

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Кафедра «Радиоэлектронные системы и технологии»

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебно-методическое пособие

к выполнению курсового проекта по дисциплине
для обучающихся очной и заочной форм обучения
направления 11.03.01 «Радиотехника»
и специальности

11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Севастополь
СевГУ
2022

УДК 621.396.6:001.8-057.87(075.8)

ББК 32.884я73

К650

Р е ц е н з е н т :

И.Л. Афонин - д-р техн. наук, профессор

Ответственный за выпуск:

И. Л. Афонин - заведующий кафедрой «Радиоэлектронные системы и технологии», д-р техн. наук, профессор

Составители: В. Г. Слёзкин, Г. В. Боков

К650 Конструирование и технология производства радиоэлектронных средств : учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине для обучающихся очной и заочной форм обучения направления 11.03.01 Радиотехника и специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы / Севастопольский государственный университет, Институт радиоэлектроники и информационной безопасности, кафедра «Радиоэлектронные системы и технологии»; сост.: В.Г. Слёзкин, Г.В. Боков. – Севастополь : СевГУ, 2022. – 48 с. – Текст : электронный.

Учебно-методическое пособие подготовлено с целью облегчить обучающимся всех форм обучения направления Радиотехника и специальности Радиоэлектронные системы и комплексы самостоятельное выполнение курсового проекта. Пособие содержит требования к составу и оформлению пояснительной записки, а также индивидуальные задания.

УДК 621.396.6:001.8-057.87(075.8)

ББК 32.884я73

Учебно-методическое пособие утверждено на заседании кафедры «Радиоэлектронные системы и технологии», протокол № 5 от 3 февраля 2022 г.

Изд. № 68/2022. Объем 3 п.л. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,94.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© Слёзкин В.Г., Боков Г.В., сост., 2022
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Задание на курсовой проект.....	5
1.1. Общие положения.....	5
1.2. Индивидуальные задания к курсовому проекту.....	5
2. Требования к пояснительной записке.....	8
2.1. Структура пояснительной записки и общие требования.....	8
2.2. Содержание раздела «Анализ технического задания и дополнение принципиальной схемы».....	9
2.2.1. Выбор типов и типономиналов элементов.....	9
2.2.2. Дополнение схемы источником питания.....	10
2.2.3. Введение дополнительных элементов.....	11
2.2.4. Обеспечение подавления кондуктивной наводки.....	12
2.3. Содержание раздела «Анализ элементной базы».....	14
2.4. Требования к разделу «Выбор конструктивных решений».....	15
2.5. Требования к разделу «Выбор системы амортизации».....	19
2.6. Требования к разделу «Расчёт показателей надежности».....	19
2.6.1. Оценка коэффициентов электрической нагрузки элементов..	19
2.6.2. Выбор распределения рабочих температур элементов.....	20
2.6.3. Расчёт интенсивностей отказов.....	20
3. Оформление графических материалов.....	22
3.1. Общие положения.....	22
3.2. Нумерация документов.....	22
3.3. Оформление принципиальной схемы и перечня элементов.....	23
3.4. Выполнение чертежа печатной платы и сборочного чертежа печатного узла.....	24
3.4.1. Чертёж печатной платы.....	24
3.4.2. Сборочный чертеж печатного узла.....	28
3.4.3. Оформление спецификации.....	29
3.5. Выполнение чертежа общего вида изделия.....	32
Библиографический список.....	33
Приложения.....	34

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование по дисциплине «Конструирование и технология производства РЭС» (КТП РЭС) преследует следующие цели:

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

1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

1.1. Общие положения

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

Отчетными материалами по проекту являются пояснительная записка, отражающая ход проектирования, и ряд конструкторских документов. Записка должна быть оформлена в соответствии с требованиями кафедры [1], а документы — согласно стандартам ЕСКД.

Предметом проектирования является радиоэлектронное устройство конструктивного уровня «блок» [2] с питанием от сети переменного тока 220 В, 50 Гц или 115 В, 400 Гц (например, для самолетной аппаратуры). По согласованию с преподавателем можно использовать другие источники питания (например, автомобильную сеть постоянного тока).

1.2. Индивидуальные задания к курсовому проекту

На индивидуальной принципиальной схеме, которую выдаёт преподаватель вместе с календарным планом курсового проектирования, приведены следующие параметры:

- рабочая частота;
- мощность, рассеиваемая на одном или двух транзисторах;
- напряжение питания;
- мощность, на которую должен быть рассчитан один или два резистора (стандартные символы «V» и «X» обозначают мощности 5 Вт и 10 Вт, соответственно).

Внешние соединения (питание, входы и выходы) **условно** обозначены как разрывы соединений, при проектировании в схему и конструкцию изделия следует ввести реальные разъёмы и неразъёмные соединения.

Считается, что по цепи питания¹ на устройство действует **кондуктивная наводка**, которую требуется подавить соответствующими схемотехническими решениями.

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

¹ Если в схеме два-три напряжения питания, то только по основному напряжению.

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 кондуктивной наводки

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 , F_v — пределы частот вибрации;
- a — ускорение вибрации.

Таблица 1.3 — Требования к условиям эксплуатации

Обозн.	Группа РЭА	$T_{\text{мин}},$ °C	$T_{\text{макс}},$ °C	ОВ, %	Вибрация		АД, кПа
					$F_{\text{н}}—F_{\text{в}},$ 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 достаточно подробно и с достаточными пояснениями отражать ход выполнения проекта. Перечень разделов записки, их примерные объёмы и образец нумерации приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Составные части пояснительной записки

Наименование составной части	Примерный объём, стр.	Примечание
Титульный лист	1	приложение А
Техническое задание	2	выдаётся преподавателем
Содержание	1	не обязательно
1. Анализ технического задания 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. Расчёт показателей надёжности	2—3	—
Заключение	—	—
Библиографический список	—	—
Приложения	—	см. перечень

Пояснительная записка должна быть оформлена согласно требованиям к текстовым работам, принятым на кафедре [1]: на стандартных листах белой бумаги формата А4 без рамки.

Титульный лист оформляют по приведенному образцу (приложение А).

В **содержании** указывают номера и наименования разделов и подразделов (пунктов) с соответствующими страницами пояснительной записки. Все заголовки выполняют строчными буквами, с первой прописной.

Требования к **основным разделам** приведены отдельно.

В **заключении** необходимо отразить, какие конкретно схемотехнические и конструкторские задачи решены, и охарактеризовать их основные результаты. Необходимо также сделать общий вывод о достижении цели курсового проекта.

Обязательными **приложениями**, выполняемыми по ЕСКД, являются:

- а) схема электрическая принципиальная (формат А3);
- б) перечень элементов к принципиальной схеме (формат А4);
- в) чертёж печатной платы электрического монтажа (формат А3);

- г) сборочный чертёж печатного узла (формат А3);
- д) спецификация к сборочному чертежу печатного узла (формат А4);
- г) чертёж общего вида разрабатываемого блока (формат А3).

