



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта

по дисциплине

«Конструирование и технология радиоэлектронной
аппаратуры»

для студентов дневной и заочной форм обучения

по направлению 0907 — «Радиотехника»

Севастополь
2006

УДК 621.396.6

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры» для студентов дневной и заочной форм обучения направления 0907 — «Радиотехника» / В.Г. Слезкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. — 44 с.

Указания подготовлены с целью облегчить студентам всех форм обучения по направлению «Радиотехника» самостоятельное выполнение курсового проекта.

Методические указания утверждены на заседании кафедры радиотехники, протокол № 5 от 30 ноября 2005 г.

Допущены учебно-методическим центром университета в качестве методических указаний.

Рецензент: Афонин И.Л. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры радиотехники СевНТУ.

Ответственный за выпуск: Гимпилевич Ю.Б., доктор техн. наук, заведующий кафедрой радиотехники.

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Введение</u>	4
<u>1. Задание на курсовой проект</u>	4
<u>1.1. Общие положения</u>	4
<u>1.2. Индивидуальные задания к курсовому проекту</u>	4
<u>2. Требования к пояснительной записке</u>	6
<u>2.1. Структура пояснительной записки и общие требования</u>	6
<u>2.2. Содержание раздела «Анализ и дополнение принципиальной схемы»</u>	7
<u>2.3. Содержание раздела «Анализ элементной базы»</u>	11
<u>2.4. Требования к разделу «Выбор конструктивных решений»</u>	13
<u>2.5. Требования к разделу «Выбор системы амортизации»</u>	16
<u>2.6. Требования к разделу «Расчет показателей надежности»</u>	16
<u>3. Оформление графических материалов</u>	17
<u>3.1. Общие положения</u>	17
<u>3.2. Нумерация документов</u>	18
<u>3.3. Оформление принципиальной схемы и перечня элементов</u>	18
<u>3.4. Выполнение чертежа печатной платы и сборочного чертежа узла на печатном монтаже</u>	20
<u>3.5. Выполнение чертежа общего вида изделия</u>	25
<u>Библиографический список</u>	26
<u>Приложение А Образец выполнения титульного листа пояснительной записки</u>	27
<u>Приложение Б Эмпирическая методика расчета радиаторов</u>	28
<u>Приложение В Сведения о конструкциях со стандартизованными размерами</u>	30
<u>Приложение Г Методика выбора системы амортизации</u>	33
<u>Приложение Д Справочные данные к расчетам показателей надежности</u>	37
<u>Приложение Е Обозначение конструкторских документов</u>	40
<u>Приложение Ж Библиографическое описание источников информации</u>	43

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование входит в программу изучения дисциплины «Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры» (КиТ РЭА) и имеет следующие цели:

- закрепление и углубление теоретических знаний путем их применения для практического решения задач проектирования РЭА;
- выработка умения пользоваться научно-технической литературой и обосновывать предлагаемые научно-технические решения;
- развитие навыков самостоятельной работы.

1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

1.1. Общие положения

Индивидуальные технические задания (ТЗ) содержат исходную принципиальную схему устройства с некоторыми электрическими параметрами (схема выдается преподавателем отдельно) и основные требования к его конструкции.

Результаты выполнения задания оформляются в виде пояснительной записки, в состав которой входит текстовая часть, отражающая ход проектирования, и ряд документов, выполняемых в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Проектирование проводится на конструктивном уровне «блок». Блок должен быть автономным, с питанием от сети переменного тока 220 В, 50 Гц или 115 В, 400 Гц (в тех случаях, когда это целесообразно, например, для самолетной аппаратуры).

Примечание. Как исключение, по согласованию с преподавателем, могут использоваться другие варианты питания (например, от аккумулятора).

1.2. Индивидуальные задания к курсовому проекту

Исходная принципиальная схема устройства выдается индивидуально преподавателем.

На схеме приведены параметры, которые необходимо учитывать при проектировании:

- рабочая частота;
- мощность, рассеиваемая на одном или двух транзисторах;
- напряжение питания;
- мощность, на которую должен быть рассчитан один из резисторов (в виде символов «V» — 5 Вт и «X» — 10 Вт).

Обозначенные на схеме входные и выходные разъемы являются **условными**: при проектировании **не следует** считать, что именно они должны входить в конструкцию изделия.

Считается, что по цепи питания (если в схеме два и более напряжений питания, то только по основной цепи) на устройство действует кондуктивная наводка, которую требуется подавить введенной в схему фильтрующей цепью.

Наименование устройства, шифр условий эксплуатации, частота f_n и требуемый коэффициент подавления N кондуктивной наводки приведены в таблицах 1.1 и 1.2, в которых обозначены: L — последняя, а P — предпоследняя цифра номера зачетной книжки.

Таблица 1.1 — Наименования устройств и обозначения требований к условиям эксплуатации

L	Наименование устройства	Вид условий эксплуатации
0	Видеоусилитель	B1
1	Измерительный усилитель	MC
2	Усилитель комбинированный	B2
3	Усилитель импульсный	C
4	Усилитель импульсный комбинированный	CT1
5	Радиотрансляционный усилитель	CT2
6	Видеоусилитель	B1
7	Усилитель низких частот	CT1
8	Усилитель низких частот комбинированный	CT2
9	Видеоусилитель комбинированный	CT1

Таблица 1.2 — Требования к подавлению паразитного сигнала

P	Частота f_n , Гц	Коэффициент подавления N , дБ
0	1000	33
1	400	30
2	1500	35
3	800	30
4	2000	40
5	1800	40
6	2200	45
7	2500	50
8	800	36
9	1000	40

Параметры условий эксплуатации сведены в таблицу 1.3, в которой приняты следующие обозначения:

- $T_{\min}$, $T_{\max}$ — минимальная и максимальная рабочие температуры, соответственно;
- ОВ — относительная влажность воздуха;
- АД — атмосферное давление;
- $F_n \dots F_v$ — пределы частот вибрации;
- a — ускорение вибрации.

Таблица 1.3 — Требования к условиям эксплуатации

Обозн.	Группа РЭА	$T_{\min}$	$T_{\max}$	ОВ, %	Вибрация		АД, кПа
		°С	°С		$F_{\text{н}} \dots F_{\text{в}},$ Гц	$a,$ м/с ²	
СТ1	Стационарная, отапливаемые помещения	–40	+55	80	10...30	19,6	61
СТ2	Стационарная, открытый воздух	–40	+60	93	10...30	19,6	61
В1	Возимая, автомобильный транспорт	–40	+60	93	4...80	78,5	61
В2	Возимая, железнодорожный транспорт	–40	+60	93	2...100	19,6	61
МС	Морская судовая, крупнотоннажные суда	–40	+60	93	5...150	59	61
С	Самолетная	–40	+60	100	5...2000	196	2

2. ТРЕБОВАНИЯ К ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ

2.1. Структура пояснительной записки и общие требования

Пояснительная записка должна с достаточной степенью подробности и с достаточными пояснениями отражать ход выполнения проекта. Перечень разделов записки, их примерные объемы и образец нумерации приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Составные части пояснительной записки

Наименование составной части	Примерный объем, стр.	Примечание
Титульный лист	1	
Содержание	1	не обязательно
Техническое задание	—	
1 Анализ и дополнение принципиальной схемы	2...3	
2 Анализ элементной базы	1...2	
3 Выбор конструктивных решений	2...3	
4 Выбор системы амортизации	1...2	при необходимости
5 Расчет показателей надежности	2...3	
Выводы	—	
Перечень ссылок	—	
Приложения	—	

Пояснительная записка должна быть написана вручную или оформлена в виде компьютерной распечатки на стандартных листах белой бумаги формата А4 без рамки, текст размещается на одной стороне; страницы нумеруются сверху, в правом верхнем углу листа без всяких знаков. Заголовки разделов пишутся заглавными буквами по центру страницы, подразделов — с абзацного отступа, строчными буквами с первой прописной.

Титульный лист оформляется согласно общим требованиям к курсовым проектам (Приложение А).

В **содержании** указываются номера (если они есть) и наименования разделов и подразделов (пунктов), а также соответствующие страницы пояснительной записки. При этом все заголовки выполняются строчными буквами, с первой прописной.

Раздел **«Техническое задание»** должен содержать номер варианта, название устройства и перечень требований, включая заданные электрические характеристики, условия эксплуатации и требования на подавление паразитного сигнала.

Требования к содержанию основных разделов 1 — 5 и указания к их выполнению приводятся ниже, в разделе 2.

В **выводах** необходимо отразить, какие конкретно конструкторские задачи решены и каковы их основные результаты. Необходимо также сделать общий вывод о степени удовлетворения технического задания и достижении цели курсового проекта.

Перечень ссылок оформляется по ГОСТ 7.1-2003 (см. как пример оформления библиографический список к данной методической разработке, а также Приложение Ж).

На каждый из перечисленных источников в тексте должна быть ссылка по номеру, заключенному в квадратные скобки, например, [1].

Обязательными **приложениями** являются:

- а) принципиальная схема;
- б) перечень элементов к принципиальной схеме;
- в) чертеж печатной платы электрического монтажа;
- г) сборочный чертеж печатного узла;
- д) спецификация к сборочному чертежу печатного узла;
- г) чертеж общего вида разрабатываемого блока.

Форматы для чертежей выбираются самостоятельно, рекомендуемый формат — А3. Рекомендации по выполнению чертежей изложены ниже, в разделе 3.

2.2. Содержание раздела «Анализ и дополнение принципиальной схемы»

2.2.1. Выбор типов и типономиналов элементов

Необходимо, исходя из имеющихся данных и требований к условиям эксплуатации, выбрать конкретные типы и типономиналы элементов. Полного расчета цепей при этом производить не нужно, но следует ориентироваться на реально возможные режимы. Например, можно считать, что все транзисторы ра-

ботают в усилительном режиме и напряжения на их коллекторах равны половине напряжения питания. Отсюда можно оценить токи, напряжения в цепях эмиттера и базы и т.д.

Рекомендации по выбору типов и типономиналов для отдельных видов элементов приведены ниже, в таблице 2.2.

