

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ  
«НОВОРОССИЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»  
ИМЕНИ ГЕНЕРАЛ-МАЙОРА СУХОВЕЦКОГО А.А.

**Методические указания  
по выполнению курсового проекта**

по теме

«Проектирование радиоэлектронного устройства»  
по профессиональному модулю

ПМ.02 Выполнение проектирования электронных устройств и систем  
МДК. 02. 02. Конструкторско-технологическое проектирование печатных плат  
по специальности - 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем

2025

СОГЛАСОВАНО

*"DF-комп"*

(наименование предприятия)

*директором колледжа радиоэлектронной промышленности*

(должность)

*Горшков А.П.*

(подпись)

ФИО (работодателя)

2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР

*Б.Б.*

Т.В. Трусова

2025 г.

Одобрена

УМО общепрофессиональных  
и специальных дисциплин специальностей  
11.02.02, 11.02.06 и 11.02.10, 11.02.17,  
11.02.18

Протокол от *25.08* 2025 г. № 1

Председатель УМО

В.В. Горшков

Организация-разработчик: ГБПОУ КК «Новороссийский колледж радиоэлектронного приборостроения» имени генерал-майора Суховецкого А.А. (далее ГБПОУ КК НКРП)

Методические указания составлены преподавателем ГБПОУ КК НКРП Болгарчук В.В. в 2025 году.

Разработчик:

преподаватель ГБПОУ КК НКРП  
(должность, место работы)

*(подпись)*

В.В. Болгарчук  
(ФИО)

Рецензенты:

*Горшков А.П.*

*преподаватель ГБПОУ КК НКРП*

(должность, место работы)

*Горшков А.П.*

*инженер-механик ООО "DF-комп"*

(должность, место работы)

## РЕЦЕНЗИЯ

на методические указания по выполнению курсового проекта по  
теме «Проектирование радиоэлектронного устройства»  
разработанные преподавателем ГБПОУ КК НКРП Болгарчук В.В.

Рецензируемые методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов при выполнении курсового проекта по МДК. 02. 02. «Конструкторско-технологическое проектирование печатных плат» по специальности 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем.

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и рабочей программы ПМ.02 Выполнение проектирования электронных устройств и систем.

Методические указания устанавливают требования к процедуре курсового проектирования, а именно к структуре и оформлению курсового проекта, а также представление её к защите.

Методические указания включают и разъясняют требования ГОСТов, инструктивно-методических и нормативных документов, входящих в Единую систему конструкторской документации, по оформлению текстового документа, формул, оформления таблиц и рисунков курсового проекта.

Методические указания содержат основные справочные материалы, необходимые для выполнения расчетов, что делает их самодостаточными при выполнения курсового проекта.

Методические указания предназначены для преподавателей колледжа, ведущих специалистов по направлению «Электроника, радиотехника и системы связи», и могут быть использованы в образовательном процессе ГБПОУ КК НКРП по специальности 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем, как средство достижения наилучшего результата при выполнении курсового проекта.

Рецензент:

генеральный директор  
ООО "ДР-комп"



АП Георгияко

расшифровка

2025 г

## РЕЦЕНЗИЯ

на методические указания по выполнению курсового проекта по  
теме «Проектирование радиоэлектронного устройства»  
разработанные преподавателем ГБПОУ КК НКРП Болгарчук В.В.

Рецензируемые методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов при выполнении курсового проекта по МДК 02. 02. «Конструкторско-технологическое проектирование печатных плат» по специальности 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем.

В методических указаниях приведены: порядок выполнения, структура и содержание курсовой проекта, основные справочные материалы необходимые для выполнения расчета надежности проектируемого изделия, разработаны рекомендации по подготовке к защите курсового проекта.

Достоинством данных методических указаний является последовательность, четкость и краткость изложения материала, что поможет обучающемуся качественно выполнить курсовой проект и подготовиться к защите.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС по формированию профессиональных и общих компетенций обучающихся специальности 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем.

Рецензируемые методические указания по выполнению курсового проекта по МДК 02. 02. «Конструкторско-технологическое проектирование печатных плат» могут быть рекомендованы для использования обучающимися специальности 11.02.17 Разработка электронных устройств и систем при изучении междисциплинарного курса в учебных заведениях среднего профессионального образования.