Указания к их выполнению содержатся ниже, в разделе 3.

2.2. Содержание раздела «Анализ технического задания и дополнение принципиальной схемы»

2.2.1. Выбор типов и типономиналов элементов

Выбирать конкретные типы и типономиналы элементов следует, исходя из имеющихся данных и требований к условиям эксплуатации.

Полный электрический расчёт схемы выполнять не требуется, достаточно определить только те параметры, который определяют выбор элементов и составных частей устройства (табл. 2.2). Рекомендуются считать, что все транзисторы работают в усилительном режиме и напряжения на их коллекторах равны половине напряжения питания.

Таблица 2.2 — К выбору типов и типономиналов элементов

Вид элементов	Условия выбора
Мощные транзисторы	По заданным значениям рабочей частоты, рассеиваемой мощности и напряжения питания
Маломощные транзисторы и диоды	Произвольно, с учетом рабочей частоты
Электролитические конденсаторы	По ёмкости и рабочему напряжению
Керамические конденсаторы	По ёмкости
Мощные резисторы	По заданной 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 монтажа на лицевой панели блока
Индуктивности	Унифицированные малогабаритные дроссели типа ДМ-1, ДМ-2 и подобные
Намоточные изделия (трансформаторы и дроссели с указанным видом сердечника)	С учётом заданных размеров ферритового кольца, например, кольцо К12 х 9 х 4: внешний диаметр 12 мм, внутренний — 9 мм, высота 4 мм

Вид элементов	Условия выбора
Разъёмы для входных и выходных сигналов	Должны иметь необходимое число контактов и конструктивно соответствовать условиям эксплуатации

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

- найти полные мощности $P_{\text{п}}$ для каждого транзистора по рассеиваемым мощностям $P_{\text{расс}}$, приняв значение КПД η равным 0,5;
- найти рабочие токи $I_{\text{р}}$ для каждого транзистора, зная их полные мощности $P_{\text{п}}$ и напряжение питания E .

2.2.2. Дополнение схемы источником питания

Для питания от сети переменного тока выбирается простейшая схема источника питания: сетевой трансформатор, мостовой выпрямитель, сглаживающий фильтр. Допускается выбрать готовый модульный источник питания.

Полную потребляемую устройством мощность следует рассчитывать только для основного питания как сумму полных мощностей $P_{\text{п}}$ мощных транзисторов. Потребляемую мощность по другим питающим напряжениям (если они есть) и предварительными каскадами учитывать не требуется.

В качестве трансформаторов рекомендуется выбирать унифицированные трансформаторы типов 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 расчёта которого не требуется: достаточно оценить его габариты и массу по соответствующим методикам.

При выборе ёмкости конденсатора фильтра следует считать, что коэффициент остаточных пульсаций напряжения γ должен быть не более 0,1, а КПД источника питания $\eta_{\text{пит}}$ составляет 90 %. Пример расчёта ёмкости приведен ниже.

Пример 1. Исходные данные:

- частота питающей сети $f = 50$ Гц;
- напряжение питания $E = 30$ В;
- полная потребляемая мощность $P_{\text{п}} = 30$ Вт;
- коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения $\gamma = 0,1$;

— КПД источника питания $\eta_{\text{пит}} = 0,9$.

Находим частоту пульсаций выходного напряжения $f_{\text{п}}$ при двухполупериодном выпрямлении как удвоенную частоту сети

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

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

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

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

$$R_{\text{экв}} = E^2 / P_{\text{п}} = 30^2 / 30 = 30 \text{ Ом.}$$

Находим внутреннее сопротивление источника R_i

$$R_i = (1 - \eta_{\text{пит}}) R_{\text{экв}} = (1 - 0,9) 30 = 3 \text{ Ом.}$$

Находим ёмкость фильтра $C_{\text{ф}}$

$$C_{\text{ф}} = 1 / 2\pi f_{\text{ср}} R_i = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 3) = 5308 \text{ мкФ.}$$

Для реализации следует выбрать один конденсатор или несколько соединённых параллельно конденсаторов с некоторым запасом по ёмкости (напомним, что номиналы электролитических конденсаторов не устанавливаются по стандартным сеткам, а приводятся в технических условиях на конкретные типы). 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 в схему устройства ввести следующие элементы:

- сетевой шнур с вилкой или разъём для подключения сетевого питания;
- выключатель питания;
- предохранитель;
- светодиодный индикатор включения.

Для стационарной аппаратуры, работающей в отапливаемых помещениях, можно применить постоянно подключенный шнур с вилкой. В более жёстких условиях эксплуатации обычно на корпусе устанавливают разъём для подключения съёмного шнура питания или ответвления бортовой сети (например, самолёта).

При выборе типоразмера выключателя питания необходимо учитывать рабочий ток в первичной обмотке трансформатора и условия эксплуатации. Если есть опасность прямого воздействия осадков, то следует обеспечить герметизацию выключателя, например, внешним чехлом.

Предохранитель может быть любого типа: как в комплекте с держателем, так и устанавливаемым на печатную плату (в пружинящие контакты

либо пайкой). Номинал предохранителя выбирают в 2—4 раза превышающим рабочий ток в первичной обмотке трансформатора.

Индикатор питания может содержать светодиод и гасящий резистор, номинал которого следует рассчитать с учётом рабочего тока диода, который обычно составляет 10—20 мА, напряжения питания и прямого падения напряжения на диоде 1,6—1,8 В. Нужно также определить рассеиваемую на резисторе мощность для выбора его типа и типонаминала.

2.2.4. Обеспечение подавления кондуктивной наводки

Для подавления в требуемое число раз паразитного сигнала кондуктивного типа в схему следует ввести фильтрующую RC -цепь, которая подключается в разрыв шины питания, между выходным каскадом и предварительными каскадами. При расчёте следует полагать, что допустимое относительное снижение напряжения питания на резисторе δ_E не превышает 10 %. Пример расчёта фильтра приводится ниже.

Пример 2. Исходные данные:

- частота наводки $f_H = 2$ кГц;
- коэффициент подавления $N = 40$ дБ;
- относительное снижение напряжения питания $\delta_E = 0,1$.

В качестве фильтрующей цепи попробуем выбрать однозвенный Г-образный фильтр на резисторе R_Φ и конденсаторе C_Φ , включённый перед каскадами на транзисторах $VT1, VT2$.

Выразим коэффициент подавления наводки K_Π в размах

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

Коэффициент передачи фильтра $K(\omega_H)$ на частоте наводки $\omega_H = 2\pi f_H$ должен быть равен

$$K(\omega_H) = \frac{1}{K_\Pi}.$$

Для фильтра нижних частот

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

где K_0 — коэффициент передачи фильтра на нулевой частоте;

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

Величина K_0 определяется относительным снижением напряжения питания δ_E

$$K_0 = 1 - \delta_E = 1 - 0,1 = 0,9.$$

Для постоянной времени получим

$$\tau \approx \frac{K_0 K_{\Pi}}{\omega_H} = \frac{0,9 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2000} \approx 7,2 \cdot 10^{-3} \cdot \text{с} = 7,2 \text{ мс.}$$

Величина K_0 связана с параметрами цепи формулой

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

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

Проанализируем схему предварительных каскадов* ...