Таблица 2.2 — К выбору типов и типономиналов элементов

Вид элемента	Условия выбора
Мощные транзисторы	По указанным рабочей частоте, мощности рассеяния, напряжению питания и рассчитанному току
Маломощные транзисторы и диоды	Произвольно, с учетом рабочей частоты
Электролитические конденсаторы	По емкости и рабочему напряжению, не меньшему напряжения источника питания
Керамические конденсаторы	По емкости
Мощные резисторы	По указанной мощности
Маломощные постоянные резисторы	Произвольно, на мощность 0,25 Вт или 0,125 Вт
Подстроечные резисторы	На мощность 0,25 Вт, исходя из удобства подстройки при монтаже на плате без снятия платы
Переменные резисторы	На мощность 0,25 Вт или 0,5 Вт, исходя из удобства работы при монтаже на лицевой панели блока
Индуктивности	При номиналах до 100 мкГн использовать стандартные малогабаритные дроссели типа ДМ-1, ДМ-2 и т.п.
Моточные изделия (трансформаторы и дроссели с указанным видом сердечника)	На ферритовом кольце, например, К12 х 9 х 4: внешний диаметр 12 мм, внутренний — 9 мм, высота 4 мм
Разъемы для входных и выходных сигналов	Должны иметь необходимое число контактов и конструктивно монтироваться на лицевую панель блока

Поскольку при выборе мощных транзисторов нужно рассчитать рабочие токи, а для выбора схемы источника питания нужно знать полную мощность, потребляемую устройством, следует выполнить расчеты в следующем порядке:

— найти полные мощности P_n для каждого транзистора по рассеиваемым мощностям $P_{\text{расс}}$, приняв значение КПД η равным 0,5;

— найти рабочие токи I_p для каждого транзистора, зная их P_n и напряжение питания E .

2.2.2. Дополнение схемы источником питания

Схема источника питания выбирается простейшей: сетевой трансформатор, мостовой выпрямитель, фильтр. В тех случаях, когда сетевой источник не проектируется, следует ввести схему стабилизатора напряжения.

Элементы схемы источника питания выбираются с учетом заданных или рассчитанных значений напряжений, токов и мощностей. Полную потребляемую от источника мощность следует считать равной сумме полных мощностей P_n мощных транзисторов, так как остальные каскады потребляют незначительную мощность. Если для питания схемы используется несколько напряжений, то необходимо предположить, что от остальных источников, кроме основного, потребляется мощность на более 0,25 Вт.

В качестве трансформаторов следует выбирать унифицированные трансформаторы ТПП, ТАН, ТН и т.п. Подбор достаточно вести только по мощности, предположив, что необходимые выходные обмотки имеются. Если унифицированный трансформатор подобрать не удастся, то можно ввести «собственный» трансформатор, полного расчета которого не требуется: достаточно оценить его габариты и массу по известным методикам.

При выборе емкости конденсатора фильтра считать, что пульсации должны быть сглажены на 90%, т.е. коэффициент пульсаций $\gamma = 0,1$, а КПД источника питания $\eta_{\text{пит}}$ составляет 90%. Пример расчета емкости приведен ниже.

Пример 1. Исходные данные:

- частота питающей сети $f = 50$ Гц;
- напряжение питания $E = 30$ В;
- полная потребляемая мощность $P_n = 30$ Вт.

Находим частоту пульсаций выходного напряжения f_n , которая при двухполупериодном выпрямлении равна удвоенной частоте сети

$$f_n = 2f = 2 \cdot 50 = 100 \text{ Гц.}$$

Находим частоту среза фильтра питания $f_{\text{ср}}$

$$f_{\text{ср}} = \gamma f_n = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ Гц.}$$

Находим эквивалентное сопротивление нагрузки источника $R_{\text{экв}}$

$$R_{\text{экв}} = P_n / E = 30 / 30 = 1 \text{ Ом.}$$

Находим внутреннее сопротивление источника R_i

$$R_i = (1 - \eta_{\text{пит}}) R_{\text{экв}} = (1 - 0,9) 1 = 0,1 \text{ Ом.}$$

Находим емкость фильтра C_Φ

$$C_\Phi = 1 / 2\pi f_{\text{ср}} R_i = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 0,1) = 159236 \text{ мкФ.}$$

Для реализации следует выбрать один или несколько конденсаторов с которым запасом по емкости (напомним, что сетка номиналов для электролитического конденсатора определяется его типом). Если фильтр на конденсаторах реализовать не удастся из-за слишком больших номиналов, то следует применить П-образный или Г-образный LC-фильтр.

2.2.3. Введение дополнительных элементов

Для удобства эксплуатации следует ввести:

- сетевой шнур с вилкой или разъем;
- выключатель питания;

— предохранитель (номинал следует оценить с учетом коэффициента трансформации трансформатора, в 2...3 раза превышающим рабочий ток в первичной обмотке);

— светодиодный индикатор выпрямленного питающего напряжения (по каждому напряжению, если их несколько).

Светодиодный индикатор содержит светодиод и гасящий резистор, номинал которого следует рассчитать по рабочему току диода (обычно 10...20 мА), значениям напряжения питания и прямого падения напряжения на диоде (обычно 1,6...1,8 В). Нужно также выбрать тип типономинал резистора с учетом рассеиваемой на нем мощности.

2.2.4. Обеспечение подавления кондуктивной наводки

В основную питающую шину вводится фильтрующая цепь для подавления в требуемое число раз паразитного сигнала кондуктивного типа. Фильтр следует вводить в разрыв шины питания, между выходным и остальными каскадами. Следует использовать однозвенные или двухзвенные RC -фильтры. При расчете полагать, что допустимое относительное снижение напряжения питания составляет $\delta_E = 5\% \dots 10\%$ от номинала E . Расчет фильтра производится по обычной или упрощенной методике (пример приводится ниже).

Пример 2. Исходные данные:

- частота наводки $f_n = 2$ кГц;
- коэффициент подавления $N = 40$ дБ.

В качестве фильтрующей цепи попробуем выбрать однозвенный Г-образный RC -фильтр.

Коэффициент подавления K_n в размах будет равен

$$K_n = 10^{\frac{N}{20}} = 10^{\frac{40}{20}} = 100.$$

Коэффициент передачи фильтра на частоте наводки $\omega_n = 2\pi f_n$ должен быть приближенно равен обратной величине от K_n

$$K(\omega_n) = \frac{K_0}{1 + \omega_n \tau} \approx \frac{K_0}{\omega_n \tau} \approx \frac{1}{K_n},$$

где K_0 — коэффициент передачи фильтра на нулевой частоте;

$\tau = R_\phi C_\phi$ — постоянная времени цепи.

Для постоянной времени получим

$$\tau \approx \frac{K_n}{\omega_n} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2000} \approx 8 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 8 \text{ мс.}$$

Необходимо, чтобы на сопротивлении фильтра R_ϕ падение напряжения

составляло 5%...10% от питающего напряжения, т.е. $K_0 = 0,9 \dots 0,95$. Эта величина выражается формулой

$$K_0 = \frac{R_{\text{н.экв}}}{R_{\text{н.экв}} + R_{\phi}},$$

где $R_{\text{н.экв}}$ — эквивалентное сопротивление нагрузки фильтра.

Проанализировав схему предварительных каскадов, находим эквивалентное сопротивление $R_{\text{н.экв}} \approx 2$ кОм. Для R_{ϕ} при $K_0 = 0,95$ получим

$$R_{\phi} = (1 - K_0) R_{\text{н.экв}} = (1 - 0,95) 2000 = 100 \text{ Ом.}$$

Из ряда номиналов сопротивлений Е12 выбираем номинал 100 Ом. Ток $I_{\text{н.экв}}$, протекающий по сопротивлению R_{ϕ} , равен

$$I_{\text{н.экв}} = \frac{E}{R_{\text{н.экв}}} = \frac{30}{2000} = 15 \text{ мА.}$$

Мощность P_{ϕ} , рассеиваемая на нем, равна

$$P_{\phi} = I_{\text{н.экв}}^2 R_{\phi} = (0,015)^2 \cdot 100 = 0,0225 \text{ Вт.}$$

Выбираем резистор С2-26-0,125-100 Ом $\pm 10\%$ на мощность 0,125 Вт.

Теперь можем рассчитать необходимую емкость фильтра C_{ϕ}

$$C_{\phi} = \frac{\tau}{R_{\phi}} = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{100} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Ф} = 80 \text{ мкФ.}$$

Выбираем номинал 100 мкФ, а также типоразмер электролитического конденсатора К50-35-100,0-40 на напряжение 40 В, с запасом для повышения надежности.

2.3. Содержание раздела «Анализ элементной базы»

Раздел должен включать:

- а) составление таблицы основных электрических и конструктивных характеристик элементной базы по типу таблицы 2.3;
- б) сопоставление конструктивных ограничений на тепловой режим и допустимые виброускорения с требованиями технического задания, установление требований на допустимый перегрев нагретой зоны и на значение коэффициента виброизоляции;
- в) уточнение выбора элементной базы, если характеристики конкретных элементов не допускают применения в заданных условиях эксплуатации.

В таблице 2.3 приводится пример заполнения таблицы характеристик элементной базы.

Таблица 2.3 — Характеристики элементной базы (пример)

Наименование	Кол.,	Конструкционные параметры			Параметры внешних воздействий		
		Масса,	Устан. площадь,	Диаметр выводов,	Диапазон температур,	Вибрация	Удары
	шт.	г.	мм ²	мм	град. С	f_v , Гц	n , ед.g
Транзисторы:							
КТ315В	10	0,18	25	0,7	–60°...100°	600	10
КТ801А	1	4	380	0,8	–40°...85°	600	7,5
Диоды:							
КД223	10	0,55	100	0,8	–60°...100°	100	10
Д226	14	2	350	0,8	–60°...80°	250	15
Стабилитрон КС156А	1	1,0	60	0,5	–55°...100°	600	7,5

Примечание. В таблице приняты следующие сокращения и обозначения:

— Кол. — количество;

— Устан. площадь — установочная площадь;

— f_v — частота вибрации;

— n — перегрузка (можно считать, что ускорение a связано с перегрузкой соотношением $a \approx 10n$, м/с²).

Ниже приводится пример анализа элементной базы с точки зрения требований к внешним воздействиям.

Пример 3.

Наименее термостойким элементом является диод Д226, предельно допустимая температура которого составляет $T_{\text{доп}} = 80$ °С. По заданию максимальная температура окружающей среды составляет $T_{\text{макс}} = 60$ °С. Определяем допустимый перегрев $\theta_{\text{доп}}$

$$\theta_{\text{доп}} = T_{\text{доп}} - T_{\text{макс}} = 80 - 60 = 20$$
 °С.

Так как перегрев превышает 10 °С, тепловой режим можно обеспечить естественным воздушным охлаждением.

Наименее вибростойким элементом является транзистор КТ801А, для которого предельно допустимая перегрузка составляет $n_{\text{доп}} = 7,5$ g. По заданию максимальное виброускорение a равно 19,6 м/с², значит, максимальная перегрузка $n_{\text{макс}} \approx 1,96$ g. Так как $n_{\text{доп}} > n_{\text{макс}}$, дополнительной виброзащиты не требуется.