Рецензент:

преподаватель ГБПОУ  
КК НКРП



Болгарчук В.В.  
расшифровка

2025 г

## Содержание

Введение.....	6
1 Требования к оформлению курсового проекта.....	9
2 Задание на курсовую работу .....	16
3 Состав курсового проекта .....	17
1 Выбор, обоснование и описание схем .....	17
2 Расчетная часть.....	19
2.1 Расчет надежности .....	19
3 Технологическая часть .....	27
3.1 Организация рабочего места.....	27
3.2 Техника безопасности при ремонте БРЭА .....	28
Заключение .....	28
Перечень рекомендуемой справочной литературы .....	28
Графическая часть проекта .....	29
Приложение А .....	30
Приложение Б .....	31

## Введение

Курсовой проект является практическим этапом изучения профессионального модуля ПМ.02 Выполнение проектирования электронных устройств и систем и имеет цель: систематизации, закрепления и расширения теоретических знаний и практических умений в деле проектирования радиоэлектронных систем; развития навыков самостоятельной работы при работе с системами автоматизированного проектирования печатных плат; углубления навыков работы с литературой, а также способствует формированию профессиональных и общих компетенций, таких как:

ПК 2.1 Составлять электрические схемы, проводить расчеты и анализ параметров электронных блоков, устройств и систем различного типа с применением специализированного программного обеспечения в соответствии с техническим заданием;

ПК 2.2 Выполнять проектирование электрических схем и печатных плат с использованием компьютерного моделирования;

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных российских духовно-нравственных ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 08 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Основными задачами курсового проекта являются:

1. Проектирование структурной схемы устройства. Данная схема разрабатывается для дальнейшего точного построения различных функциональных блоков разрабатываемого устройства, а также для понимания принципа работы устройства.

2. Проектирование принципиальной схемы устройства – представление полного состава элементов электрической системы и всех взаимосвязей между ними, что позволяет понять принцип работы, изучить само устройство, а также является основой для проектирования, наладки, эксплуатации и диагностики электрических систем.

3. Проектирование печатной платы и макета устройства в САПР Altium Designer. Показать навыки работы в САПР, а также получить навыки презентации готового устройства с целью заинтересовать заказчика.

4. Обеспечение техники безопасности и охраны труда при выполнении работ, предусмотренных курсовым проектом.

В процессе курсового проекта необходимо использовать достижения современной технологии таких как САПР Altium Designer или другое программное обеспечения для проектирования печатных плат.

# 1 Требования к оформлению курсового проекта

## 1.1 Требования на курсовую работу и сроки ее выполнения

1.1.1 В структуру курсового проекта, независимо от характера, входят:

- обложка к пояснительной записке курсового проекта (Приложение 1);
- титульный лист пояснительной записки курсового проекта;
- бланк задания для курсового проекта;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Во введении обосновывается выбор темы, определяемый ее актуальностью; формируются проблема и круг вопросов, необходимых для ее решения; определяется цель работы с ее расчленением на взаимосвязанный комплекс задач, подлежащих решению для раскрытия темы; указываются объект исследования, используемые методы анализа и литературные источники.

Основная часть, в которой раскрывается содержание курсового проекта.

В основной части должны быть представлены схемы (электрическая структурная устройства, электрическая принципиальная, печатная плата), а также могут присутствовать диаграммы, таблицы, рисунки и т.д. Одним из важных пунктов является 3-D макет печатной платы выполненной обучающимся в САПР Altium Designer (либо другой САПР).

В заключении содержатся итоги работы, выводы, к которым пришел автор (студент), и рекомендации. Заключение должно быть кратким, обстоятельным и соответствовать поставленным задачам.

Список использованных источников представляет собой перечень использованных книг, статей, журналов и т.д.

Приложения к курсовому проекту оформляются на отдельных листах, причем каждое должно иметь свой тематический заголовок.

Наименования структурных элементов курсового проекта «Содержание», «Введение», «Заключение», «Список используемых источников» «Приложение» служат заголовками структурных элементов курсового проекта. Заголовки структурных элементов следует располагать в середине строки без точки в конце не подчеркивая. Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом составляет два одинарных интервала.

