 18992-80

Клей ВК-9 ОСТ 107 460007.009-02

Клей 88-СА ТУ 38 105 1760-87

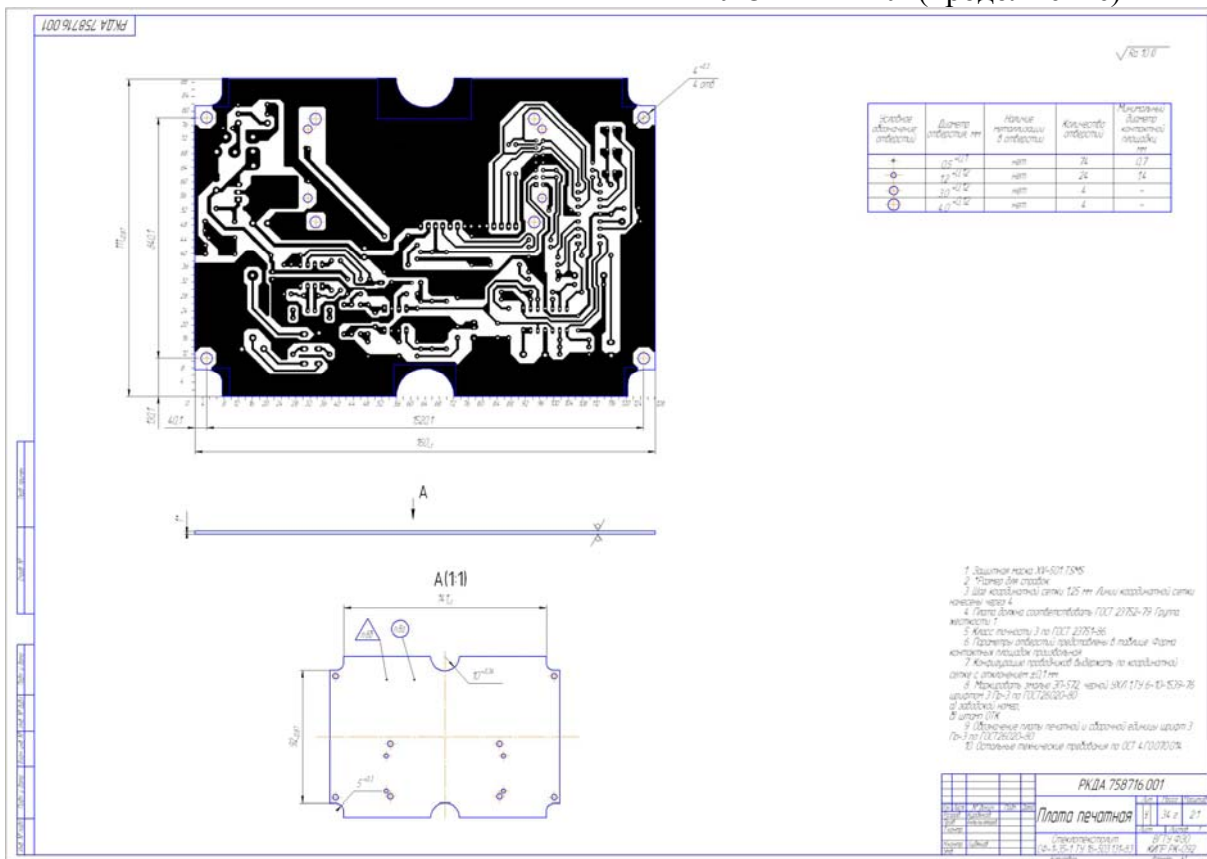
# ПРИЛОЖЕНИЕ Л (справочное) Примеры чертежей КД