Эквивалентное сопротивление нагрузки $R_{\text{н.экв}}$ равно 1 кОм.

Для R_{ϕ} при $K_0 = 0,9$ получим

$$R_{\phi} = 1 - K_0 \cdot R_{\text{н.экв}} = 1 - 0,9 \cdot 1000 = 100 \text{ Ом.}$$

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

$$I_{\text{н.экв}} = \frac{E}{R_{\text{н.экв}}} = \frac{30}{1000} = 30 \text{ мА.}$$

Мощность P_{ϕ} , рассеиваемая на нём, равна

$$P_{\phi} = I_{\text{н.экв}}^2 \cdot R_{\phi} = 0,03^2 \cdot 100 = 0,09 \text{ Вт.}$$

Выбираем резистор С2-26-0,25-100 Ом $\pm 10\%$ на мощность 0,25 Вт.

Найдем необходимую ёмкость 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.

*Примечание. Здесь необходимо составить упрощённую схему предварительных каскадов, позволяющую найти эквивалентное сопротивление нагрузки по постоянному току. Например, для усилительного каскада с общим эмиттером (рис. 2.1 а) можно считать, что напряжение на базе мало, а напряжение на коллекторе равно половине напряжения питания. Тогда эквивалентная схема будет содержать параллельное соединение сопротивления в цепи базы R_6 и удвоенного сопротивления в цепи коллектора R_k (рис. 2.1 б).

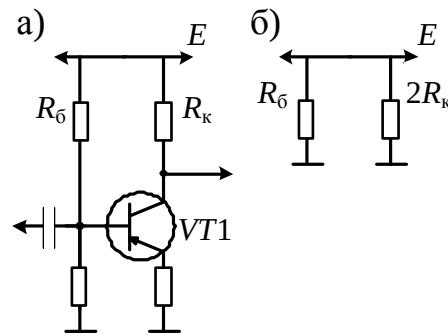


Рис. 2.1 — Схемы каскада с общим эмиттером: принципиальная (а) и эквивалентная по постоянному току (б)

2.3. Содержание раздела «Анализ элементной базы»

Данный 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.

Таблица 2.3 — Характеристики элементной базы (пример)

Наименование	Кол., шт.	Конструкционные параметры			Параметры внешних воздействий			
		Масса, г.	Установочная площадь, мм ²	Диаметр выводов, мм	Диапазон температур, град. С	Вибрация		Удары n, ед.g
						f _в , Гц	n, ед.g	
Транзисторы: КТ315В КТ801А	10	0,18	25	0,7	–60—100	600	10	25
	1	4	380	0,8	–40—85	600	7,5	7,5
Диоды: КД223 Д226	10	0,55	100	0,8	–60—100	100	10	75
	14	2	350	0,8	–60—80	250	15	150
Стабилитрон КС156А	1	1,0	60	0,5	–55—100	600	7,5	15

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения:

— f_v — частота вибрации;

— n — перегрузка (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 $\theta_{\text{доп}}$

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

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»

Подраздел «**Разбиение принципиальной схемы**» должен содержать обоснование выноса на лицевую панель или шасси отдельных элементов схемы, например, крупногабаритных трансформаторов, мощных транзисторов с радиаторами, органов управления и индикации и т. п. Остальная часть схемы выполняется с использованием печатного монтажа, преимущественно планарного.

Следует выбрать исполнение внутриблочных электрических соединений: через пару разъёмов или проводами через контактные лепестки (штыри).

В подразделе «**Выбор системы обеспечения теплового режима**» следует:

а) рассчитать площади пластинчатых теплоотводов для всех мощных транзисторов;

б) выбрать конструктивное оформление радиаторов:

1) при двух и более транзисторах сделать выбор между применением общего радиатора и отдельных радиаторов для каждого транзистора;

2) выбрать размещение радиаторов: на шасси или на печатной плате;

3) если предполагается использовать в качестве радиатора заднюю стенку корпуса, то после выбора размеров корпуса следует прове-

ритель, достаточно ли будет её площади для обеспечения теплового режима.

Расчёт плоского радиатора следует проводить с помощью компьютерной программы «Радиатор-Ц» [3]. При слишком больших размерах плоского радиатора можно перейти к ребристому (приложение Б).

Необходимо помнить, что радиаторы не обязательно должны иметь вид плоской пластины: можно использовать различные формы, конструктивно удобные для установки на горизонтальную поверхность (рис. 2.2). Площадь охлаждающих поверхностей при этом должна соответствовать результатам расчёта, так как опорные площадки не обеспечивают эффективного отвода тепла.

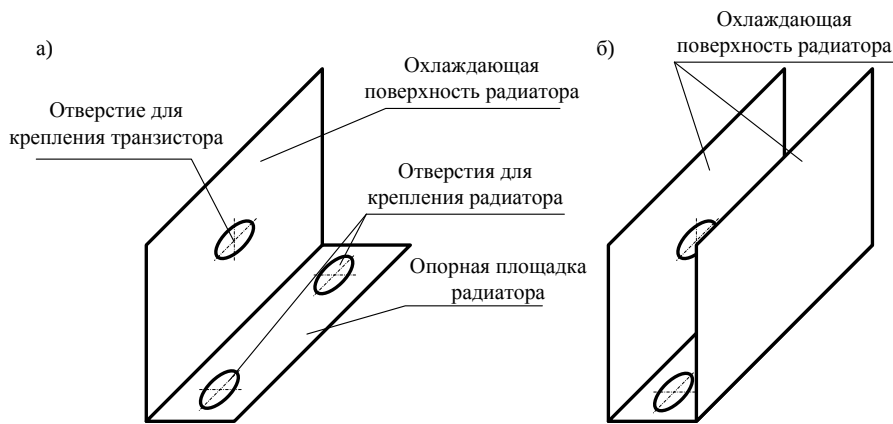


Рис. 2.2 — Вид радиаторов Г-образной (а) и П-образной (б) форм

Подраздел «**Выбор конструктивного оформления**» должен содержать:

а) расчёт 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, укрепляемых на шасси и панелях корпуса, а также способов 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.

Необходимо помнить, что отдельные элементы допускают несколько вариантов установки, и занимаемая ими площадь должна соответствовать конкретному выбранному варианту.

При использовании планарного монтажа для основной части схемы, для внешних соединений (выводные разъёмы, контактные лепестки), как правило, применяют обычный печатный монтаж.

Корпус можно разработать самостоятельно или подобрать из стандартных базовых несущих конструкций (БНК) либо других готовых корпусов (см., например, приложение В).