2.4. Требования к разделу «Выбор конструктивных решений»

2.4.1. Подраздел «Разбиение принципиальной схемы» должен содержать соображения по выделению в схеме элементов, выносимых на лицевую панель или шасси (например, крупногабаритных, требующих радиатора, элементов контроля и регулировки и т.п.). Остальная часть схемы выполняется с использованием технологии печатного монтажа. Следует решить вопрос об исполнении внешних соединений печатного узла — через разъем (соединитель) или проводами через контактные точки или лепестки.

2.4.2. В подразделе «Выбор системы обеспечения теплового режима» следует:

а) рассчитать площади пластинчатых теплоотводов для всех мощных транзисторов;

б) выбрать конструктивное оформление радиаторов:

— если транзисторов больше одного, то сделать выбор между решением в виде общего радиатора либо в виде отдельных радиаторов для каждого транзистора;

— решить вопрос о размещении радиаторов: на шасси или на печатной плате;

— если радиаторы размещаются на шасси, то после выбора корпуса следует проверить, можно ли использовать заднюю стенку корпуса в качестве радиатора, и тогда принять окончательное решение.

Расчет можно провести по рекомендованной методике (Приложение Б) либо с помощью программы, имеющейся в лаборатории конструирования и описанной в [2]. Необходимо помнить, что радиаторы не обязательно должны иметь вид плоской пластины: можно использовать различные конструктивно удобные формы, в том числе ребристый радиатор.

Примечание. Программа позволяет выполнить расчет площади только плоского радиатора. Размеры ребристого радиатора можно выбрать, считая, что площадь одной стороны ребристого радиатора с учетом площади поверхности ребер должна быть равна площади одностороннего плоского радиатора.

2.4.3. Подраздел «Выбор конструктивного оформления» содержит:

а) расчет суммарной установочной площади элементов на печатной плате $S_{уст}$ и общей площади платы $S_{пл}$ как суммы $S_{уст}$, площади под электромонтаж и площади резервных зон (под них обычно выделяется 40%...60% от установочной площади);

в) выбор габаритных размеров печатной платы (Приложение В);

г) выбор расположения платы и элементов, выполняемых навесным монтажом, в корпусе и способа их закрепления;

д) выбор площади и размеров шасси блока;

б) выбор высоты корпуса блока с учетом высоты элементов и необходимого запаса для лучшей вентиляции внутреннего пространства корпуса.

Корпус можно подобрать из ряда стандартных корпусов базовых несущих конструкций (БНК) (см., например, Приложение В или другие источники информации о готовых корпусах) или разработать самостоятельно. В случае применения БНК размеры платы выбираются из ряда, рекомендованного для данной БНК.

2.4.4. Подраздел «Проектирование узла на печатной плате» должен содержать:

- а) выбор шага координатной сетки;
- б) выбор параметров электрического монтажа: ширины проводников, расстояния между проводниками, диаметра контактных площадок [3], [4];
- в) выбор размещения элементов на плате и способов их закрепления с учетом следующих требований:
 - обеспечить минимально возможный уровень взаимных наводок;
 - обеспечить тепловой режим;
 - достичь достаточно высокой ремонтопригодности, технологичности сборки, устойчивости к механическим воздействиям;
 - обеспечить удобство регулировки подстроечных элементов, удобство замены подбираемых элементов (на принципиальной схеме обозначенных символом «*»);
- г) выбор рисунка электрических соединений (разводки), обеспечивающего минимум суммарной длины связей, возможность изготовления автоматизированным способом (прямые углы или, в крайнем случае, углы 45° и т.д.).

Примечание. Следует обратить особое внимание на оформление подбираемых и подстроечных элементов: первые обычно располагают на стойках (лепестках), чтобы монтаж не повреждался при перепайке, а вторые должны быть сориентированы шлицами так, чтобы обеспечивался удобный доступ при регулировке.

Толщина платы выбирается из ряда: 0,8; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 мм. Для плат средних размеров рекомендуется толщина 1,5 мм.

В качестве материала для плат специальных РЭС используют, в основном, фольгированный стеклотекстолит; для односторонних плат — односторонний (СФ-1), а для двусторонних плат — двусторонний (СФ-2). Фольга у этого материала может иметь толщину 35 мкм или 50 мкм. При выборе толщины нужно помнить, что более толстая фольга допускает больший ток, но менее прочно сцепляется с подложкой.

Пример записи сведений о материале на чертеже:

«Стеклотекстолит СФ-1-35-1,5 ГОСТ 10316-78».

В этой записи «СФ-1» — марка материала; «35» — толщина фольги, мкм; «1,5» — толщина основания, мм.

Для координации отверстий и проводящего рисунка печатных плат применяется координатная сетка, шаг которой выбирается из стандартного ряда: 0,5; 0,625; 1,25; 2,5 мм. Шаг сетки выбирается максимально возможным так, чтобы можно было скоординировать максимальное число отверстий под выводы элементов. Например, если на плате отсутствуют элементы (или имеется не бо-

лее одного-двух элементов) с расстоянием между выводами меньше 2,5 мм, то можно выбрать шаг сетки 2,5 мм. Если имеется всего несколько отверстий, не попадающих в узлы координатной сетки, то их координаты нужно будет указать на чертеже отдельно (либо на поле платы, либо на выносном виде).

Все отверстия, включая крепежные, следует располагать в узлах координатной сетки. Исключение составляют отверстия под выводы и крепления элементов, конструктивные особенности которых не позволяют этого сделать. Тогда в узле сетки должно располагаться отверстие, принятое за базовое (центральное или отверстие под вывод номер 1), а координаты других отверстий указываются отдельно (можно выполнить выносной вид).

Диаметры монтажных отверстий под выводы элементов следует выбирать на 0,2...0,4 мм больше диаметров выводов конкретного элемента.

Вокруг монтажных отверстий должны быть контактные площадки круглой, квадратной или вытянутой формы (в узких местах), причем форма контактной площадки для вывода номер 1 многвыводного элемента должна отличаться от формы остальных площадок. Рекомендуются следующие диаметры отверстий и минимальные диаметры контактных площадок (таблица 2.4).

Таблица 2.4 — Рекомендуемые диаметры контактных площадок

Диаметр отверстия, мм	0,5 ^{+0,1}	0,8 ^{+0,1}	1,0 ^{+0,12}	1,3 ^{+0,12}	1,8 ^{+0,12}	2 ^{+0,2}
Диаметр площадки, мм	2,0	2,3	2,5	2,8	3,3	3,5

Контактные площадки базовых отверстий (например, отверстий под вывод №1 микросхемы) часто выполняют квадратными. В этом случае следует ориентироваться на площади круглых контактных площадок, указанных в таблице.

При планарном монтаже используются безвыводные элементы и элементы с «балочными» или планарными выводами. Для них размеры контактных площадок следует выбирать согласно рекомендациям разработчиков элементной базы.

Ширину проводников выбирают, исходя из допустимой плотности тока $J = 25 \text{ А/мм}^2$.

Пример 4. Расчет минимальной ширины проводника b для тока $I = 0,5$ А и толщины фольги $\tau = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм}$:

$$b = \frac{I}{J\tau} = \frac{0,5}{25 \cdot 0,05} = 0,4 \text{ мм}.$$

Для реализации выбирается ширина из рекомендованного ряда: 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 мм, не меньшая расчетной. Ширину 0,2 мм и менее использовать для плат с невысокой плотностью не рекомендуется. Проводники следует выполнять по возможности более широкими для снижения уровня кондуктивных наводок и повышения надежности монтажа.

Ширина зазора между проводниками выбирается так, чтобы обеспечить необходимую электрическую прочность. Для стеклотекстолита допустимое удельное напряжение $E_{\text{доп}}$ составляет 1000 В/мм.

Пример 5. Расчет минимально необходимой ширины зазора z для напряжения питания $E = 40$ В:

$$z = \frac{E}{E_{\text{доп}}} = \frac{40}{1000} = 0,04 \text{ мм.}$$

При ширине зазора 0,2 мм менее трудно избежать замыканий между проводниками при изготовлении плат, поэтому значения ширины зазоров менее 0,4 мм не рекомендуются.

2.5. Требования к разделу «Выбор системы амортизации»

Данный раздел выполняется только при необходимости, если требуемое значение коэффициента виброизоляции оказывается меньшим единицы.

Расчеты выполняются по принятой методике ([2], см. также Приложение Г), с целью выбрать число, тип, типонаминал и места расположения амортизаторов.

Значение допустимого ускорения $a_{\text{доп}}$ выбирается по результатам анализа элементной базы, выполненного в разделе 1 пояснительной записки: оно берется (с запасом) в 1,2...1,5 раза меньшим, чем для наименее вибростойкого элемента. Значение массы блока оценивается с учетом выбранного исполнения по суммарной массе элементов электрической схемы и элементов конструкции.

Если расчетная масса всего проектируемого моноблока получается менее 3 кг, то для достижения учебной цели данного проекта следует полагать, что она равна 3 кг.

2.6. Требования к разделу «Расчет показателей надежности»

2.6.1. Оценка коэффициентов электрической нагрузки элементов схемы.

Коэффициентом электрической нагрузки для i -го элемента схемы $K_{\text{н}i}$ называется отношение реального значения нагрузочного параметра элемента к его номинальной величине при нормальных условиях. Если таких параметров несколько (например, ток, напряжение и мощность для транзисторов), то выбирается наибольшее из расчетных значений $K_{\text{н}i}$.

Для мощных транзисторов и резисторов, данные для которых можно получить на основании принципиальной схемы из значений питающих напряжений, следует выполнить оценочный расчет $K_{\text{н}i}$. Для остальных элементов задаться значениями $K_{\text{н}i}$ из рекомендуемых пределов: резисторы — 0,3...0,5; конденсаторы — 0,5...0,8; транзисторы — 0,6...0,9; микросхемы — 1,0.

2.6.2. Выбор распределения рабочих температур элементов.

Следует полагать, что теплонагруженные элементы (выходные транзисторы, силовые трансформаторы, резисторы с повышенной рассеиваемой мощностью) работают при температуре, на $10^\circ\text{...}20^\circ$ ниже своей предельно допустимой. При этом температура остальных элементов может быть на $10^\circ\text{...}20^\circ$ выше максимальной температуры окружающей среды.

2.6.3. Расчет интенсивности отказов элементов λ_i с учетом их количества, электрического, теплового режима и условий эксплуатации [1] по формуле

$$\lambda_i = a_i(K_{Hi}, t_i) \lambda_{i0},$$

где λ_{i0} — справочное значение интенсивности отказов i -го элемента при $K_{Hi} = 1$ и нормальных условиях;

a_i — поправочный коэффициент, учитывающий температуру элемента t_i и значение коэффициента его электрической нагрузки K_{Hi} .