160





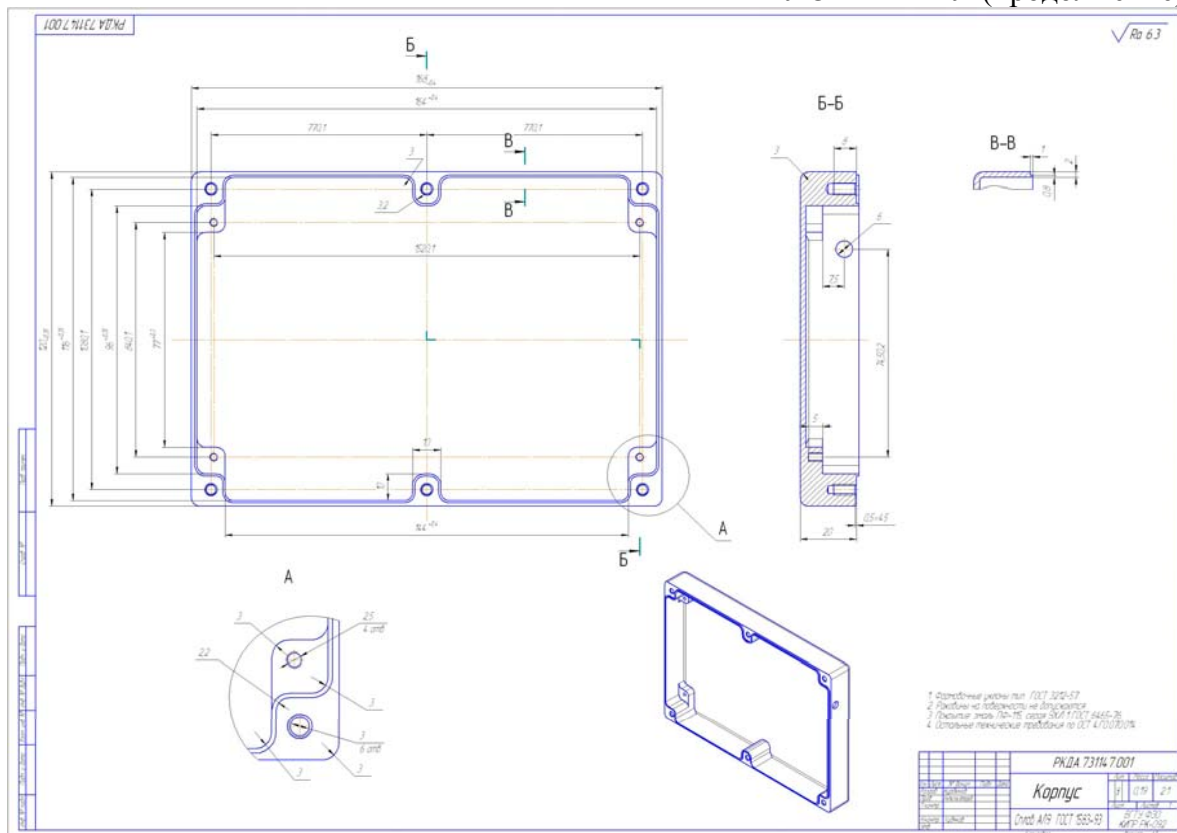
# ПРИЛОЖЕНИЕ Л (продолжение)