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 [4, 5];
- в) выбор размещения элементов на плате и способов их закрепления с учетом следующих требований:
 - 1) обеспечить минимально возможный уровень взаимных наводок;
 - 2) обеспечить тепловой режим;
 - 3) достичь высокой ремонтпригодности, технологичности сборки, устойчивости к механическим воздействиям;
 - 4) обеспечить удобство регулировки подстроечных элементов, удобство замены подбираемых элементов (на принципиальной схеме они обозначены 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.).

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 (длиной до 200 мм) рекомендуется выбирать толщину 1,5 мм.

В качестве материала для плат 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» — марка материала; «1» — число сторон; «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: 2,5, 1,25, 0,625, 0,5 мм. При использовании импортных элементов допускается применять сетку со значением шага из дюймового ряда: 2,54, 1,27, 0,635 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 более 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 располагают отверстие, принятое за базовое (центральное или отверстие под вывод номер 1), а координаты других отверстий указывают 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 многовыводного элемента должна отличаться от формы остальных площадок. Рекомендуются следующие диаметры отверстий и минимальные диаметры контактных площадок (таблица 2.4).

Таблица 2.4 — Рекомендуемые диаметры отверстий и 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

Для контактных площадок другой формы следует ориентироваться на площади круглых контактных площадок, указанных в таблице 2.4.

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

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

Пример 4. Расчёт минимальной ширины проводника b для тока $I = 0,5 \text{ А}$ 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 расчётной.

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. Рассчитаем минимально необходимую ширину зазора z для напряжения питания $E = 40$ В:

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

При малой ширине зазора трудно избежать замыканий между проводниками при изготовлении плат, поэтому не рекомендуется без необходимости применять зазоры менее 0,4 мм.

2.5. Требования к разделу «Выбор системы амортизации»

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

Необходимо выбрать число, тип, типономинал и места расположения амортизаторов по рекомендованной методике [3] (см. также приложение Г).

Расчётное значение допустимого ускорения $a_{\text{доп}}$ выбирается по результатам анализа элементной базы, выполненного в разделе 1 пояснительной записки, в 1,2—1,5 раза меньшим, чем допустимое ускорение наименее вибростойкого элемента.

Для достижения учебной цели данного проекта следует полагать, что масса блока равна 3 кг.

2.6. Требования к разделу «Расчёт показателей надежности»

2.6.1. Оценка коэффициентов электрической нагрузки элементов

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

ность для транзисторов), то выбирается наибольшее из расчётных значений коэффициентов нагрузки.

Для мощных транзисторов и резисторов, электрические режимы которых можно рассчитать по заданным питающим напряжениям и мощностям, следует выполнить оценочный расчёт K_{hi} . Для остальных элементов следует задаться значениями K_{hi} из рекомендуемых пределов:

- для маломощных резисторов $K_{hi} = 0,3—0,5$;
- для конденсаторов $K_{hi} = 0,5—0,8$;
- для маломощных транзисторов $K_{hi} = 0,6—0,9$;
- для микросхем $K_{hi} = 1,0$.

2.6.2. Выбор распределения рабочих температур элементов

Температуры элементов устанавливаются, исходя из следующих соображений:

- мощные транзисторы имеют температуры, полученные в результате расчёта радиаторов;
- теплонагруженные элементы (силовые трансформаторы, резисторы с повышенной рассеиваемой мощностью) работают при температуре, на $10—20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже своих предельно допустимых температур;
- температура маломощных элементов на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше максимальной температуры окружающей среды.

2.6.3. Расчёт интенсивностей отказов

Интенсивностью отказов называется относительное количество изделий, отказавших за единицу времени, от числа изделий, работоспособных на данный момент наработки.

Наработку изделий обычно выражают в часах, поэтому интенсивность отказов имеет размерность $1 / \text{ч}$ или ч^{-1} .

Расчёт интенсивности отказов элементов каждого типа λ_i выполняют с учетом их электрического и теплового режима по формуле [2]

$$\lambda_i = a_i K_{hi} t_i \lambda_{i0},$$

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} .

Суммарную интенсивность отказов изделия Λ находят с учетом условий эксплуатации:

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

где k_1, k_2 — коэффициенты, учитывающие механические воздействия на неамортизированную аппаратуру;

k_3 — коэффициент, учитывающий влияние влажности и температуры;

k_4 — коэффициент, учитывающий высоту размещения аппаратуры;

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 по справочным данным (приложение Д). Если данные для коэффициента a_i отсутствуют, то его величину следует считать равной единице.

Затем нужно составить таблицу для данных и результатов расчётов (табл. 2.5), с помощью которой определить значение Λ .

Таблица 2.5 — Данные для расчёта интенсивностей отказов (пример оформления)

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

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

По полученным данным следует найти интегральные показатели надёжности:

— среднее время наработки на отказ t_{cp} :

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

— 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 $P(t_{0,9}) = 0,9$:

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

3. ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. Общие положения

Обязательные чертежи и схемы выполняются с соблюдением общих правил ЕСКД, в частности, они должны иметь основную надпись по ГОСТ 2.104-68, конструкторский код и шифр документа (если он предусмотрен стандартом).

При заполнении графы «Наименование» основной надписи сначала пишут наименование детали, узла, изделия, а затем, если необходимо — наименование документа (рис. 3.1).

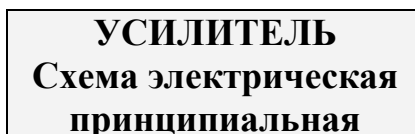


Рис. 3.1 — Пример заполнения графы «Наименование» основной надписи для принципиальной схемы

К схеме электрической принципиальной прилагают перечень элементов, к сборочному чертежу — спецификацию сборочных единиц. Чертеж общего вида должен содержать сведения о составе изделия без составления отдельного документа.

3.2. Нумерация документов

Нумерация документов регламентируется ГОСТ 2.201-80 и Классификатором ЕСКД [4] (приложение Е).

Порядковый номер должен содержать 3 цифры: нуль и 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:

- СРДТ.758711.011 — чертеж печатной платы прямоугольной формы, с односторонним монтажом, шириной до 20 мм, 11-й вариант задания;
- СРДТ.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 выполняют в соответствии с ГОСТ 2.701-84, 2.702-75, 2.710-81 и другими стандартами этой группы [7].

Схема электрическая принципиальная является основным документом, определяющим состав изделия. Это, в частности, означает, что на ней должно быть отражено конструкторское деление схемы:

- условные границы всех печатных плат;
- элементы, вынесенные на шасси, на лицевую и заднюю панели;
- все внутренние и внешние проводники (например, сетевой шнур с вилкой).

Если на лицевой панели предусматриваются шильдики (поясняющие надписи), то их содержание (словесное либо символьное) должно быть нанесено на схему рядом с соответствующими схемными элементами.

Для обозначения границ печатных плат применяют штрих-пунктирные или тонкие сплошные линии, которые могут иметь произвольные изломы под углом 90° . Если выносимые с платы элементы на схеме расположены далеко от границ платы, то допускается их обводить замкнутой линией.