Расчет суммарной интенсивности отказов изделия Λ :

$$\Lambda = k_1 k_2 k_3 k_4 \sum_{i=1}^m N_i \lambda_i,$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 — поправочные коэффициенты, учитывающие условия эксплуатации изделия;

m — число групп однотипных элементов, имеющих одинаковый электрический и тепловой режим;

N_i — число однотипных элементов в каждой группе.

Вначале следует найти конкретные значения поправочных коэффициентов $k_1 k_2 k_3 k_4$ по справочным данным (Приложение Д). Затем нужно составить таблицу для данных и результатов расчетов (форма таблицы также приведена в Приложении Д), с помощью которой найти значение Λ .

По полученным данным следует найти другие интегральные показатели надежности:

— среднее время наработки на один отказ t_{cp} :

$$t_{cp} = \frac{1}{\Lambda};$$

— вероятность безотказной работы $P(t_1)$ для наработки $t_1 = 1000$ ч:

$$P(t_1) = \exp(-\Lambda t_1);$$

— величину $t_{0,9}$ — наработку до заданного значения вероятности безотказной работы $P(t_{0,9}) = 0,9$:

$$t_{0,9} = -\frac{\ln 0,9}{\Lambda} = -t_{cp} \ln 0,9 = 0,105 t_{cp}.$$

3. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. Общие положения

Обязательные чертежи и схемы выполняются с соблюдением общих правил ЕСКД, в частности, должны иметь основную надпись по ГОСТ 2.104-68, десятичный номер и шифр документа (если он предусмотрен стандартом). При заполнении графы «Наименование» основной надписи сначала пишется наименование детали, узла, изделия, а затем, если нужно — наименование документа (рисунок 3.1).

УСИЛИТЕЛЬ
Схема электрическая
принципиальная

Рисунок 3.1 — Пример заполнения графы «Наименование»

Схема электрическая принципиальная включает два документа: собственно схему и перечень элементов. Чертеж сборочной единицы (объединения, состоящего из более чем одной детали) включает собственно сборочный чертеж и спецификацию сборочных единиц. Чертеж общего вида — единственный документ.

3.2. Нумерация документов

Нумерация документов регламентируется ГОСТ 2.201-80 и Классификатором ЕСКД. Индекс организации-разработчика следует взять «СНТУ». Конкретные значения цифр определяются по Классификатору. В компьютерном классе кафедры имеется электронный вариант Классификатора (выписка из Классификатора приведена в Приложении Е).

Порядковый номер должен содержать 3 цифры и отображать номер конкретного задания.

Шифр документа определяется по ГОСТ 2.102-68, 2.701-84 (чертежи деталей и спецификации к сборочным чертежам не имеют шифра):

- ЭЗ — схема электрическая принципиальная;
- ПЭЗ — перечень элементов к схеме электрической принципиальной;
- СБ — сборочный чертеж;
- ВО — чертеж общего вида.

Пример 6. Конструкторские коды:

- СНТУ.758711.011 — чертеж печатной платы прямоугольной формы, с односторонним монтажом, шириной до 20 мм, 11-й вариант задания;
- СНТУ.468731.003 СБ — сборочный чертеж ячейки усилителя электронного непрерывных сигналов с частотой до 3 МГц, 3-й вариант задания.

3.3. Оформление принципиальной схемы и перечня элементов

Электрические схемы выполняются в соответствии с ГОСТ 2.701-84, 2.702-75, 2.710-81 и другими стандартами этой группы (см. справочник [5], а также сборники стандартов данной группы).

Схема электрическая принципиальная является основным документом, определяющим состав изделия. Это, в частности, означает, что на ней должно быть отражено конструкторское деление схемы: элементы на всех печатных платах, на шасси, на лицевой панели, все внутренние и внешние проводники (например, сетевой шнур с вилкой). Если на лицевой панели предусматриваются шильдики (поясняющие надписи), то их содержание (словесное либо символическое) должно быть нанесено на схему против соответствующих схемных элементов.

Если не все элементы располагаются на плате, то часть схемы, относящаяся к плате, обводится ограничительной штрих-пунктирной линией. Точки

пересечения этой линии с линиями электрического соединения выделяются и нумеруются сквозной нумерацией, если предполагается соединение вынесенных элементов с платой через контактные точки. В случае, когда вынесенные элементы соединяются через разъем, изображение разъема в виде таблицы выполняется вплотную к ограничительной линии внутри контура платы.

Схема в задании содержит условные разъемы для внешних сигналов и питания, которые следует заменить реальными. При этом рекомендуется применять обозначения разъемов в виде таблиц с указанием номеров контактов и назначения цепи (неиспользуемые контакты не изображаются). Пример выполнения схемы приведен на рисунке 3.2.

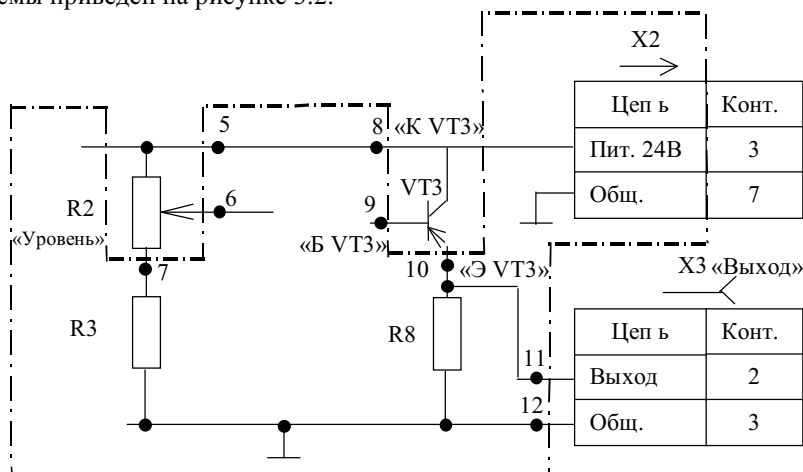


Рисунок 3.2 — Пример выполнения принципиальной схемы (фрагмент)

В примере конструкторское деление отображено следующим образом: поле схемы, относящееся к печатной плате, обведено штрих-пунктирной линией (может иметь произвольные изломы под углом 90°; чтобы не перемещать изображения элементов, допускается отдельные вынесенные элементы обводить замкнутой линией). Поскольку в данном случае соединения с вынесенными элементами выполняются проводами, припаяваемыми к контактным точкам, эти точки выделены вблизи ограничивающей линии, со стороны платы. Число точек соответствует числу проводов (например, для каждого провода общей шины выделяется своя точка), точки пронумерованы сквозной нумерацией (*номера точек и номера выводов разъемов не связаны друг с другом!*). Помимо нумерации в кавычках можно указать назначение точки (например, через точку 5 подключается эмиттер вынесенного транзистора VT4: рядом с числом 5 подписывается «э VT4»).

К принципиальной схеме прилагается перечень элементов, который выполняется на стандартных бланках, включающих сетку таблицы и основную надпись. Заполняется таблица в порядке букв латинского алфавита, входящих в обозначение элементов. В графе «Наименование» дается исчерпывающая характеристика элемента (таблица 3.1).

Таблица 3.1 — Перечень элементов (пример оформления)

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
C1	Конденсатор К10-7В-33 пФ $\pm$ 10%-М120	1	
R1,R2	Резистор С2-23-0,25 Вт -1кОм $\pm$ 10%	2	
XS1,XS2	Разъем СГ-5	2	

3.4. Выполнение чертежа печатной платы и сборочного чертежа узла на печатном монтаже

3.4.1. Чертеж печатной платы

Поле чертежа должно содержать:

- основную надпись по ГОСТ 2.104-68, форма 1;
- вид платы со стороны монтажа, со стороны установки элементов и с торца;
- дополнительные виды (при необходимости);
- указание общей шероховатости;
- текстовую часть (технологические указания).

Следует помнить, что весь чертеж можно выполнить на нескольких листах (например, отдельно каждый вид и текстовую часть). Например, удобно текстовую часть счесть первым листом (основная надпись формы 1), а на втором и третьем разместить виды сверху и снизу (основная надпись формы 2а — высотой 15 мм).

В основной надписи название изделия будет «Плата» или «Плата печатная». Обязательно указывать масштаб изображения и марку материала. Децимальный номер чертежа определяется по классификатору ГОСТ 2.201-80 на изделие «Платы с печатным монтажом» (класс 75, Приложение Е).

Чертеж платы должен содержать координатную сетку, пронумерованную вне поля платы (нумеруются *дискреты*, а не миллиметры!). Допускается пропускать цифры через 2...5 дискретов. Для всех отверстий и контактных площадок, не попадающих в узлы сетки, координаты указывают непосредственно по обычным правилам для чертежей. При этом одно базовое отверстие должно попадать в узел сетки. Как правило, при этом пользуются дополнительными, выносными видами. Допуск на точность сетки $\pm 0,2$ мм.

Форма платы — прямоугольная (кроме специальных случаев), с ключевым элементом (срезанный угол; вырез; несимметричные крепежные отверстия и т.п.). Должны быть указаны габаритные размеры с допусками от $\pm 0,2$ до $\pm 0,5$ мм, в зависимости от величины размера. Толщина платы указывается «для справок»: на чертеже этот размер помечается знаком «*», а в текстовой части дается расшифровка: «* Размеры для справок».

Масштаб изображения выбирается таким, чтобы шаг сетки соответствовал 5 или 10 мм (например, для шага 1,25 мм обычно берется масштаб 4:1).

Для отверстий разных диаметров применяют условные обозначения (зачерненные секторы), а диаметры указывают в текстовой части. Также условно не показывают стандартные контактные площадки, а их размеры дают в таблице, вместе с указаниями для отверстий (таблица 3.2).

Таблица 3.2 — Пример указания параметров отверстий и контактных площадок

Условное обозначение	Диаметр отверстия, мм	Кол.	Диаметр контактной площадки, мм	Металлизация
	1 ^{+0,1}	52	2,5	есть

Проводники стандартной ширины проводят условно, а ширину указывают в текстовой части.

На широких участках фольги выполняют штриховку под углом 45°.

Плата должна содержать маркировку элементов и отдельных выводов с одной или обеих сторон. Например, краской наносят схемные обозначения элементов и штрихи, указывающие на их выводы. Краской или невытравленной фольгой обозначают:

- номер чертежа платы;
- условное обозначение или номер чертежа печатного узла в сборе;
- полярность конденсаторов и диодов;
- выводы транзисторов;
- вывод № 1 многовыводных элементов, при этом также изменяют форму контактной площадки.