# ПРИЛОЖЕНИЕ Л (продолжение)

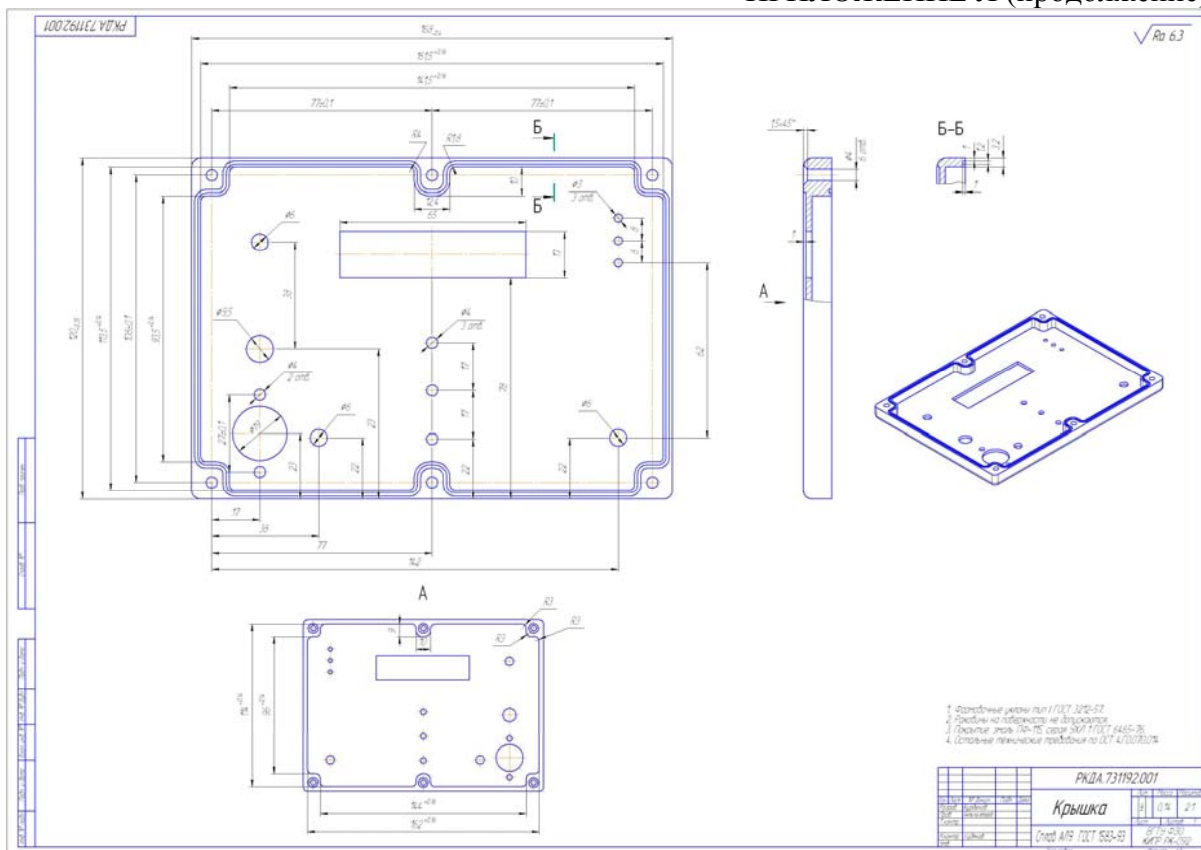
163



√ Rа 6.3

# ПРИЛОЖЕНИЕ Л (продолжение)

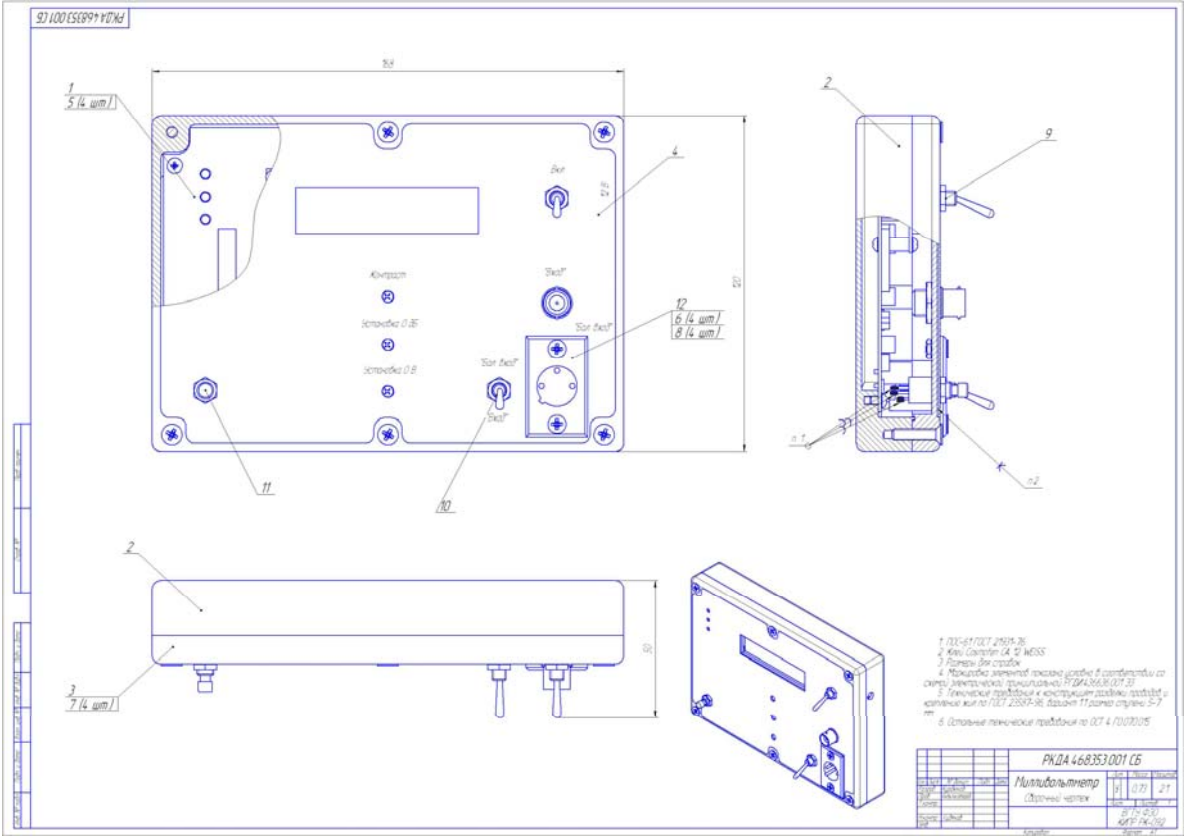
164



1. Стандартные углы по ГОСТ 2252-52
2. Зрелище на объектах не задается.
3. Диаметр резьбы М6-Н5 с шагом 1,0 мм ГОСТ 6465-76
4. Стандартные технические требования по ГОСТ 4703-2012