Если электрические соединения элементов на плате с остальными элементами схемы выполнены через контактные точки (лепестки, штыри), то для этих точек применяют обозначение неразъемного (паяного) соединения и нумеруют сквозной нумерацией. Буквенное обозначение контактных точек можно не применять либо использовать обозначение контрольных точек *XN*. Если соединения выполнены через разъемы, то изображение разъема в виде таблицы выполняется вплотную к ограничительной линии внутри контура платы (рис. 3.2).

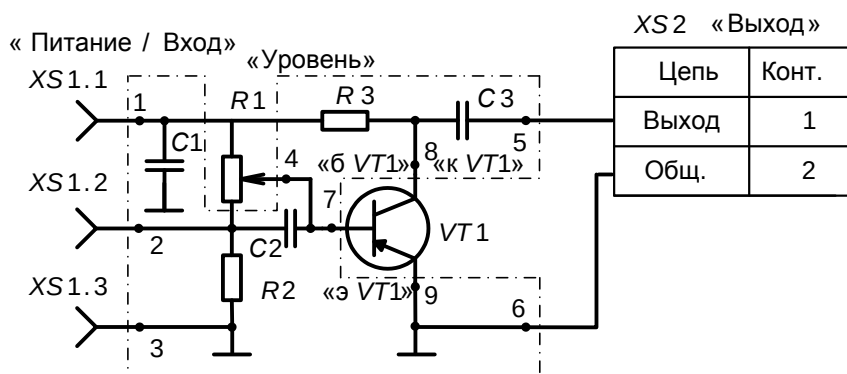


Рис. 3.2 — Пример выполнения принципиальной схемы (фрагмент)

Данный пример имеет следующие особенности:

- часть схемы, относящаяся к печатной плате, обведена штрих-пунктирной линией;

- элементы $R1$, $VT1$ не устанавливаются на плату, они выделены изломами граничной линии;
- контактные точки 3, 6 и 9, хоть и относятся к общей шине, предусмотрены для пайки проводов от вынесенных элементов;
- разъём $XS1$ изображен отдельными контактами (каждый контакт пронумерован), а $XS2$ — в виде таблицы;
- шильдики «Питание / Вход», «Уровень» и «Выход» соответствуют надписям на лицевой панели устройства у соответствующих элементов;
- надписи «к $VT1$ », «б $VT1$ », «э $VT1$ » должны быть нанесены на печатную плату около контактных точек 7, 8, 9 для удобства сборки и обслуживания устройства.

Типы и номиналы элементов допускается указывать на схеме, но только как дополнение к перечню элементов.

Текстовый документ «Перечень элементов» выполняют на стандартных бланках, содержащих сетку таблицы и основную надпись. Заполняют таблицу в порядке букв латинского алфавита, с которых начинается буквенное обозначение элементов (таблица 3.1).

Таблица 3.1 — Перечень элементов (пример оформления)

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
$C1$	Конденсатор К10-7В-33 пФ $\pm 10\%$ -М120	1	
$C2$	Конденсатор К50-35-100 мкФ-50 В	1	
$R1$	Резистор СПЗ-1А-0,25-5,6 кОм $\pm 10\%$	1	
$R2, R3$	Резистор С2-23-0,25 Вт-1 кОм $\pm 10\%$	2	
$XS1, XS2$	Разъём СГ-5	2	

В графе «Поз.» приводят позиционные обозначения элементов.

В графе «Наименование» дают полную классифицирующую информацию (например, для конденсатора $C1$ указаны номинал, группа допуска и группа по ТКЕ, а для конденсатора $C2$ — номинал и рабочее напряжение, так как допуски на номиналы электролитических конденсаторов, как правило, не являются их классификационной характеристикой).

Графа «Кол.» предназначена для указания количества одинаковых элементов.

Графу «Примечание» заполняют при необходимости (например, чтобы выделить элементы собственного изготовления).

3.4. Выполнение чертежа печатной платы и сборочного чертежа печатного узла

3.4.1. Чертёж печатной платы

Поле чертежа должно содержать (рис. 3.3):

- основную надпись по ГОСТ 2.104-68, форма 1;
- виды платы:
 - 1) первый слой монтажа;
 - 2) второй слой монтажа (если монтаж — двусторонний; при одностороннем монтаже не требуется);
 - 3) слой маркировки (со стороны установки элементов);
 - 4) второй слой маркировки (если предусмотрена дополнительная маркировка со стороны пайки выводов элементов);
 - 5) с торца;
- указание общей шероховатости (в правом верхнем углу);
- текстовую часть (технологические указания).

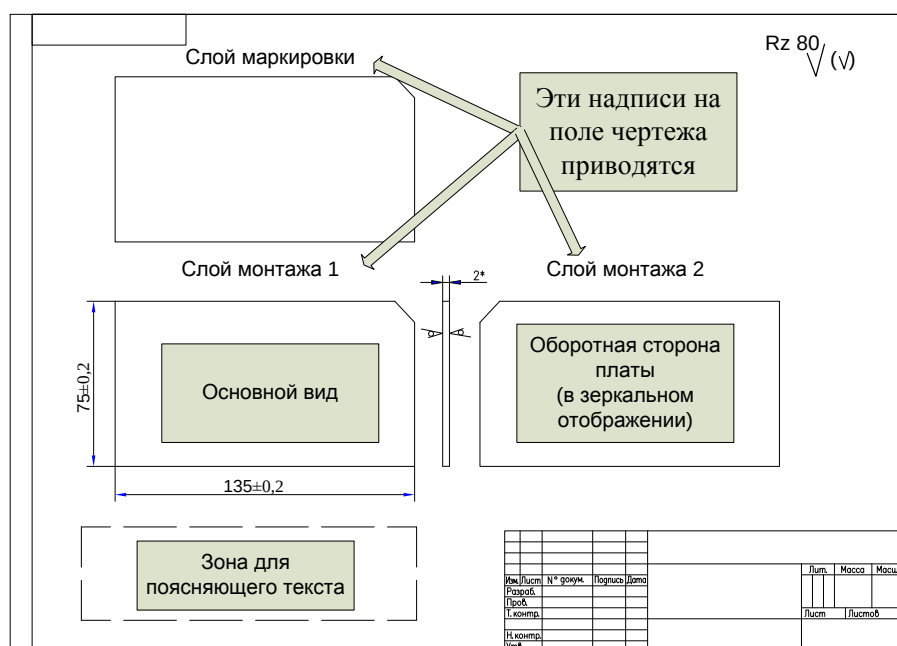


Рис. 3.3 — Пример размещения видов на чертеже печатной платы

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

В основной надписи приводят конструкторский код чертежа, который определяется по классификатору ГОСТ 2.201-80 на изделие «Платы с печатным монтажом» (класс 75) [4]. Наименование изделия в целом не приводят, пишут только **название детали**: «Плата печатная». Указывают масштаб изображения и марку материала (рис. 3.4).