Шероховатость указывается по ГОСТ 2789-73. Например, на виде с торца используют значок  — «не обрабатывать», а в правом верхнем углу указание: $Rz\ 40\ (\sqrt{V})$, что означает: «остальная шероховатость не более 40 мкм».

Ниже перечислены указания, выносимые в текстовую часть (таблица 3.3).

Таблица 3.3 — Текстовая часть чертежа печатной платы

Содержание	Пример исполнения
1) Способ изготовления платы	Плату изготовить химическим методом.
2) Шаг координатной сетки	Шаг координатной сетки 2,5 мм.
3) Способ выполнения проводников	Конфигурацию проводников выдерживать по координатной сетке и чертежу с отклонением не более 1,0 мм.
4) Ширина проводников	Проводники показаны условно; ширина 1,0 мм, в узких местах 0,6 мм.
5) Зазоры между проводниками	Расстояние между проводниками не менее 0,8 мм, в узких местах 0,4 мм.

Продолжение таблицы 3.3

Содержание	Пример исполнения
6) Указания по маркировке	Маркировать краской МКЭ серой по ОСТ 4Г0.028.000. Шрифт 3 по Н0. 010.007.
7) Указания по лужению	Проводники покрыть сплавом "Розе" ГОСТ 21930-76.
8) Указания по влагозащитному покрытию	Плату покрыть лаком ЭП-730 ГОСТ 20824-81, контактные площадки от покрытия защитить.
9) Указания по отверстиям и контактным площадкам	[В виде таблицы; пример см. табл. 3.2]
10) Расшифровка других условных обозначений	* Размер для справок

3.4.2. Составление чертежа печатного узла в сборе

На поле чертежа должны быть:

- основная надпись по ГОСТ 2.104-68;
- вид узла со стороны элементов и с торца;
- дополнительные виды (при необходимости);
- технологические указания в виде текста.

В основной надписи название изделия должно соответствовать функциональному назначению печатного узла. В той же графе указывается вид документа (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 — Пример заполнения графы «Наименование»

Шифр изделия определяется по классификатору ЕСКД (Приложение Е). Полный шифр чертежа содержит десятичный и порядковый номера, а также признак сборочного чертежа — буквы «СБ».

Основные виды имеют следующие особенности.

Должны быть указаны **только** габаритные (между максимально удаленными точками), установочные и присоединительные размеры.

Если габарит определяется деталями (например, платой, выполненной по своему чертежу с указанными размерами и допусками на них), то он считается справочным и помечается знаком «*». Если габарит зависит от качества сборки, то его указывают с ограничением «тах», т.е. сверху. Рекомендуется эти размеры округлять до целых миллиметров в большую сторону.

К установочным относятся, например, крепежные отверстия: следует указывать как их диаметры, так и координаты.

К присоединительным относятся размеры, важные для соединения с другими сборочными единицами, например, расстояние между штырями-ловителями разъема.

Детали, ЭРЭ и другие сборочные единицы вычерчивают упрощенно, оставляя только существенные для сборки подробности.

На виде с торца элементы можно не показывать. Плата вычерчивается толстой сплошной линией, габаритные границы со стороны элементов и со стороны монтажа обозначаются тонкой сплошной или штрих-пунктирной линией.

Каждой детали и сборочной единице, из которых собирается изделие, присваивается позиционный номер сквозной нумерацией, под которым затем данная единица приводится в спецификации. Это условие является обязательным, так как обеспечивает правильную комплектацию изделия в целом и рабочего места сборщика в частности.

Позиционные номера указываются над выносными линиями. Для элементов, имеющих позиционные обозначения на принципиальной схеме, можно не указывать номера позиций. В этом случае на контурах ЭРЭ или рядом с ними пишут позиционные обозначения по принципиальной схеме, а в текстовой части (см. ниже) — указание «Маркировка элементов показана условно».

Чертеж должен содержать исчерпывающую информацию по установке каждого элемента. Например, формовка выводов может быть показана:

- на основном виде с торца или на дополнительных (выносных) видах;
- в текстовой части чертежа со ссылкой на документ (см. ниже).

Текстовая часть чертежа должна содержать необходимые технологические указания и технические требования (таблица 3.4).

Таблица 3.4 — Пример указаний на чертеже печатного узла в сборе

Содержание	Пример исполнения
1) Расшифровка условностей.	* Размеры для справок. Маркировка элементов показана условно.
2) Общие требования к сборке.	Паять ПОС 61 ГОСТ 21930-76 заземленным паяльником.
3) Требования к установке элементов.	Установку элементов производить по ОСТ 4ГО.010.030-81: — элементы C1, C2 — по варианту 1а-К; клей ВК-9 по ОСТ 4ГО.029.204; — элементы R1 — R9 — по варианту 1а; — элементы ...
4) Указания по покрытию	Покрытие: лак ЭП-730 ГОСТ 20824-81 кроме регулировочного винта элемента R10.
5) Общие технические требования	Остальные технические требования по ОСТ 4ГО.070.015.

3.4.3. Оформление спецификации

Спецификация к сборочному чертежу должна заполняться по общим правилам ЕСКД (ГОСТ 2.108-96). Она имеет следующие особенности.

Для первого листа используется основная надпись по ГОСТ 2.104-68 «Текстовые документы», форма 2, (высотой 40 мм). Для остальных листов применяется форма 2а, высотой 15 мм.

Название документа должно включать то же самое название изделия плюс указание «Спецификация». Шифр документа должен содержать те же самые цифры, но без букв "СБ".

Сетка таблицы наносится по ГОСТ 2.108-96.

Не путать с сеткой для перечня элементов принципиальной схемы!

Спецификация обязательно начинается с раздела "Документация", в котором указываются обозначения (шифры) и наименования:

- схемы электрической принципиальной;
- перечня элементов к этой схеме;
- сборочного чертежа печатного узла.

Остальные разделы вводятся по мере надобности в следующем порядке:

— «Сборочные единицы», например, элементы крепления из нескольких деталей, собираемые по отдельным чертежам;

— «Детали», например, печатная плата, лепестки и т.п., изготавливаемые по отдельным чертежам;

— «Стандартные изделия», например, винты, гайки и только те ЭРЭ, которые выпускаются по государственным стандартам;

— «Прочие изделия», например, ЭРЭ, выпускаемые по частным техническим условиям, импортные и т.п.;

— «Материалы», например, ленточная бумага, проволока и т.п., из которых изготавливают прокладки, хомуты, перемычки и прочее непосредственно при сборке.

Для разделов «Документация», «Сборочные единицы», «Детали» обязательно заполняется графа «Обозначение», куда заносится буквенно-цифровое обозначение документа.

Для ЭРЭ, перечисляемых в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» обязательно заполняется графа «Примечание», в которой приводятся позиционные обозначения по принципиальной схеме.

Графа «Поз.» заполняется позиционными номерами, даже если эти номера отсутствуют на чертеже (см. выше). Отдельные разделы заполняются по возрастанию позиционных номеров.

Одинаковые изделия можно объединять в одной записи. Тогда в графе «Кол.» будет число, большее 1: позиционный номер для всех один; а все схемные обозначения перечисляются через запятую (если элементов два или они на схеме обозначены не по порядку) или через многоточие.

В разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» графа «Обозначение» не заполняется. Все сведения об этих изделиях приводятся в графе «Наименование». Общие для группы изделий стандарты и ТУ можно выносить в подзаголовки, например, «Конденсаторы К40-17 ОЖО.460.107 ТУ». Можно приводить только те сведения, которых достаточно для приобретения данного изделия (например, когда шифр ТУ не известен; для импортных элементов и т.п.).

Пример оформления спецификации приведен ниже (таблица 3.5).

Таблица 3.5 — Спецификация к сборочному чертежу (пример оформления)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
			СНТУ.468731.001 СБ	Сборочный чертеж		
			СНТУ. 468731.001 ЭЗ	Схема принципиальная		
			СНТУ.468731.001 ПЭЗ	Перечень элементов		
				<u>Детали</u>		
		1	СНТУ.758714.001	Плата печатная	1	
				<u>Прочие изделия</u>		
				Конденсаторы		
		2		K50-24-1000 мкФ $\pm 5\%$	1	C5
		3		K10-7B-50B-0,033 мкФ $\pm 10\%$	1	C2

3.5. Выполнение чертежа общего вида изделия

Общий вид изделия (шифр документа ВО) выполняется либо в двух или трех проекциях, либо в аксонометрии. Чертеж должен содержать минимально необходимую информацию о конструктивном исполнении изделия:

- габаритные размеры;
- состав, расположение органов управления и контроля, разъемов или шнуров питания и внешних сигнальных соединений, предохранителей;
- тип и типоразмер корпуса, конструктивные особенности обеспечения теплового режима, транспортировки, амортизации, установки на объектоносителе;
- состав и расположение сборочных единиц внутри корпуса (максимально упрощенные изображения с указанием номера позиции).

Для наглядности, чтобы показать размещение составных частей внутри корпуса, следует применять местные разрезы или условное снятие крышки корпуса. К основным составным частям (например, корпус, усилитель, источник питания) следует сделать выноски с указанием номера позиции.

Перечень составных частей к чертежу общего вида не выполняется как отдельный документ, а приводится на поле чертежа в виде таблицы произвольного вида. В ней отображаются:

- а) номер позиции;
- б) наименование составной части;
- в) количество одинаковых составных частей;
- г) примечания (при необходимости).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» для студентов заочной формы обучения / В.Г. Слезкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2004. — 83 с.

2 Лабораторный практикум по дисциплине «Конструирование и технология РЭА»: методические указания для студентов дневной и заочной форм обучения специальности «Радиотехника» / В.Г. Слезкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005. — 75 с.

3 Парфенов, Е.М. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры / Е.М. Парфенов, А.Е. Камышная, В.М. Усачов. — М.: Радио и связь, 1989. — 272 с.

4 Горобец, А.И. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы) / А.И. Горобец, А.И. Степаненко, В.М. Коронкевич. — К.: Техника, 1985. — 312 с.

5 Усатенко, С.Т. Графическое изображение электрорадиосхем: справочник / С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. — К.: Техника, 1986. — 113 с.

6 Практическое пособие по учебному конструированию РЭА / Под ред. К.Б. Круковского-Синевица, Ю.Л. Мазора. — К.: Вища школа, 1992. — 494 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

ОБРАЗЕЦ ВЫПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ
ЗАПИСКИ

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет
Кафедра радиотехники

Курсовой проект
по дисциплине

«Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры»

Выполнил: студент гр. Р-...
Фамилия И.О.
№ зачетной книжки ...

Проверил: _____

Севастополь – 200...