1.1.2 Курсовой проект содержит пояснительную записку. Рекомендуемый объем пояснительной записи не менее 25 листов (печатного текста) формата А4. Пояснительная записка оформляется согласно ГОСТ 2.105-2019.

Вписывать в текстовые документы, изготовленные машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки (рукописным способом), а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой или тушью.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графика) не допускается.

Текстовые документы выполняют на формах, установленных соответствующими стандартами ЕСКД.

1.1.3 Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк — не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом 15—17 мм. Пример выполнения текстового документа приведен в Приложении Д.

1.1.4 Для электронных документов при выводе на бумажный носитель или устройство отображения с использованием программных средств допускается отклонения по формам исполнения таблиц (размеры рамок, граф и т.п.) и размещению текста (размеры полей, интервалы и т.д.) с соблюдением при этом требований к оформлению текстовых документов.

1.1.5 Рекомендуемым типом шрифта является шрифт Times New Roman. Размер шрифта основного текста должен составлять 14 кегль (через полтора межстрочных интервала).

1.1.6 Ссылки на использованные источники следует указывать порядковым номером библиографического описания источника в списке использованных источников. Порядковый номер ссылки заключают в квадратные скобки. Нумерация ссылок ведется арабскими цифрами в порядке приведения ссылок в тексте отчета независимо от деления отчета на разделы.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1.

1.1.7 Формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней в конструкторских документах оформляется в соответствии с ГОСТ 2.104.

1.1.8 Список использованных источников курсового проекта (список нормативных актов и использованной литературы) оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1.

В списке перечисляются не только те нормативно-правовые акты и литература, на которые автор ссылается в текстовой части работы, но и те, которые автор изучил в ходе исследования и подготовки к написанию работы.

Список использованных источников состоит из трех частей: списка нормативно-правовых актов, списка использованной литературы и списка сайтов в Интернете.

Нормативно-правовые акты располагаются в соответствии с убыванием их юридической силы в следующем порядке:

- Конституция Российской Федерации;
- кодексы по алфавиту;
- Законы Российской Федерации – по хронологии;
- Указы Президента Российской Федерации – по хронологии;
- акты Правительства Российской Федерации – по хронологии вне зависимости от вида нормативного акта;
- акты министерств и ведомств – по хронологии вне зависимости от ведомственной принадлежности и видов актов;
- решения иных государственных органов и органов местного самоуправления – по алфавиту, а затем – по хронологии;
- нормативные акты иностранных государств, не действующих на территории Российской Федерации.

В списке должно быть указано полное название акта, дата его принятия, номер, а также официальный источник публикации.

Материалы юридической практики располагаются после вышеперечисленных актов в хронологической последовательности (т. е. по годам) в следующем порядке:

- постановления Конституционного суда РФ;

– постановления пленумов Верховного Суда Российской Федерации и Высшего Арбитражного суда Российской Федерации.

Научная литература — монографии, учебники, учебные пособия, научные статьи и пр. располагаются в алфавитном порядке по фамилиям авторов (если автор на титульном листе не указан, то по названию книги).

При использовании материалов из Интернета указывается автор материала. В списке сайтов источники должны иметь полный адрес. При размещении на сайте только одного постоянно существующего источника допускается давать только адрес сайта.

1.1.9 Студент разрабатывает и оформляет курсовую работу в соответствии с требованиями ЕСТД и ЕСКД.

1.1.10 Пояснительная записка состоит из следующих разделов и подразделов:

1 Выбор, обоснование и описание схем

1.1 Выбор и обоснование структурной электрической схемы

1.2 Выбор и обоснование принципиальной электрической схемы

1.3 Описание электрической принципиальной схемы

1.4. 3D макет устройства и проект печатной платы

2 Расчетная часть

2.1 Расчет надежности

3 Технологическая часть

3.1 Организация рабочего места

3.2 Техника безопасности при ремонте БРЭА

Заключение

Перечень используемой литературы

Графическая часть проекта

1.1.11 Сроки выполнения курсового проекта указываются в задании, выданном студенту. Защиту проекта проводят в соответствии с графиком отделения.