					СРДТ.758721.001				
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Плата печатная	Литера		Масса	Масштаб
Разработал									2:1
Проверил									
Т.контр.									
					Лист		Листов		
Н.конт.					Стеклотекстолит СФ-2-50-1,5 ГОСТ 10316-70				Гр. ...
Утверд.									

Рис. 3.4 — Пример заполнения основной надписи чертежа печатной платы

Виды платы с печатным монтажом должны содержать координатную сетку, пронумерованную вне поля платы (нумеруются **дискреты**, а не миллиметры!). Допускается проставлять 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 (обычно применяют дополнительные, выносные виды).

Форма платы — прямоугольная (кроме специальных случаев), с ключевым элементом (срезанный угол; вырез; несимметрично расположенные крепежные отверстия и т.п.). Должны быть указаны габаритные размеры с допусками от $\pm 0,2$ мм до $\pm 0,5$ мм, в зависимости от размера (до 200 мм и выше 200 мм). 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 берут 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
	$3,2^{+0,2}$	4	—	нет

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, которая наносится поверх слоя платы, на котором устанавливаются элементы (слой монтажа). Для удобства монтажа и замены элементов часто наносят маркировку и на слой пайки выводов. Маркировка обычно выполняется краской методом шелкографии и содержит контур элемента, его буквенно-цифровое обозначение по схеме или его порядковый номер (например, номер контактной точки для внешних соединений). Краской или невытравленной фольгой могут быть также обозначены:

- 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 его контактной площадки (например, вместо круглой — квадратную).

Шероховатость указывают 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 — Пример текстовой части чертежа печатной платы

Содержание	Пример исполнения
Способ изготовления платы	1. Плату изготовить химическим методом.
Шаг координатной сетки	2. Шаг координатной сетки 2,5 мм.
Способ выполнения проводников	3. Конфигурацию проводников выдерживать по координатной сетке и чертежу с отклонением не более 1,0 мм.
Ширина проводников	4. Проводники показаны условно; ширина 1,0 мм, в узких местах 0,6 мм.
Зазоры между проводниками	5. Расстояние между проводниками не менее 0,8 мм, в узких местах 0,4 мм.
Указания по маркировке	6. Маркировать краской МКЭ серой по ОСТ 4Г0.028.000. Шрифт 3 по НО. 010.007.
Указания по лужению	7. Проводники покрыть сплавом «Розе» ГОСТ 21930-76.
Указания по влагозащитному покрытию	8. Плату покрыть лаком ЭП-730 ГОСТ 20824-81, контактные площадки от покрытия защитить.
Указания по отверстиям и контактным площадкам	[В виде таблицы; пример см. табл. 3.2]
Расшифровка других условных обозначений	* Размер для справок

3.4.2. Сборочный чертеж печатного узла

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.

Шифр изделия определяется по классификатору ЕСКД (Приложение Е). Полный шифр чертежа содержит десятичный и порядковый номера, а также признак сборочного чертежа — буквы «СБ». В основной надписи название изделия должно соответствовать функциональному назначению печатного узла. В той же графе указывается вид документа (рис. 3.5).

					СРДТ.468733.001 СБ					
					Усилитель комбинированный <i>Сборочный чертеж</i>		Литера	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						2:1
Разработал										
Проверил										
Т.контр.							Лист	Листов		
							Гр. ...			
Н.конт.										
Утверд.										

Рис. 3.5 — Пример заполнения основной надписи сборочного чертежа

Основные виды имеют следующие особенности.

Из всех размеров узла 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 «*max*» («не более»). Рекомендуется эти размеры округлять до целых миллиметров в большую сторону.

К установочным размерам относятся, например, диаметры крепежных отверстий и расстояния между ними.

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

Контуры корпусов элементов вычерчивают упрощенно, оставляя только существенные для сборки подробности.

На виде с торца обычно показывают контуры не всех, а только отдельных элементов или деталей (например, радиатора). Торец платы вы-

черчивают линией видимого контура, а габаритные границы со стороны элементов и со стороны выводов обозначают тонкой сплошной или штрихпунктирной линией.

Каждой детали, элементу и сборочной единице, из которых собирается узел на печатном монтаже, присваивается позиционный номер сквозной нумерацией, под которым затем данная единица приводится в спецификации. Это условие является обязательным, так как обеспечивает правильную комплектацию изделия на рабочем месте сборщика.

Позиционные номера указывают над выносными линиями. Для элементов, имеющих позиционные обозначения на принципиальной схеме, можно не указывать эти номера на самом чертеже, они обязательны только в спецификации. В этом случае на контурах ЭРЭ или рядом с ними пишут буквенно-цифровые обозначения по принципиальной схеме, а в текстовой части — 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 руководящий документ.

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

Таблица 3.4 — Пример выполнения указаний на чертеже печатного узла

Содержание	Пример исполнения
Расшифровка условностей.	1. * Размеры для справок. Маркировка элементов показана условно.
Общие требования к сборке.	2. Паять ПОС 61 ГОСТ 21930-76 заземленным паяльником.
Требования к установке элементов.	3. 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...
Указания по покрытию.	4. Покрытие: лак ЭП-730 ГОСТ 20824-81 кроме регулировочного винта элемента R10.
Общие технические требования.	5. Остальные технические требования по ОСТ 4ГО.070.015.

3.4.3. Оформление спецификации

Правила оформления спецификации к сборочному чертежу, в частности, размеры граф сетки таблицы, изложены в ЕСКД: ГОСТ 2.108-96.

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.

В графе названия документа необходимо повторить название изделия, затем, в отдельной строке — вид документа «Спецификация». Шифр документа от шифра чертежа отличается только отсутствием обозначения «СБ» (рис. 3.6).

					СРДТ.468733.001			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					Усилитель комбинированный <i>Спецификация</i>	Лит.	Лист	Листов
Провер.							1	
Реценз.						Гр. ...		
Н. Контр.								
Утв.								

Рис. 3.6 — Пример заполнения основной надписи спецификации

Заполняют таблицу, начиная с раздела «Документация», в котором указывают обозначения (шифры) и наименования:

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

Остальные разделы вводят по мере надобности в следующем порядке:

- «Сборочные единицы» — это узлы, собираемые по отдельным чертежам (например, элементы крепления, состоящие из нескольких деталей);
- «Детали» — это изделия, выполняемые без сборочных операций по отдельным чертежам (например, печатная плата, радиатор);
- «Стандартные изделия», например, винты, гайки и только те ЭРЭ, которые выпускаются по государственным стандартам;
- «Прочие изделия», например, ЭРЭ, выпускаемые по частным техническим условиям, импортные изделия и т. п.;
- «Материалы», например, лакоткань, 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, которые имеют буквенно-цифровые обозначения по принципиальной схеме, эти обозначения обязательно заносятся в графу «Примечание».

Графа «Поз.» заполняется позиционными номерами сборочных единиц, деталей и прочих изделий, даже если эти номера отсутствуют на чер-

теже (см. выше). Не имеют позиционных номеров только документы в разделе «Документация».