РИДА.731192.001		№	Дата	Измен.
<b>Крышка</b>		1	08	21
Склад А59 ГСК 563-69		Исполн. А.С.С.		
КМФ ПК-209		Масштаб: 1:1		

ПРИЛОЖЕНИЕ Л (продолжение)



## ПРИЛОЖЕНИЕ М (справочное)

Допустимые и недопустимые контакты между металлами, сплавами и покрытиями. Выбор контактирующих друг с другом металлов, сплавов и покрытий производится в зависимости от условий эксплуатации

Соприкасающиеся материалы	Серебро, золото, палладиевое радиоевое покрытие	Медь, латунь, бронза (без покрытия)	Никелевые покрытия	Хромовое покрытие многослойное	Цинк. хромированное покрытие	Кадм. хромированное покрытие	Олово. и олово-свинцовое покрытие	Нерж. сталь хромо-никелевая	Алюминий и его сплав оксидиров.	Алюминий и его сплавы	Титан и титановые сплавы	Азотируванная сталь	Лакокрасочные покрытия (ЛКП)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Серебряное, золотое, радиоевое, палладиевое покрытие	000	000	000	000	222	222	000	000	112	222	000	122	000
Медь, латунь, бронза (без покрытия)	000	000	000	000	222	222	000	000	012	112	000	112	000
Никелевое покрытие	000	000	000	000	012	012	000	000	001	012	000	001	000
Хромовое покрытие многослойное	000	000	000	000	011	011	000	000	000	012	000	000	000
Цинковое хромированное покрытие	222	222	012	011	000	000	012	012	011	000	112	000	000
Кадмиевое хромированное покрытие	222	222	012	011	000	000	011	011	011	000	112	000	000

## ПРИЛОЖЕНИЕ М (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Оловянное и оловянно-свинцовое покрытие	000	000	000	000	012	011	000	000	000	011	000	011	000
Нержавеющая сталь хромоникелевая	000	000	000	000	012	011	000	000	001	012	000	001	000
Алюминий и его сплавы оксидированные	112	012	001	000	011	011	000	001	000	000	000	000	000
Алюминий и его сплавы	222	122	012	012	000	000	011	012	000	000	112	000	000
Титан и титановые сплавы	000	000	000	000	112	112	000	000	000	112	000	001	000
Азотированная сталь	122	112	001	000	000	001	001	001	000	000	001	000	000
Лакокрасочные покрытия (ЛПК)	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000

Условные обозначения: 0 – при соприкосновении коррозии не возникает;

1 – при соприкосновении возможна незначительная коррозия (можно использовать, если в месте контакта деталей всё время присутствует смазка или когда у неподвижных деталей места контактов предохраняются от воздействия внешней среды лаком или эмалью);

2 – при соприкосновении возникает сильная коррозия (металлы необходимо разделять защитными покрытиями или электроизоляционными прокладками)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для вузов/ В.Б. Пестряков и др; под ред. В.Б. Пестрякова. – М.: Радио и связь, 1992. – 432 с.
2. Стандарт предприятия 338-2003. Дипломное проектирование. Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т. 2003. – 42 с.
3. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для вузов/ А.П. Ненашев – М.: Высш. шк., 1990. – 432 с.
4. Парфенов Е.М. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов/ Е.М. Парфенов, Э.Н. Камашная – М.: Радио и связь, 1989. – 272 с.
5. Компоновка и конструкции РЭА/ под ред. Б.Ф. Высоцкого, В.Б. Пестрякова, О.А. Пятлина – М.: Радио и связь, 1982. – 120 с.
6. Роткоп Л.Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры/ Л.Л. Роткоп, Ю.Э. Спокойный. – М.: «Сов. радио», 1976. – 232 с., ил.
7. Овсишпер П.И. Несущие конструкции РЭА/ П.И. Овсишпер. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
8. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов/ М.: Высш. шк., 1984. – 247 с., ил.
9. Базовый принцип конструирования РЭА/ под ред. Е.М. Парфенова. – М.: Радио и связь, 1981. – 120 с.
10. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования/ под ред. Р.Г. Варламова. – М.: Сов. радио, 1980. – 480 с.
11. Ненашев А.П. Основы конструирования РЭА./ А.П. Ненашев, Л.А. Коледов. – М.: Радио и связь, 1981. – 480 с.