## 1.2 Порядок защиты и оценки курсового проекта

Курсовой проект представляется и защищается в сроки, предусмотренные графиком выполнения курсовых работ по дисциплине.

Курсовой проект должна быть сдана преподавателю - руководителю не позднее, чем за пять дней до назначенного срока защиты.

Положительно оцененная руководителем курсовой проект подлежит защите. Защита курсовых работ производится в часы, предусмотренные по данной дисциплине учебным планом (в счет консультаций по курсовым работам). Рекомендуется открытая защита курсовых работ, когда защита осуществляется перед комиссией, которая определяет уровень теоретических знаний и практических умений студента, соответствие проекта предъявляемым к нему требованиям. Комиссия по открытой защите курсовых работ состоит из двух - трех преподавателей, один из которых руководитель курсового проекта. При защите курсового проекта оценивается:

- глубокая теоретическая проработка исследуемых вопросов на основе анализа используемых источников;
- полнота раскрытия темы, правильное соотношение теоретического и практического материала, связь теоретических знаний с практикой;
- аргументированность, самостоятельность выводов, обоснованность предложений и рекомендаций;
- четкость выполнения курсового проекта, грамотность, хороший язык и стиль изложения, правильное оформление, как самой работы, так и научно - справочного аппарата.

Процедура защиты состоит из краткого сообщения студента об основном содержании работы, его ответов на вопросы, обсуждения, качества проекта и его окончательной оценки.

Выступление в ходе защиты должно быть четким и лаконичным, содержать основные направления работы над темой курсового проекта. Выводы и результаты проведенного исследования. Учитывая выступление студента и ответы на вопросы в ходе защиты, преподаватель выставляет оценку по пятибалльной системе, которая записывается в зачетную книжку.

Работа оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

В случае неудовлетворительной оценки курсовой проект возвращается студенту на доработку с условием последующей защиты в течение установленного учебной частью срока.

## 2 Задание на курсовую работу

Задания на курсовую работу составлены по многовариантной системе. Вариант задания выбирается студентом согласно своему порядковому номеру в приказе по колледжу и утвержденной таблице. Задание каждый год корректируется и утверждается согласно положениям колледжа.

### 3 Состав курсового проекта

#### 1 Выбор, обоснование и описание схем

В разделе выбор и обоснование структурной электрической схемы необходимо провести анализ существующих структурных схем прибора и выбрать схему, наиболее соответствующую заданию. Далее необходимо кратко пояснить назначение блоков, их взаимодействие и принцип работы прибора по выбранной схеме. Структурную схему необходимо привести в пояснительной записке.

В разделе выбор и обоснование принципиальной электрической схемы необходимо выбрать принципиальные схемы основных каскадов и обосновать целесообразность использования выбранной схемы.

В разделе описание принципиальной электрической схемы необходимо описать работу всех узлов принципиальной электрической схемы выбранного каскада и последовательности прохождения сигнала. Принципиальную схему необходимо привести в пояснительной записке.

В разделе 3D макет устройства и проект печатной платы, приводят спроектированный макет готового устройства, а также рисунок печатной платы. Проектирование печатной платы выполняется по следующим правилам:

Технологические требования к печатной плате:

- минимальная ширина проводников 0,3 мм;
- минимальный зазор между элементами печатного монтажа 0,3 мм;
- минимальный диаметр метализированного отверстия 0,6 мм;
- минимальная разница между диаметром контактной площадки и диаметром отверстия 0,4 мм;
- минимальное расстояние между краем печатной платы и элементом печатного монтажа 0,3 мм;

– минимальное расстояние между краем печатной платы и электронным компонентом 0,3 мм.

Электрические требования к печатной плате:

- ширина линий питания (GND и VCC) не менее 0,6мм;
- переходные отверстия должны быть закрыты маской;
- трассировка печатных проводников должна быть горизонтальная, вертикальная и под углом 45°;
- соединение проводников между собой только под углом 90°;
- нижняя сторона печатной платы должна быть закрыта полигоном, подключенным к цепи GND. Полигон не должен иметь неподключенных частей.