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

Для разделов «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». Когда шифр стандарта или технических условий неизвестен (например, для импортных элементов), достаточно привести только сведения, минимально необходимые для приобретения данного изделия (таблица 3.5).

Таблица 3.5 — Спецификация к сборочному чертежу (пример оформления)

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
			СРДТ.468731.001 СБ	Сборочный чертеж		
			СРДТ. 468731.001 ЭЗ	Схема принципиальная		
			СРДТ.468731.001 ПЭЗ	Перечень элементов		
				<u>Детали</u>		
		1	СРДТ.758714.001	Плата печатная	1	
				<u>Прочие изделия</u>		
				Конденсаторы		
		2		К50-35-1000 мкФ-50 В	1	С5
		3		К10-7В-0,033 мкФ ± 10 %	1	С2

3.5. Выполнение чертежа общего вида изделия

Чертёж общего вида изделия (шифр документа «ВО») выполняется либо в двух или трёх проекциях, либо в аксонометрии.

Чертёж должен содержать минимально необходимую информацию о конструктивном исполнении изделия:

- габаритные размеры;
- состав, расположение органов управления и контроля, разъёмов или шнуров питания и внешних сигнальных соединений, предохранителей;
- форма и основные размеры корпуса, элементы (если они есть) или конструктивные решения для обеспечения теплового режима, транспортировки, амортизации, установки на объекте-носителе;
- 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 (рис. 3.7). В ней отображаются:

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

1. Размеры для справок

2. Состав изделия

<i>Поз.</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
1	Антенна	1	
2	Подставка	1	
3	Кронштейн	1	
4	Винт зажимной M10	5	

Рис. 3.7 — Пример выполнения перечня составных частей на чертеже общего вида

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Учебно-методическое пособие по оформлению текстовых работ преподавателей и обучающихся всех форм обучения по всем направлениям и специальностям кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» [Электронный ресурс] / СевГУ; сост. В. Г. Слёзкин. — Севастополь : СевГУ, 2020. — 26 с.
2. Конструирование и технология производства радиоэлектронных средств : учебно-методическое пособие по дисциплине для обучающихся очной и заочной форм обучения направления 11.03.01 — Радиотехника и специальности 11.05.01 — Радиоэлектронные системы и комплексы / СевГУ; сост. В.Г. Слёзкин.— Севастополь: Изд-во СевГУ, 2022. — 102 с.
3. Конструирование и технология производства радиоэлектронных средств : учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине для обучающихся очной и заочной форм обучения направления 11.03.01 Радиотехника и специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы / Севастопольский государственный университет ; сост. В. Г. Слёзкин. — Севастополь : Издательство СевГУ, 2021. — 72 с.
4. Классификатор ЕСКД [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.twirpx.com/files/standards/russian/ok/eskd_classifier/.
5. Парфенов, Е. М. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры / Е. М. Парфенов, А. Е. Камышная, В. М. Усачов. — М. : Радио и связь, 1989. — 272 с.
6. Горобец, А.И. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы) / А. И. Горобец, А. И. Степаненко, В. М. Коронкевич. — Киев : Техника, 1985. — 312 с.
7. Усатенко, С. Т. Графическое изображение электрорадиосхем : справочник / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк, М. В. Терехова. — Киев : Техника, 1986. — 113 с.
8. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА / Под ред. К. Б. Круковского-Синевича, Ю. Л. Мазора. — Киев : Вища школа, 1992. — 494 с.
9. Муромцев, Д. Ю. Конструирование узлов и устройств электронных средств : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов. — Ростов н/Д : Феникс, 2013. — 540 с.

Приложение А
Образец титульного листа пояснительной записки

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ «Севастопольский государственный университет»
Кафедра «Радиоэлектронные системы и технологии»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине
«Конструирование и технология производства РЭС»

Выполнил: студент гр. ...

Фамилия И. О.

Задание № ...

Проверил: _____

Севастополь — 20....

Приложение Б

Рекомендуемая методика расчёта радиаторов

Б.1. Исходные данные

Исходными данными для расчёта являются:

- рассеиваемая мощность P (если на радиатор планируется установить два транзистора, то суммарная рассеиваемая мощность);
- максимально допустимая температура транзистора $T_{\text{доп}}$ (задается с запасом от $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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).

Расчёт проводим по упрощенной инженерной методике, основанной на знании характеристик конкретных радиаторов: ребристого и плоского.

Б.1.1. Известный ребристый радиатор

Площадь основания $S_{\text{осн}}$

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

где a — ширина,
 b — длина (по ребру).

Площадь двусторонних ребер $S_{\text{рб}}$

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

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 расчёт радиатора

Б.2.1. Выбор радиатора

Пробуем обеспечить тепловой режим плоским радиатором. Для этого:

- выполняем расчёт 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 вы-

бранного корпуса, то останавливаемся на этом решении; если размеры слишком велики, то применяем ребристый радиатор.

В случае применения ребристого радиатора:

- выполняем его расчёт 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 расчёта 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

$$R_{\text{к}} = \frac{150}{S_{\text{к}}},$$

где $S_{\text{к}}$ — площадь контакта в мм^2 .

3) Определяем требуемое значение теплового сопротивления радиатора

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

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 $R_{\text{тр}}$.

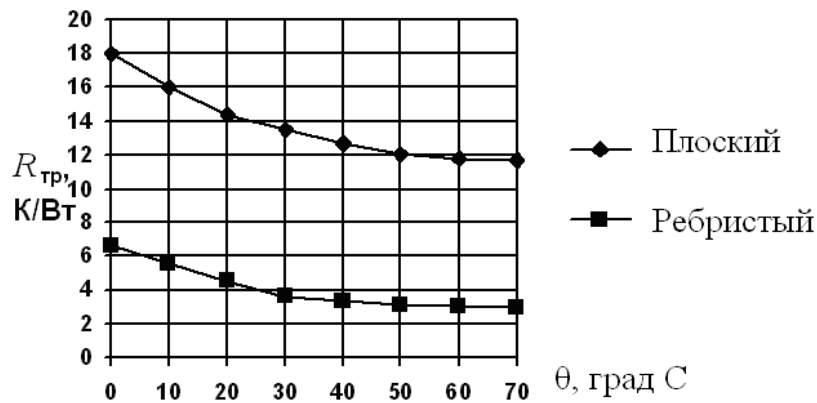


Рис. Б.1 — Зависимости теплового сопротивления радиаторов от перегрева

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

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

Приложение В

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, разъём). Второй размер определяется по расчётной площади и базовому размеру.

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

Корпуса имеют форму прямоугольного параллелепипеда (рис. В.1) и определенные размеры (табл. В.2).