12. Лярский В.Ф. Электрические соединители: Справочник/ В.Ф. Лярский, О.Б. Мурадян. – М.: Радио и связь, 1988. – 272 с.
13. Базовый принцип конструирования РЭА /под ред. Е.М. Парфенова. – М.: Радио и связь, 1981. – 120 с.
14. Конструирование радиоэлектронных средств /под ред. А.С. Назарова. – М.: Изд-во МАИ, 1996. – 380 с.
15. Куземин А.Я. Конструирование и микроминиатюризация ЭВА/ А.Я. Куземин. – М.: Радио и связь, 1985. – 280 с.
16. ГОСТ 2.105-81. Текстовые документы ЕСКД
17. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справочник/ Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов и др.; под ред. Э.Т. Романычевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 448 с.
18. Усатенко С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник/ С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 325 с.
19. Обозначение чертежей по ЕСКД: Метод. указания / сост. А.А. Соболев. – Воронеж: ВГТУ, 2002. – 24 с.
20. Верховятницкий П.Д. Справочник по модульному конструированию РЭА/ П.Д. Верховятницкий. – Л.: Судостроение. 1983. – 232 с.
21. КСО.010.000 «Герметизация (уплотнение) разъемных узлов в корпусах приборов».
22. Петровский В.И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов/ В.И. Петровский, Ю.Е. Сидельников. – М.: Радио и связь, 1986. – 216 с.
23. Андреев И.В. Конструирование радиоэлектронных средств на подвижных объектах/ И.В. Андреев. Воронеж: ВГТУ, 1993. – 93 с.
24. Соловьев А.И. Расчет механических элементов радиотехнических устройств: Учеб. пособие/ А.И. Соловьев. М.: Советское радио. 1972.

25. Гель П.П. Конструирование и микроминиатюризация РЭА/ П.П. Гель, Н.К. Иванов-Есипович. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 536 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Основные требования при выполнении дипломного проекта	4
1.1 Место дипломного проектирования	4
1.2 Цели и задачи дипломного проектирования	4
1.3 Тематика дипломного проектирования	5
1.4 Организация дипломного проектирования	9
1.4.1 Оформление пояснительной записки (РПЗ) и графической части	10
1.5 Техническое задание	10
1.5.1 Анализ технического задания	11
1.6 Обзор научно-технической литературы и выбор технических решений	14
1.7 Назначение и принцип работы устройства	16
2 Задачи проектирования РЭС	18
2.1 Методология проектирования конструкций РЭС	18
2.2 Анализ существующих конструкций и выбор метода конструирования	19
2.3 Компонировка и обоснование конструкций РЭС	25
2.4 Электрические соединители	27
2.5 Выбор материалов, покрытий и шероховатостей поверхности	31
2.6 Выполнение графических работ проекта	37
2.7 Правила выполнения схем	37
2.8 Выполнение электрических схем	39
2.9 Обозначение чертежей по ЕСКД	44
2.10 Составление спецификации и выполнение сборочных чертежей	51
2.11 Чертежи деталей	58
2.12 Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах	70

3 Основные конструкторские расчеты	71
3.1 Тепловой расчет	71
3.2 Расчет герметизации блока	83
3.3 Обоснование электромагнитной совместимости	89
3.4 Рекомендации по выполнению экранов	95
3.5 Защита от механических воздействий	99
3.6 Расчет размерной цепи сопрягаемых деталей	104
3.7 Расчет прочности элементов крепления блока	107
3.8 Расчет надежности при проектировании	109
Заключение	111
Приложение А Реферат	112
Приложение Б Перечень стандартов системы конструкторской документации (ЕСКД)	113
Приложение В	118
Приложение Г Механические воздействия на РЭС	120
Приложение Д Покрытия металлические, наносимые электролитическим способом	122
Приложение Е Рекомендации по выбору шероховатости	125
Приложение Ж Примеры присвоения обеспечения КХ деталям и сборочным единицам	126
Приложение И Варианты установки навесных элементов по ОСТ 4 ГО.010.030-81	136
Приложение К Примеры условного обозначения материалов в основной надписи спецификации и технических требованиях	138
Приложение Л Примеры чертежей КД	160
Приложение М Допустимые и недопустимые	

контакты между металлами, сплавами и покрытиями	166
Библиографический список	168

Учебное издание

Муратов Александр Васильевич  
Макаров Олег Юрьевич  
Турецкий Андрей Владимирович

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ  
РАБОТА БАКАЛАВРА: НАПРАВЛЕНИЯ  
«КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭС»  
И «ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

Часть 1

В авторской редакции

Подписано к изданию 16.12.2016  
Объем данных 3,97 Мб

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14