Конструктивные требования к печатной плате:

– все выводные компоненты должны располагаться на лицевой части печатной платы. Все SMD-компоненты должны располагаться на обратной стороне печатной платы. Центр системы координат проект должен находиться в центре печатной платы (если плата имеет круглую форму, если же форма платы прямоугольная, то центр платы располагается в левом нижнем углу платы).

– на слое шелкографии разместите позиционные обозначения компонентов на двух сторонах печатной платы. Размер шрифта должен иметь фактическую высоту не менее 1,8мм.

– разъем питания должен иметь на шелкографии маркировки полярности подключения питающих проводов.

– на лицевой стороне печатной платы в слое шелкографии и на обратной стороне печатной платы в слое меди разместите свою фамилию на латинице.

***Все проводники на лицевой стороне печатной платы должны быть строго прямыми. Плата должна иметь возможность быть изготовленной в одностороннем или двухстороннем варианте (в***

**зависимости от желаний разработчика (обучающегося). Размеры печатной платы выбираются разработчиком.**

## 2 Расчетная часть

### 2.1 Расчет надежности

Надежность – свойство изделия выполнять заданные функции в определенных условиях эксплуатации при сохранении значений основных параметров в заранее установленных пределах. Надежность — это физическое свойство изделия, которое зависит от количества и качества входящих в него элементов, от условий, в которых оно эксплуатируется, и от ряда других причин.

Надежность в зависимости от назначения изделия может включать в себя такие понятия, как безотказность, ремонтопригодность, долговечность, сохраняемость и другие, в отдельности или в определенных сочетаниях.

Надежность элементов является одним из факторов, существенно влияющих на интенсивность отказов аппаратуры в целом. Интенсивность отказов элементов зависит от конструкции, качества изготовления, от условий эксплуатации и от электрических нагрузок схемы.

Влияние внешних факторов на надежность радиокомпонентов можно оценить с помощью коэффициента нагрузки, - отношения фактического значения действующего фактора к его номинальному или максимально допустимому значению.

Примеры определения этого параметра для основных электрорадиоэлементов вычисляют по формулам 1-4

*для транзисторов:*

$$K = \frac{P_K}{P_{K \max}}, \quad (1)$$

где  $P_K$  - фактическая мощность, рассеиваемая на коллекторе;

$P_{K_{\max}}$  - максимально допустимая мощность рассеивания на коллекторе;

для выпрямительных диодов:

$$K = \frac{I}{I_{\max}}, \quad (2)$$

где  $I$  - фактический выпрямленный ток;

$I_{\max}$  - максимально допустимый выпрямленный ток;

для резисторов:

$$K = \frac{P}{P_{\text{н}}}, \quad (3)$$

где  $P$  - фактическая мощность, рассеиваемая на ЭРЭ;

$P_{\text{н}}$  - номинальная мощность;

для конденсаторов:

$$K = \frac{U}{U_{\text{н}}}, \quad (4)$$

где  $U$  - фактическое напряжение, приложенное к конденсатору;

$U_{\text{н}}$  - номинальное напряжение конденсатора.

При увеличении коэффициента нагрузки интенсивность отказов увеличивается. Интенсивность отказов увеличивается так же, если ЭРЭ эксплуатируются при более жестких условиях: повышенной температуре окружающего воздуха и влажности, повышенных вибрациях и ударах и т.д. В настоящее время наиболее изучено влияние на надежность коэффициентов нагрузки и температуры. В таблице 1 приведены ориентировочные значения интенсивности отказов для некоторых групп ЭРЭ при использовании их в бытовой, контрольно-измерительной и других подобных группах аппаратуры. Эти значения получены для случая, когда коэффициент нагрузки  $K=1$  и температура  $t=20^{\circ}\text{C}$ ; их будем обозначать  $\lambda_0$ .