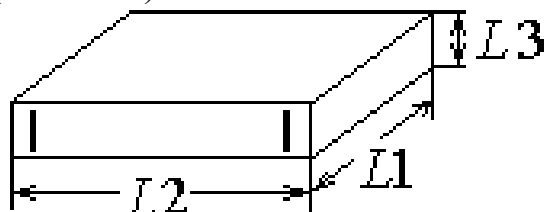


Рисунок В.1 — Размеры корпусов по ОСТ В4.410.025-84

Таблица В.2 — Геометрические параметры корпусов

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

Примечания.

1. Каркас «тип 1»: ячейки вставляются в окно лицевой панели.
2. 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

Ячейки имеют лицевую планку и каркас в виде рамки (рис. В.2, табл. В.3).

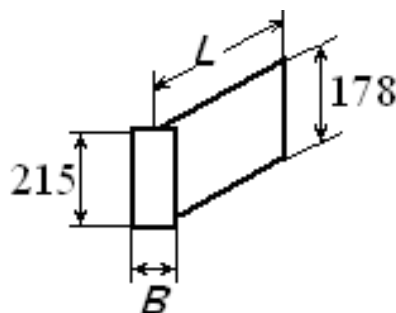


Рисунок В.2 — Внешний вид каркаса ячейки по ОСТ В4.410.025-84

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

Шифр несущей конструкции ячеек: «6.186.106».

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

Блоки имеют форму прямоугольного параллелепипеда с двумя фиксированными размерами (рис. В.3, табл. В.4).

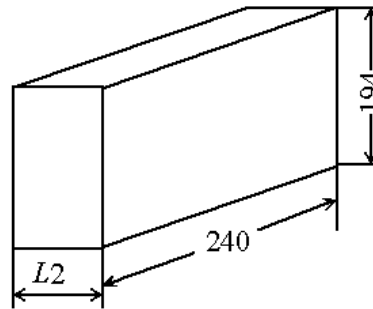


Рисунок В.3 — Основные размеры корпусов по ГОСТ 26765.16-87

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

Методика выбора системы амортизации

Г.1. Исходные данные

Исходными данными для расчёта 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. Порядок расчёта

Расчёт 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 расчёта выбираем одно значение $a_{\text{осн}}$, соответствующее наихудшему случаю.

- 2) Определяем требуемое значение коэффициента виброизоляции η_v

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

- 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 (конкретную строку в справочной таблице) на данном этапе невозможно.

Наиболее неблагоприятными температурными условиями являются низкие температуры, так как 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,	Коэффициент жесткости,	Коэффициент демпфирования	Среднее значение собственной частоты ²⁾ , Гц	Диапазон рабочих температур, °C
	Н	Н/мм			
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 °C	13	
АП-2-2,7	27	17,2	0,1 при	13	
АП-2-4,5	45	28,6	−60 °C	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 °C	10	
АД-3	15...30	6,4	0,5 при	9	
АД-4	30...51	13	−60 °C	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 (рис. Г.1), используя «наихудшее» для выбранного типа амортизаторов значение D

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

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

f_0 — собственная частота механической колебательной системы.

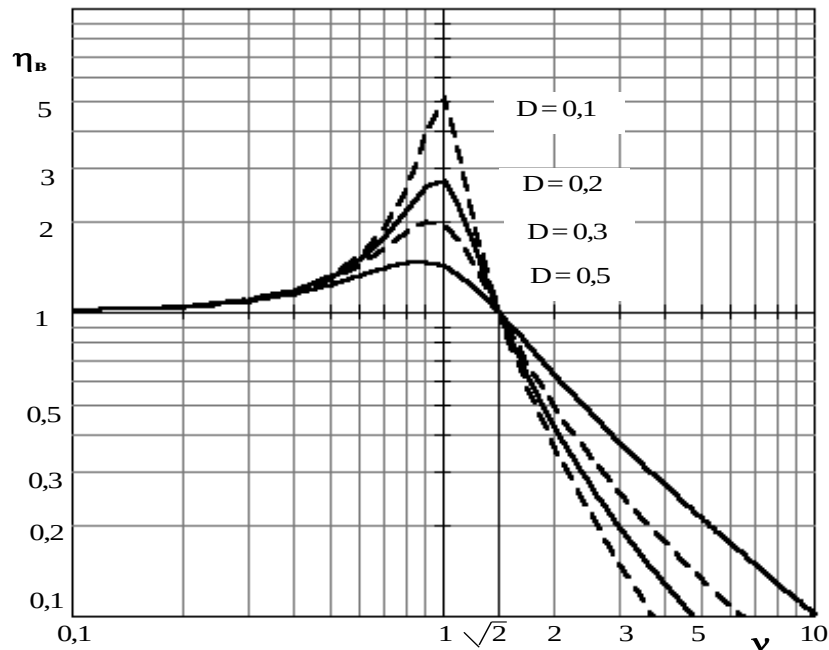


Рис. Г.1 — Зависимости коэффициента виброизоляции от частоты вибрации для различных значений коэффициента демпфирования

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: расчётные нагрузки должны находиться примерно посредине допустимого диапазона.

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

$$z_{стj} = \frac{P_j}{k_z},$$

где k_z — коэффициент жесткости выбранных амортизаторов, 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 (Г.1) или определяем достигнутое значение коэффициента виброизоляции $\eta_{ва}$ по графику (см. рис. Г.1). Если достигнутое значение $\eta_{ва}$ меньше требуемого или превышает требуемое значение η_v не более чем на 30 %, то выбор считаем удовлетворительным. В противном случае, по возможности, подбираем иные типоразмеры амортизаторов и повторяем действия по п.7 — 10.

Приложение Д

Справочные данные к расчёту 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_1k_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
от 60 до 70	20—40	1,0
от 70 до 90	20—25	2,0
от 90 до 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 — Средние значения интенсивностей отказов некоторых элементов

Наименование	$\lambda_{i0} 10^6, \text{ 1/ч}$	Наименование	$\lambda_{i0} 10^6, \text{ 1/ч}$
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	Разъёмы 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.5 — Поправочные коэффициенты $a_i(t_i, K_{hi})$

Наименование	t_i , °C	Коэффициент нагрузки K_{hi}					
		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, дроссели	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
Полупроводниковые 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	—	—
Полупроводниковые 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

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 действует ГОСТ 2.201-80. Согласно этому стандарту обозначение документа должно иметь следующий вид (рис. Е.1). На рисунке приняты обозначения:

- А — буква;
- Н — цифра;
- С — символ (буква или цифра);
- [] — необязательный элемент.

АААА.	НННННН.	ННН.	[ССС]
Код организации-разработчика (4 буквы)	Классификационная характеристика (6 цифр)	Порядковый регистрационный номер (3 цифры)	Код документа (2 — 3 буквы или цифры)

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

Код организации-разработчика присваивается Госстандартом РФ. Для документов ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» следует использовать код **СРДТ**.

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

Н ₁ Н ₂	Н ₃	Н ₄	Н ₅	Н ₆
Класс	Подкласс	Группа	Подгруппа	Вид

Рис. 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** [4].

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 от 71 до 76.

Плата печатная до монтажа на неё 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 с 28 по 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**.