Примечание. Титульный лист оформляется без рамки.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

ЭМПИРИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАДИАТОРОВ

Б.1. Исходные данные

Исходными данными для расчета являются:

- мощность, рассеиваемая транзистором P ;
- максимально допустимая температура транзистора $T_{\text{доп}}$ (задается с запасом на $(10...20)^\circ\text{C}$ относительно паспортного значения);
- максимальная температура окружающей среды $T_{\text{макс}}$;
- площадь теплового контакта транзистора с радиатором $S_{\text{к}}$ (определяется по геометрическим размерам корпуса транзистора).

Расчет проводим по упрощенной инженерной методике, основанной на знании экспериментально проверенных характеристик конкретных радиаторов — ребристого и плоского (пластина).

Б.1.1. Известный ребристый радиатор

Площадь основания $S_{\text{осн}}$

$$S_{\text{осн}} = a \cdot b = 42 \cdot 50 = 2100 \text{ мм}^2,$$

где a — ширина, b — длина (по ребру).Площадь двусторонних ребер $S_{\text{рб}}$

$$S_{\text{рб}} = 2 \cdot b \cdot h \cdot n = 2 \cdot 50 \cdot 32 \cdot 5 = 16000 \text{ мм}^2,$$

где h — высота ребер, n — число ребер.

Отношение площади ребер к площади основания

$$r = S_{\text{рб}} / S_{\text{осн}} = 16000 / 2100 = 7,62.$$

Полная площадь

$$S = S_{\text{рб}} + S_{\text{осн}} = 16000 + 2100 = 18100 \text{ мм}^2.$$

Б.1.2. Известный плоский радиатор

Площадь одной стороны

$$S = a \cdot b = 50 \cdot 52 = 2600 \text{ мм}^2.$$

Б.2. Выбор и расчет радиатора

Б.2.1. Выбор радиатора

Пробуем обеспечить тепловой режим плоским радиатором. Для этого:

- выполняем расчет по методике п. Б.2.2 (см. ниже);
- оцениваем размеры полученного радиатора: если его можно разместить на плате (возможно, для этого придется применить Г-образную или П-

образную форму) или использовать в качестве радиатора стенку выбранного корпуса, то останавливаемся на этом решении; если размеры слишком велики, то применяем ребристый радиатор.

В случае применения ребристого радиатора:

- выполняем его расчет по методике п. Б.2.2;
- по полученному значению площади определяем конструктивные размеры радиатора из условия сохранения соотношения между площадью основания и оребрения при расстоянии между ребрами 10 мм, как у радиатора-прототипа (см. п.Б.1.2).

Б.2.2 Методика расчета радиатора

- 1) Определяем допустимый перегрев радиатора $\theta_{\text{доп}}$:

$$\theta_{\text{доп}} = T_{\text{доп}} - T_{\text{макс}}.$$

- 2) Определяем тепловое сопротивление контакта корпуса элемента с радиатором при смазке контактных поверхностей пастой КПТ-8 по ГОСТ 19783-74

$$R_k = \frac{150}{S_k},$$

где S_k — площадь контакта в мм^2 .

- 3) Определяем требуемое значение теплового сопротивления радиатора

$$R_{\text{рад}} = \theta_{\text{доп}} / P - R_k.$$

- 4) По одному из графиков зависимостей теплового сопротивления известных радиаторов от перегрева $R_{\text{тр}}(\theta)$ (рисунок Б.1) определяем для найденного значения $\theta_{\text{доп}}$ величину $R_{\text{тр}}$.

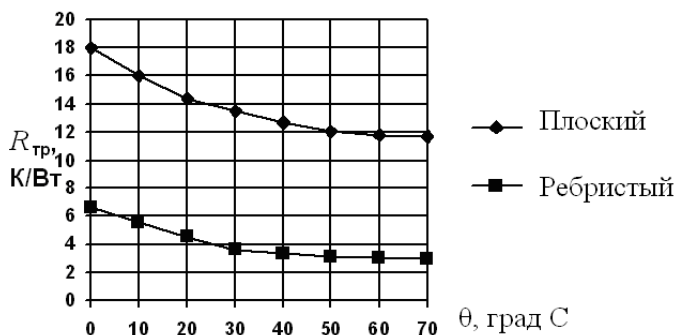


Рисунок Б.1 — Зависимости теплового сопротивления радиаторов от перегрева

- 5) Находим площадь рассчитываемого радиатора $S_{\text{рад}}$:

$$S_{\text{рад}} = \frac{R_{\text{тр}}(\theta_{\text{доп}}) S}{R_{\text{рад}}}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИЯХ СО СТАНДАРТИЗОВАННЫМИ
РАЗМЕРАМИ

В.1. Выбор размеров печатных плат

Для корпусов собственной конструкции желательно размеры плат выбирать по ОСТ 4.010.020-83 (таблица В.1). Для базовых несущих конструкций (БНК) ряды размеров печатных плат входят в соответствующие стандарты.

Таблица В.1 — Размеры печатных плат по ОСТ 4.010.020-83

Базовый размер, мм	Второй размер, мм
30	60
40	50 60 80 120
50	80 120
60	60 90 100 120
75	170
80	100 110 120
90	120
100	120
110	170
120	200
140	150 240
150	200
170	75 110 150 200 240 280

Примечание. Базовый размер выбирается по габаритам элемента, определяющего размер одной стороны платы (например, разъем). Второй размер определяется по расчетной площади и базовому размеру.

В.2. Типоразмеры моноблока и вставных каркасов аппаратуры средств связи по ОСТ В4.410.025-84

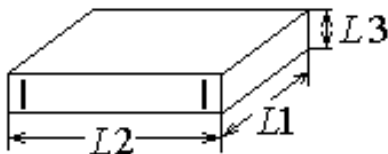


Рисунок В.1 — Внешний вид корпусов

Таблица В.2 — Геометрические параметры корпусов

Обозначения	Типоразмер	L1, мм	L2, мм	L3, мм	Объем, дм ³	Масса максимальная, кг
Моноблок тип 1	—	434	490	225	47,5	38
Вставной каркас тип 1,2	1	370	400	215	31,5	30
	2	327	400	215	28	28
	3	327	320	215	22	25

Примечание: Каркас «тип 1»: ячейки вставляются в окно лицевой панели. Каркас «тип 2»: лицевая панель сплошная, ячейки вставляются через окно в задней панели.

В.3. Типоразмеры ячеек аппаратуры средств связи по ОСТ В4.410.025-84

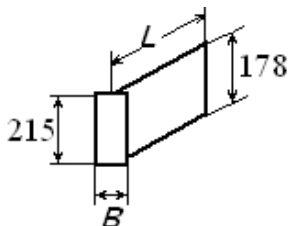


Рисунок В.2 — Внешний вид каркаса ячейки

Таблица В.3 — Геометрические параметры каркасов

Типоразмер	B, мм	L, мм	
		тип 1	тип 2
1	11,5	252	327
2	19,5	252	327
3	22	252	327
4	29,5	252	327

Децимальный шифр несущей конструкции ячеек: 6.186.106.

В.4. Типоразмеры базовых несущих конструкций блоков бортовых авиационных РЭС по ГОСТ 26765.16-87

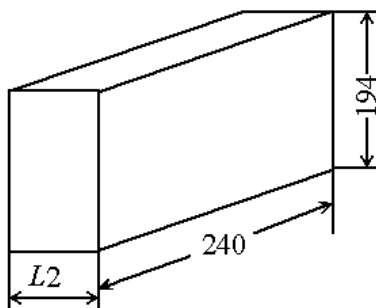


Рисунок В.3 — Внешний вид корпусов

Таблица В.4 — Геометрические параметры корпусов

Обозначение	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
$L2$, мм	25,4	57,2	90,4	110	157,2	190,5	223,3	256,3	322,3
V , дм ³	1,5	3,5	5,5	7,6	9,6	11,7	13,6	15,0	19,8

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

МЕТОДИКА ВЫБОРА СИСТЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ

Г.1. Исходные данные

Исходными данными для расчета являются:

- масса изделия M , сосредоточенная в центре масс (ц.м.), причем расположение ц.м. известно;
- характерная частота вибрации f и амплитуда виброускорения $a_{\text{осн}}$ или амплитуда виброперемещений основания $A_{\text{осн}}$.
- диапазон рабочих температур $T_{\text{мин}}$, $T_{\text{макс}}$;
- ограничения на места расположения амортизаторов (число, координаты).

Необходимо обеспечить выполнение условия $a_b \leq a_{\text{доп}}$ для наиболее неблагоприятного сочетания факторов, где a_b — амплитуда ускорения, действующего на блок; $a_{\text{доп}}$ — максимально допустимое виброускорение.

Г.2. Расчет проводим в следующей последовательности.

- 1) Определяем амплитуды виброускорения основания для характерных частот гармоник f_i (для синусоидальной вибрации — одной частоты)

$$a_{\text{осн},i} = (2\pi f_i)^2 A_{\text{осн},i}.$$

Для дальнейшего расчета выбираем одно значение $a_{\text{осн}}$, соответствующее наихудшему случаю.

- 2) Определяем требуемое значение коэффициента виброизоляции η_b

$$\eta_b \leq \frac{a_{\text{доп}}}{a_{\text{осн}}}.$$

- 3) Исходя из условий эксплуатации, предварительно выбираем тип амортизатора (таблица Г.1). Тип амортизатора определяет его основные конструктивные характеристики, например, АД — «Амортизатор демпфированный». Выбрать конкретный типоразмер, т.е. конкретную строку в справочной таблице, на данном этапе невозможно.

Наиболее неблагоприятными температурными условиями являются низкие температуры, т.к. с уменьшением температуры растет коэффициент демпфирования D , а качество амортизации снижается. Если в справочных данных нет значений D при требуемой минимальной температуре $T_{\text{мин}}$, то нужное значение следует определять по имеющимся данным линейной интерполяцией

$$D = D_1 - \frac{D_1 - D_2}{T_2 - T_1} (T_{\text{мин}} - T_1),$$

где D_1, D_2 — справочные значения коэффициентов демпфирования для низшей температуры T_1 и высшей температуры T_2 соответственно.