Влияние на надежность фактического значения коэффициента нагрузки и температуры учитывают при помощи коэффициента влияния  $a$  и вычисляют по формуле 5

$$\lambda = \lambda_0 * a \quad (5)$$

Таблица 1 – Значения интенсивностей отказов  $\lambda_0$  электронных компонентов

Электрорадиоэлементы	$\lambda_0 \cdot 10^6$ , 1/ч
Микросхемы:	
цифровые биполярные	0,1
цифровые МОП	0,3
аналоговые	0,8
запоминающие устройства на цилиндрических магнитных доменах	0,1

Оптоэлектронные полупроводниковые приборы:	
диоды излучающие инфракрасного диапазона	0,1
диоды излучающие видимого диапазона	0,3
фотодиоды	0,1
оптопары транзисторные	0,5
оптопары диодные	0,2
оптопары тиристорные	1,0
оптопары резисторные	1,0
Резисторы:	
постоянные непроволочные пленочные	0,008
постоянные непроволочные объемные	0,005
постоянные проволочные малогабаритные	0,010
постоянные проволочные регулируемые	0,040
прочие	0,020
переменные непроволочные	0,030
переменные проволочные	0,040
терморезисторы	0,003
варисторы	0,100
Конденсаторы:	
керамические дисковые и трубчатые	0,01
керамические высоковольтные	0,30
керамические прочие	0,02
стеклокерамические	0,01
стеклянные и стеклоэмалевые	0,02
слюдяные герметичные	0,05
слюдяные прочие	0,1
металлобумажные	0,01
бумажные	0,05
пленочные	0,02
металлопленочные	0,01
электролитические алюминиевые	0,30
оксиднополупроводниковые	0,15
подстроечные керамические	0,50
Диоды:	
кремниевые выпрямительные, универсальные, импульсные, столбы выпрямительные, диодные блоки, варикалы	0,10
германиевые выпрямительные и импульсные	0,05
стабилитроны	0,10

Транзисторы биполярные (кроме СВЧ, мощных)	0,30
Тиристоры	0,50
Транзисторы полевые	0,30
Коммутационные элементы:	
пакетные, кулачковые, щеточные, переключатели и выключатели	0,50
галетные переключатели	0,50
микротумблеры, микропереключатели	0,15
тумблеры	0,30
кнопки и кнопочные переключатели	0,20
герконовые клавишиные устройства	0,30
Соединители:	
цилиндрические приборные нормальные	0,002
цилиндрические приборные малогабаритные и миниатюрные	0,001
прямоугольные приборные нормальные	0,010
прямоугольные приборные малогабаритные	0,005
для печатных плат косвенного контактирования	0,002
для печатных плат прямого контактирования с золотым покрытием	0,005
для печатных плат прямого контактирования прочие	0,010
контактные пары ламповых панелей	0,003
контактные пары «гнездо–вилка», зажимы	0,010
держатели предохранителей	0,030
Контактные пары электромеханических реле:	
с двойной герметизацией или с магнитоуправляемыми контактами	0,2
герметичные	0,5
залитые смолой или завальцованные	1,0
зачехленные	1,5
обмотки электромеханических реле:	
дистанционных переключателей	0,05
прочих реле малой и средней мощности	0,10
Трансформаторы:	
силовые	0,30
импульсные	0,05
выходные строчные	1,50
Дроссели, катушки индуктивности	0,10
Индикаторы:	
газоразрядные одноразрядные	1,70
газоразрядные матричные	10,00
вакуумные люминесцентные одноразрядные	0,30
вакуумные люминесцентные многоразрядные	0,70
жидкокристаллические	2,00

Индикаторы:					
полупроводниковые одноразрядные					0,15
полупроводниковые многоразрядные					0,25
лампы накаливания сигнальные					0,50
Пьезоэлектрические приборы:					
резонаторы кварцевые вакуумные					0,2
генераторы кварцевые					3,5
фильтры пьезоэлектрические кварцевые					0,4
фильтры пьезоэлектрические на ПАВ					0,9
фильтры пьезокерамические					0,2
Прочие изделия:					
линии задержки					0,6
головки магнитные					1,5
предохранители					0,1
плавкие вставки					0,3
Соединения:					
пайки					0,00010
сварки					0,00005
скрутки					0,00003
межсоединения в гибридных интегральных микросхемах					0,00005