Таблица Г.1 — Технические характеристики некоторых амортизаторов

Тип, типоразмер амортизатора	Номинальная нагрузка, Н	Коэффициент жесткости, Н/мм	Коэффициент демпфирования	Среднее значение собственной частоты ²⁾ , Гц	Диапазон рабочих температур, °С
АП ¹⁾ — Нагрузка в одном направлении					
АП-1-0,45	4,5	2,5	0,05	13	–60, +100
АП-1-1,8	18	11,5	при 20 °С	13	
АП-2-2,7	27	17,2	0,1 при	13	
АП-2-4,5	45	28,6	–60 °С	12,5	
АП-3-9	45	28,6		12,5	
АП-3-11,35	113,5	70		12,5	
АД — Нагрузка в двух направлениях					
АД-1	3...6	1,2	0,1	10	–60, +70
АД-2	10...15	4	при 20 °С	10	
АД-3	15...30	6,4	0,5 при	9	
АД-4	30...51	13	–60 °С	8	
АПН — Нагрузка в двух направлениях					
АПН-1	5...10	6,8	0,5 ³⁾	16	–60, +150
АПН-2	10...25	13,7		16	
АПН-3	20...50	22,5		14	
АПН-4	40...70	32,5		14	
АПН-5	60...100	49		12	

Примечания:

- Обозначения амортизаторов имеют следующий смысл:
 - АП — Резинометаллические, пластинчатые;
 - АД — Пружинные с воздушным демпфированием;
 - АПН — Пространственного нагружения, пружинные с фрикционным демпфированием.
- Значения собственных частот даны ориентировочные, для средних значений нагрузок из указанных пределов. Реализуемые в системах амортизации значения определяются степенью нагружения амортизаторов: соотношением между коэффициентами жесткости и значениями нагрузок.
- Для амортизаторов типа АПН не может быть определен коэффициент демпфирования, так как в них потери возникают из-за сухого трения. Приведенное значение является эффективной величиной, справедливой в некоторых пределах амплитуд колебаний.

4) Решаем уравнение для требуемого значения η_v относительно v численно или графически (рисунок Г.1), используя «наихудшее» для выбранного типа амортизаторов значение D

$$\eta_v = \frac{A_6}{A_{\text{осн}}} = \sqrt{\frac{1 + 4D^2 v^2}{(1 - v^2)^2 + 4D^2 v^2}}, \quad (1)$$

где $v = \omega/\omega_0 = f/f_0$ — относительная частота;

f_0 — собственная частота механической колебательной системы.

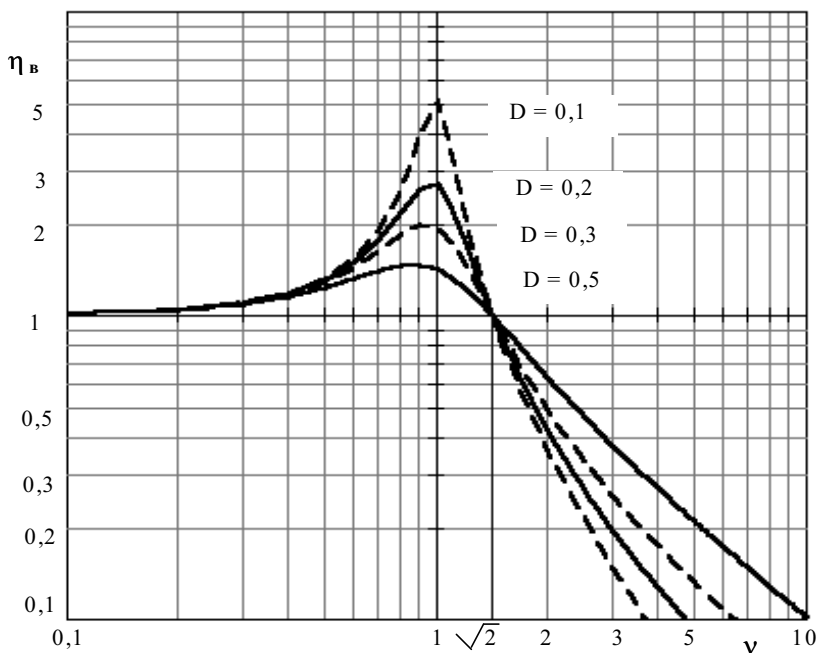


Рисунок Г.1 — Зависимость коэффициента виброизоляции от частоты вибрации

5) Определяем необходимое значение собственной частоты f_0 системы амортизации:

$$f_0 = \frac{f}{v}.$$

Проверяем, соответствует ли это значение усредненным паспортным данным (см. таблицу Г.1). При несоответствии подбираем другой тип амортизатора, заново выполняем п.4,5.

6) Определяем статическую нагрузку на один амортизатор P .

При полной симметрии расположения амортизаторов относительно центра масс нагрузки будут одинаковыми

$$P = \frac{G}{N_a},$$

где $G = Mg \approx 10 M$ — вес, Н;
 N_a — число амортизаторов.

7) По справочным данным на выбранный тип амортизатора подбираем конкретные типоразмеры: расчетные нагрузки должны находиться примерно посередине допустимого диапазона.

8) Определяем статические прогибы амортизаторов $z_{стj}$ (в миллиметрах):

$$z_{стj} = \frac{P_j}{k_z},$$

где k_z — коэффициент жесткости амортизаторов данного типоразмера, Н/мм.

9) Определяем достигнутое значение собственной частоты системы амортизации f_{0a} .

$$f_{0a} = 15,75 \sqrt{\frac{1}{z_{ст}}}.$$

10) Проверяем, обеспечивает ли выбранная система амортизации требуемую виброзащиту. Для этого подставляем найденное значение f_{0a} в формулу (1) или определяем достигнутое значение коэффициента виброизоляции $\eta_{ва}$ по графику (см. рисунок Г.1). Если достигнутое значение $\eta_{ва}$ меньше требуемого или превышает требуемое значение $\eta_{в}$ не более чем на 25%...30%, то выбор считаем удовлетворительным. В противном случае, по возможности, подбираем иные типоразмеры амортизаторов и повторяем действия по п.7 — 10.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТАМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Таблица Д.1 — Поправочные коэффициенты k_1 , k_2 , учитывающие механические воздействия на неамортизированную аппаратуру

Условия эксплуатации	Вибрация, k_1	Удары, k_2	Комбинированные воздействия $k_1 k_2$
Лабораторные	1,0	1,0	1,0
Полевые	1,04	1,03	1,07
Корабельные	1,3	1,05	1,37
Автофургонные	1,35	1,08	1,46
Железнодорожные	1,4	1,1	1,54
Самолетные	1,46	1,2	1,65

Таблица Д.2 — Поправочный коэффициент k_3 , учитывающий воздействие влажности и температур

Относительная влажность, %	Температура, °C	k_3
60...70	20...40	1,0
70...90	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

Таблица Д.3 — Поправочный коэффициент k_4 , учитывающий зависимость от высоты размещения аппаратуры

Высота, км	k_4	Высота, км	k_4
0...1	1,0	8...10	1,25
1...2	1,05	10...15	1,3
2...3	1,1	15...20	1,35
3...5	1,14	20...25	1,38
5...6	1,16	25...30	1,4
6...8	1,2	30...40	1,45

Таблица Д.4 — Пример оформления таблицы к расчету интенсивностей отказов элементов

$$k_1 = \dots ; k_2 = \dots ; k_3 = \dots ; k_4 = \dots$$

Наименование, тип	Обознач.	N_i	$\lambda_{i0} 10^6, \frac{1}{\text{ч}}$	$K_{ни}$	$t^\circ_{\text{раб.}}, ^\circ\text{C}$	a_i	$\lambda_i 10^6, \frac{1}{\text{ч}}$	$N_i \lambda_i 10^6, \frac{1}{\text{ч}}$
Резисторы	$R1 \dots R6$	6	1,0	0,2	50	0,4	0,4	2,4
C2-23								
...								
Сумма								...
$\Lambda =$								...

Таблица Д.5 — Средние интенсивности отказов некоторых элементов

Наименование	$\lambda_{i0} 10^6, \frac{1}{\text{ч}}$	Наименование	$\lambda_{i0} 10^6, \frac{1}{\text{ч}}$
Резисторы постоянные до 0,5 Вт	0,05	Диоды кремниевые	0,2
Резисторы постоянные 1...2 Вт	0,12	Транзисторы кремниевые маломощные	0,8
Резисторы переменные	0,09	Транзисторы кремниевые мощные	1,2
Резисторы подстроечные	0,15	Транзисторы германиевые	1,9
Конденсаторы бумажные	0,05	Реле электромагнитные (на 1 контактную группу)	0,25
Конденсаторы керамические	0,15	Реле герконовые (на 1 контактную группу)	0,04
Конденсаторы танталовые	0,035	Разъемы штепсельные (на 1 контакт)	0,06
Конденсаторы электролитические алюминиевые	0,135	Гнезда	0,01
Лампы накаливания	0,6	Провода соединительные	0,015
Трансформаторы сигналов	0,1	Пайки	0,01
Трансформаторы силовые	0,3	Аккумуляторы	7,2
Дроссели	0,34	Батареи гальванические	30
Катушки индуктивности	0,02	Микросхемы аналоговые	0,2
Переключатели кнопочные (на одну контактную группу)	0,5	Микросхемы цифровые	0,12
Переключатели поворотные (на одну контактную группу)	0,17	Микросхемы гибридные	0,3

Таблица Д.6 — Поправочные коэффициенты $a_i(t_i, K_{Hi})$

Наименование	t_i ,	Коэффициент нагрузки K_{Hi}					
	°C	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0
Резисторы	20	0,26	0,42	0,6	0,72	0,84	1,0
	30	0,34	0,51	0,75	0,88	1,07	1,26
	40	0,42	0,6	0,94	1,11	1,38	1,71
	60	0,57	0,82	1,43	1,7	2,17	2,81
	80	0,71	1,07	2,07	2,48	3,31	4,4
	100	0,87	1,32	2,77	3,6	4,9	6,7
Конденсаторы керамические, бумажные	20	0,06	0,1	0,23	—	—	—
	30	0,07	0,11	0,27	—	—	—
	40	0,07	0,13	0,35	—	—	—
	60	0,1	0,2	0,62	—	—	—
	80	0,17	0,43	1,46	—	—	—
	100	0,55	1,36	3,4	—	—	—
Конденсаторы электролитические алюминиевые	20	0,65	0,4	0,65	—	—	—
	30	0,82	0,48	0,82	—	—	—
	40	1,24	0,64	1,24	—	—	—
	60	2,3	1,8	2,2	—	—	—
	80	7,0	4,4	7,0	—	—	—
	100	18,0	9,0	18,0	—	—	—
Катушки индуктивности	20	0,1	0,1	0,3	0,6	0,8	1,0
	30	0,1	0,2	0,6	1,0	1,4	1,6
Трансформаторы, дрессели	40	0,1	0,2	1,2	1,8	2,4	3,0
	50	0,2	0,3	1,8	2,8	4,0	5,2
	60	0,2	0,4	2,5	4,1	6,4	8,6
	70	0,3	0,6	4,2	7,2	10,7	14,0
Полупроводнико- вые приборы германиевые	20	0,22	0,39	0,62	0,74	—	—
	30	0,26	0,45	0,66	0,79	—	—
	40	0,32	0,51	0,76	0,91	—	—
	50	0,45	0,76	1,15	1,41	—	—
	60	0,66	1,13	1,75	2,13	—	—
	70	0,80	1,40	2,05	2,35	—	—
Полупроводнико- вые приборы кремниевые	20	0,13	0,35	0,52	0,63	—	—
	40	0,2	0,4	0,59	0,72	—	—
	60	0,22	0,5	0,71	0,85	—	—
	80	0,25	0,66	0,78	1,24	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)

ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Е.1. Общие положения

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) предусматривает присвоение всем конструкторским документам кодированного обозначения, отображающего его основные особенности. Благодаря такому кодированию облегчаются учет (особенно автоматизированный) и использование документов, в конечном счете, удешевляется процесс управления разработкой и производством изделия.

Обозначением конструкторского документа (чертежа, схемы, пояснительной записки и т.п.) называется его буквенно-цифровая характеристика, составленная в соответствии с требованиями ЕСКД.

В настоящее время, до принятия соответствующего стандарта Украины, действует ГОСТ СССР 2.201-80. Согласно ему обозначение документа должно иметь следующий вид (рисунок Е.1). На рисунке приняты обозначения:

- А — буква;
- N — цифра;
- X — символ (буква или цифра);
- [] — необязательный элемент.

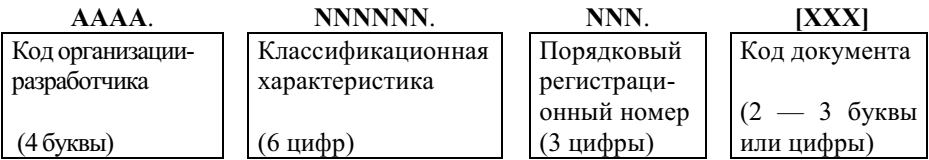


Рисунок Е.1 — Структура обозначения документа по ГОСТ 2.201-80

Код организации-разработчика присваивается в государственном масштабе. Для документов Севастопольского национального технического университета следует использовать код **СНТУ**.

Классификационная характеристика (6 цифр) имеет следующую структуру (рисунок Е.2.).



Рисунок Е.2 — Структура классификационной характеристики по ГОСТ 2.201-80

Порядковый регистрационный номер присваивает сам разработчик. Общий принцип: в рамках одной разработки *не должно быть* двух документов с абсолютно идентичными обозначениями в целом. Это не означает, что нужно присваивать разные номера разнородным документам на одно изделие: обозначения документов могут отличаться, например, в его коде.

Коды присваиваются ряду **документов** для удобства их различения. Благодаря коду часто удается для разнородных документов на одно и то же изделие сохранять одинаковые основные обозначения, что весьма удобно на практике.

Е.2 Определение классификационной характеристики

Классификационную характеристику определяют по специальному документу — **Классификатору ЕСКД**.

Принцип составления классификационной характеристики — иерархический: **класс** отображает наиболее укрупненные характеристики изделия, а остальные элементы слева направо все более конкретные его особенности.

Для **деталей** (изделий, выполненных без применения сборочных операций) выделены классы 71 — 76.

Плата печатная до монтажа на нее элементов является деталью, отнесенной к классу **75**.

Для **сборочных единиц** (изделие из двух и более деталей, которые соединяются при помощи сборочных операций) общемашиностроительного типа (например, корпуса блоков) выделены классы 28...30.

Для сборочных единиц и составных частей определенного функционального назначения, как и для изделий в целом, классы распределены по конкретным областям техники.

Радиоэлектронные средства и средства вычислительной техники сведены в класс **46**.

Е.3. Выписка из Классификатора ЕСКД

Ниже, в таблице Е.1, приведена выписка из Классификатора ЕСКД для тех изделий, которые могут встретиться при курсовом проектировании.

Таблица Е.1 — Классификационные характеристики некоторых изделий

П	С	Т	В	Описание
<i>Класс 75 — детали</i>				
8				Детали крепежные, платы печатные
8	7			Платы печатные: на жестком основании, платы микросхем, микрополосковые
8	7	1		Платы печатные на жестком основании с контуром в плане прямолинейным: с печатными проводниками, односторонние
8	7	2		с печатными проводниками, двусторонние
8	7	2	1	шириной, мм: до 20 вкл.
8	7	2	2	св. 20 до 30 вкл.
8	7	2	3	св. 30 до 50 вкл.

Продолжение таблицы Е.1

П	С	Т	В	Описание
8	7	2	4	св. 50 до 80 вкл.
8	7	2	5	св. 80 до 125 вкл.
8	7	2	6	св. 125 до 200 вкл.
8	7	2	7	св. 200
Класс 46 — радиоэлектронные средства и средства вычислительной техники				
8				Составные части функциональные:
8	7			Усилители, генераторы, задержки электрического сигнала
8	7	1		Усилители с частотой от 3 ГГц
8	7	2		Усилители операционные:
8	7	2	1	суммирующие
8	7	2	2	вычитающие
8	7	2	3	деления
8	7	2	4	умножения
8	7	2	5	дифференцирующие
8	7	2	6	интегрирующие
8	7	2	7	логарифмические
8	7	2	9	прочие
8	7	3		Усилители непрерывных сигналов с частотой до 3 ГГц, кроме операционных:
8	7	3	1	электронные с диапазоном частот до 3 МГц
8	7	3	2	электронные с диапазоном частот свыше 3 МГц до 3 ГГц
8	7	3	3	электронные комбинированные
8	7	3	4	диэлектрические
8	7	3	5	магнитные
8	7	3	6	молекулярные
8	7	3	7	оптические
8	7	3	9	прочие
8	7	4		Усилители импульсных сигналов с частотой до 3 ГГц, кроме операционных
8	7	4	1	электронные с диапазоном частот до 3 МГц
8	7	4	2	электронные с диапазоном частот свыше 3 МГц до 3 ГГц
8	7	4	3	электронные комбинированные
8	7	4	4	диэлектрические
8	7	4	5	магнитные
8	7	4	6	молекулярные
8	7	4	7	оптические
8	7	4	9	прочие

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

Библиографическое описание литературных источников предусматривает обязательные и факультативные элементы, поэтому, в соответствии с целью применения описания, один и тот же источник может быть описан с разной степенью детализации и полноты. Необходимо лишь, чтобы источник однозначно идентифицировался. Приводимое ниже толкование ГОСТ 7.1-2003 является одним из возможных вариантов, целесообразным для целей курсового и дипломного проектирования.

В описании допускаются общепринятые сокращения слов.

Сокращаются названия только следующих мест издания: Москва — М., Ленинград — Л., Санкт-Петербург — СПб., Киев — К.

Описание содержит следующие элементы:

- сведения об авторе (авторах), если их не более трех (см. ниже);
- заглавие, причем параллельное заглавие (например, на иностранном языке) отделяется от основного знаком « = » , а дополнительные сведения (например, название серии) приводятся после двоеточия;
- сведения об ответственности — отделяются от заглавия знаком « / »: это могут быть автор, авторы, ответственное лицо (составитель, редактор, переводчик и т.п.) или организация (фирма);
- групповой источник — отделяется знаком « // » и приводится, если описываемый источник является составной частью (напр., статья из журнала);
- выходные данные — отделяются знаком « . — » и содержат сведения о месте издания, издательстве, годе издания и числе страниц.

Примеры описания источников различных видов приводятся в таблицах Ж.1, Ж.2

Таблица Ж.1 — Книги

Пример описания	Примечание
Волин, М.Л. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре / М.Л. Волин. — М. : Радио и связь, 1981. — 296 с.	<i>Один автор</i>
Гелль, П.П. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры / П.П. Гелль, Н.К. Иванов-Есипович. — Л. : Энергоатомиздат, 1984. — 536 с.	<i>Два автора</i>
Спокойный, Ю.Е. Тепломассообмен в радиоэлектронной аппаратуре : лабораторный практикум / Ю.Е. Спокойный, В.В. Сибиряков. — К. ; Одесса : Высш. школа, 1988. — 224 с.	<i>Два автора, доп. сведения в заглавии</i>

Продолжение таблицы Ж.1.

Пример описания	Примечание
Токарев, М.Ф. Механические воздействия и защита радио-электронной аппаратуры / М.Ф. Токарев, Е.Н. Талицкий, В. Ф. Фролов. — М. : Радио и связь, 1984. — 244 с.	<i>Три автора</i>
Коротковолновые антенны / Г.З. Айзенберг, С.П. Белосусов, Э.М. Журбенко, Г.А. Клигер, А.Г. Курашов ; под ред. Г.З. Айзенберга. — М. : Радио и связь, 1985 — 536 с.	<i>Четыре и более авторов</i>
Справочник конструктора РЭА : общие принципы конструирования / Под. ред. Р.Г. Варламова. — М. : Сов. радио, 1980. — 480 с.	<i>Авторы не указаны</i>
Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» для студентов заочной формы обучения направления 9701 — «Радиотехника» / В.Г. Слезкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2004. — 83 с.	<i>Методические материалы</i>
Motorola Microchip Handbook / Motorola. — Б.М., Motorola, Б.Г. — 300 р.	<i>Место, год изд. неизвестны</i>
Савельев, И.В. Курс общей физики : в 4 ч. Ч.1. Механика / И.В. Савельев. — М. : Изд-во МГУ, 1968. — 568 с.	<i>Том многотомного издания</i>
Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях : в 2 т. / Ж. Макс ; пер. с франц. — М. : Мир, 1983. — Т.1. — 312 с.— Т.2. — 256 с.	<i>Многотомное издание</i>

Таблица Ж.2 — Составные части

Пример описания	Примечание
Сазонов, Д.М. Основы матричной теории антенных решеток / Д.М. Сазонов // Сб. научно-методич. статей по прикладной электродинамике. — М. : Высш. школа, 1983. — Вып. 6.— С. 111—162.	<i>Сборник статей</i>
Беляев, Б.Г. Поле в области Френеля / Б.Г. Беляев // Изв. вузов : радиоэлектроника. — 1985. — Т.28. — №9. — С. 8—13.	<i>Журнал</i>
Akaida, H. Block matrix inversion / H. Akaida // SIAM Journal. — 1973. — Vol.21. — No 3. — P. 234—241.	<i>Журнал</i>
Синтез реактивной нагруженной антенны / А.Ф. Чаплин, Д.М. Сазонов, Б.Г. Беляев, Б.А. Мишустин //Радиотехника. — 1979. — Т.34. — №3. — С. 39—43.	<i>Более трех авторов</i>
Иванов, А.И. О решении краевой задачи / А.И. Иванов ; АН УССР. — К., 1980. — 78 с. — Деп. в ИНИАН 15.01.83., №324765.	<i>Депонированная рукопись</i>