Таблица 2 – Значения коэффициента влияния

t, °C	Значение a при K, равном				
	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0
Постоянные пленочные углеродистые резисторы					
20	0,24	0,30	0,43	0,73	1,0
30	0,25	0,32	0,44	0,77	1,1
40	0,27	0,35	0,50	0,86	
50	0,30	0,40	0,55	1,0	
60	0,34	0,45	0,64	1,2	
70	0,40	0,54	0,78		
Постоянные проволочные резисторы					
20	0,13	0,20	0,30	0,60	1,0
30	0,14	0,20	0,31	0,65	1,08
40	0,15	0,22	0,35	0,75	1,27
50	0,16	0,24	0,40	0,87	
60	0,17	0,27	0,45	1,04	
70	0,18	0,30	0,56	1,20	
Трансформаторы и дроссели					
20...40	0,41	0,42	0,45	0,56	1,0
50	0,42	0,50	0,60	0,87	1,52
60	0,58	0,82	0,92	2,00	3,35
70	1,05	1,33	2,03	4,31	7,13
80	1,93	2,87	4,41	9,08	14,50

Продолжение таблицы 2

Постоянные пленочные углеродистые резисторы					
20	0,70	0,80	0,85	0,93	1,0
30	0,79	0,82	0,87	0,95	
40	0,82	0,86	0,90	1,0	
50	0,86	0,90	0,96		
60	0,92	0,96			
70	0,98	1,04			
Непроволочные керметные и металлоокисные резисторы					
20	0,59	0,62	0,67	0,82	1,0
30	0,60	0,63	0,68	0,85	1,04
40	0,63	0,65	0,72	0,90	
50	0,66	0,70	0,76	0,97	
60	0,70	0,74	0,82	1,06	
70	0,76	0,80	0,90		
Переменные непроволочные композиционные пленочные резисторы					
20	0,15	0,24	0,36	0,66	1,0
30	0,16	0,26	0,40	0,74	1,1
40	0,20	0,32	0,50	0,94	
50	0,25	0,40	0,65		
60	0,32	0,54	0,87		
70	0,44	0,75	1,20		
Переменные проволочные резисторы					
20	0,30	0,44	0,60	0,83	1,0
30	0,30	0,45	0,62	0,85	1,02
40	0,35	0,50	0,68	0,90	
50	0,40	0,60	0,80		
60	0,56	0,82	1,1		
70	0,96	1,40			
Керамические, стеклокерамические и стеклоземалевые конденсаторы					
20	0,03	0,05	0,15	0,52	1,0
30	0,03	0,06	0,18	0,64	1,2
40	0,05	0,10	0,30	1,1	
50	0,07	0,13	0,36	1,2	
60	0,10	0,20	0,52		
70	0,14	0,30	0,75		
Электровакуумные, газоразрядные, электронные и фотолучевые приборы					
20				0,90	1,00
30				0,95	1,10
40				1,05	1,20
50				1,15	1,40
60				1,30	1,60

Продолжение таблицы 2

Слюдяные конденсаторы					
20	0,06	0,10	0,17	0,54	1,0
30	0,08	0,12	0,22	0,68	1,3
40	0,12	0,17	0,34	1,0	
50	0,18	0,26	0,54		
60	0,30	0,40	0,85		
70	0,46	0,64	1,4		
Керамические, стеклянные конденсаторы					
20	0,06	0,07	0,12	0,46	1,0
30	0,06	0,08	0,15	0,53	
40	0,09	0,12	0,20	0,73	
50	0,15	0,16	0,26	1,0	
60	0,18	0,20	0,38	1,4	
70	0,26	0,30	0,53		
Пленочные и металлопленочные конденсаторы					
20	0,01	0,01	0,04	0,33	1,0
30	0,01	0,01	0,04	0,35	1,05
40	0,01	0,01	0,05	0,40	1,1
50	0,01	0,02	0,06	0,44	1,4
60	0,02	0,02	0,07	0,60	
70	0,03	0,04	0,12	0,96	
Электролитические алюминиевые конденсаторы					
20	0,14	0,17	0,26	0,60	1,0
30	0,17	0,20	0,30	0,68	1,2
40	0,23	0,27	0,40	0,94	
50	0,33	0,38	0,60		
60	0,52	0,60	0,90		
70	0,87	1,0			
Оксидно-полупроводниковые конденсаторы					
20	0,15	0,17	0,26	0,60	1,0
30	0,17	0,20	0,30	0,70	1,2
40	0,22	0,25	0,37	0,87	
50	0,28	0,32	0,48	1,1	
60	0,36	0,40	0,62		
70	0,47	0,54	0,82		

Интенсивность отказов радиоэлектронной аппаратуры, состоящей из  $n$  различных элементов, определяют по формуле 6

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = \sum_{i=1}^n \lambda_i , \quad (6)$$

где  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_n$  - интенсивности отказов первого, второго и  $n$ -го элементов с учетом всех воздействующих факторов.

Величина интенсивности отказов связана с другой характеристикой надежности - средней наработкой до отказа  $T_{ср}$  и вычисляется по формуле 7

$$T_{ср} = 1/\lambda_{общ} \quad (7)$$

### 3 Технологическая часть

Выполнение этого раздела требует от обучающегося глубоких теоретических и практических знаний, а также прочных практических навыков в области сборки и ремонта радиоэлектронной аппаратуры. При этом обучающийся должен хорошо понимать принцип работы проектируемого устройства, его схемные и конструктивные особенности, знать его технические характеристики.

#### 3.1 Организация рабочего места

Организация рабочего места обосновывается в соответствии с требованиями научной организации труда (НОТ) и техническими нормами.

Под организацией рабочего места понимают совокупность находящегося в его зоне основного и вспомогательного оборудования, технологической и организационной оснастки, средств сигнализации, техники безопасности и т.д.

Необходимо привести перечень инструмента с указанием его количества и характеристик. В перечень следует включить приспособления промышленного изготовления и разработанные на ремонтном предприятии или в учебном заведении.

Организационная оснастка предназначена для хранения на рабочем месте материалов, инструментов, технической документации и т.д., а также для создания радиомеханику благоприятных условий труда.

Для выбора радиоизмерительной аппаратуры необходимо изучить схему и конструкцию прибора, его характеристики, уровни постоянных,

переменных и импульсных напряжений в контрольных точках схемы, сопротивлений различных участков проверяемых электрических цепей. Необходимо знать диапазон частот, длительности импульсных сигналов и их формы. Исходными данными для этого будут принципиальная электрическая схема прибора, карты режимов полупроводниковых и других активных элементов по постоянному и переменному току.

### 3.2 Техника безопасности при ремонте БРЭА

В этом подразделе необходимо указать на организационные меры, направленные на предупреждения производственного травматизма и поражения электрическим током при техническом обслуживании, ремонте и регулировке БРЭА.

### Заключение

В данном разделе отображаются основные результаты выполнения курсового проекта, краткие выводы по каждой главе, оценка достижения поставленных целей и задач, а также предложения по применению или дальнейшему развитию темы.

### Перечень используемой литературы

В этом разделе необходимо поместить список источников, использованных при выполнении курсового проекта.

При описании источника информации указываются фамилия автора и его инициалы, наименование работы, место ее издания, издательство, год издания (согласно библиографической справке). Список литературы

формируется либо по алфавиту, либо по мере упоминания источника в тексте пояснительной записки.

### Графическая часть проекта

Данная часть курсового проекта должна содержать графическое изображение структурной и принципиальной схем разрабатываемого устройства вместе со спецификацией. Также прикладывается макет трассированной печатной платы проектируемого устройства. Все листы графической части выполняются на формате листа А4.

Приложение А

(обязательное)

Обложка пояснительной записи курсового проекта

# КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

**ПМ.02 Выполнение проектирования электронных устройств и**

**систем**

**МДК. 02.02 Конструкторско-технологическое проектирование**

**печатных плат**

**по специальности - 11.02.17 Разработка электронных устройств**

**и систем**

(наименование дисциплины)

Приложение Б

(обязательное)

Титульный лист пояснительной записки курсового проекта

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

«НОВОРОССИЙСКИЙ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»  
ИМЕНИ ГЕНЕРАЛ-МАЙОРА СУХОВЕЦКОГО А.А.

---

тема курсового проекта

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Оценка за пояснительную записку \_\_\_\_\_

Оценка за защиту \_\_\_\_\_

Оценка общая \_\_\_\_\_

Выполнил студент гр. 3-РЭУ-1 \_\_\_\_\_

Подпись

ФИО

Руководитель \_\_\_\_\_

Подпись

ФИО