



**КОНСТРУИРОВАНИЕ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
УСТРОЙСТВ**

**ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

Библиотека БГУИР

МИНСК 2005

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВЫСШИЙ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

ПОДЛЕЖИТ ВОЗВРАТУ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
В.И. Федосенко
« » февраля 2005 г.

КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

*Программа, методические указания и контрольные задания
для студентов безотрывной формы обучения
специальности 1-08 01 01 «Профессиональное обучение»
специализации 1-08 01 01-02 «Радиоэлектроника»*

МИНСК 2005

УДК 621.396.6(075)
ББК 32.844
К65

Рекомендовано к изданию кафедрой радиоэлектроники и
Научно-методическим советом Учреждения образования «Мин-
ский государственный высший радиотехнический колледж»

Составители:

Н.И. Василевская, преподаватель МГВРК
О.Н. Образцова, доцент кафедры радиоэлектроники МГВРК,
канд. техн. наук

Рецензент

заведующий кафедрой РЭС БГУИР, канд. техн. наук, про-
фессор **Н.С. Образцов**

Конструирование радиоэлектронных устройств: про-
грамма, метод. указания и контрольные задания для студен-
тов безотрывной формы обучения специальности 1-08 01 01
«Профессиональное обучение» специализации 1-08 01 01-02
«Радиоэлектроника» / сост. Н.И. Василевская, О.Н. Образ-
цова. – Мн.: МГВРК, 2005. – 40 с.

Содержит учебную программу дисциплины, общие мето-
дические указания по изучению разделов и тем, указания по вы-
полнению и оформлению контрольной работы, вопросы для са-
моконтроля, варианты контрольной работы и список рекомендо-
ванной литературы.

Предназначено для студентов и преподавателей колледжа.

УДК 621.396.6(075)
ББК 32.844

© Василевская Н.И., Образцова О.Н.,
составление, 2005
© Оформление. Учреждение образо-
вания «Минский государственный
высший радиотехнический кол-
ледж», 2005

Введение

Программа дисциплины «Конструирование РЭУ» предусматривает изучение конструкций РЭА, методик конструирования РЭА и возможностей обеспечения высокого уровня технических и эксплуатационных характеристик радиоаппаратуры.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

иметь представление:

- о методах конструирования;
- конструктивной иерархии РЭА;
- системном подходе к конструированию РЭА;
- методах активизации технического творчества;
- об основных научных и практических достижениях в области проектирования и производства РЭА;

знать:

- особенности конструкций РЭА различного назначения;
- правила оформления текстовых и графических конструкторских документов;
- элементную и конструктивную базу, применяемую в РЭА;
- методы обеспечения нормального теплового режима работы РЭА, обеспечения эргономичности и эстетичности РЭА, влагозащиты РЭА, помехозащищенности РЭА, защиты РЭА от воздействия механических дестабилизирующих факторов;

уметь:

- пользоваться методиками конструкторских расчетов;
- проектировать РЭА на основе печатного монтажа в соответствии с требованиями ТЗ;
- работать с технической документацией, литературой и справочными материалами;
- самостоятельно выбирать те или иные конструктивные решения.

Для успешного изучения данной дисциплины студентам необходимо иметь знания по таким курсам, как «Теоретические основы конструирования, технологии и надежности», «Электрорадиоэлементы и устройства функциональной электроники», «Конструирование ИМС», «Материаловедение», «Инженерная графика».

1. Учебная программа

1.1. Примерный тематический план

Т а б л и ц а 1

Наименование раздела	Количество часов					
	Всего	В том числе		По безотрывной форме обучения		
		ЛР	ПЗ	Теория	ЛР	ПЗ
Введение	2	–	–	–	–	–
Раздел 1. Конструкторская документация РЭС	18	–	4	2	–	4
Раздел 2. Структура и классификация конструкций РЭС. Требования, предъявляемые к конструкциям РЭС	4	–	–	2	–	–
Раздел 3. Теплообмен в конструкциях РЭС и расчет теплового режима	24	14	–	–	4	–
Раздел 4. Защита РЭС от механических воздействий	10	4	–	–	–	–
Раздел 5. Защита РЭС от дестабилизирующего влияния влаги	4	–	–	–	–	–
Раздел 6. Электромагнитная совместимость и экранирование	4	–	–	–	–	–
Раздел 7. Внешнее конструирование РЭС	10	–	2	4	–	–
Раздел 8. Компоновка РЭС	10	–	–	–	–	–
Раздел 9. Основы проектирования печатного монтажа	30	–	12	4	–	4
Раздел 10. Требования, предъявляемые к конструкциям РЭС с учетом назначения и объекта установки	8	–	–	–	–	–
Всего	124	18	18	12	4	8

1.2. Содержание дисциплины

Введение

Предмет, цель и содержание курса «Конструирование РЭУ». Понятия «РЭС», «конструирование». Результат конструирования. *Литература* [13, с. 5 – 8].

РАЗДЕЛ 1. Конструкторская документация РЭС

Назначение и обозначение стандартов ЕСКД. Понятие «изделие». Виды изделий: деталь, сборочная единица, комплект, комплект. Обозначение изделий – 2 часа.

Литература [13, с. 5], [21, с. 37 – 40], [22], [23].

Виды и комплектность конструкторских документов. Обозначение основных и неосновных конструкторских документов. Коды конструкторских документов. Виды и типы схем – 2 часа.

Литература [21, с. 42 – 54], [24], [30].

Общие требования к оформлению текстовых документов, содержащих в основном сплошной текст. Построение текста документа. Оформление и нумерация формул, иллюстраций, таблиц, приложений в текстовых документах, содержащих в основном сплошной текст – 2 часа.

Литература [5], [25].

Общие требования к оформлению текстовых документов, содержащих текст, разбитый на графы. Оформление спецификации – 2 часа.

Литература [26].

Оформление схемы электрической принципиальной. Условные графические обозначения элементов. Порядок нанесения позиционных обозначений элементов – 2 часа.

Литература [15, с. 13 – 17, 21 – 31], [18, с. 332 – 343], [31], [32], [33].

Оформление перечня элементов. Порядок записи элементов в перечень – 2 часа.

Литература [15, с. 18 – 20], [18, с. 344 – 345].

Групповые и базовые конструкторские документы, их назначение и обозначение – 2 часа.

Литература [18, с. 127 – 135], [28].

Методические указания

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – система Государственных стандартов, которые устанавливают правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой предприятиями и организациями стран-членов Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации. Применение ЕСКД при разработке того или иного вида продукции обеспечивает: возможность обмена конструкторскими документами между различными предприятиями; сокращение типов и упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектирования; механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в них информации.

ГОСТ 2.101-68 [23] устанавливает следующее определение изделия: *изделием* называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Необходимо изучить понятия: видов изделий – детали, сборочной единицы, комплекса, комплекта; комплектности конструкторских документов – основного конструкторского документа, основного комплекта конструкторских документов, полного комплекта конструкторских документов и структуру обозначения изделия и его основного и неосновных конструкторских документов, коды неосновных конструкторских документов. Следует знать, что *основным конструкторским документом детали является чертеж детали, основным конструкторским документом сборочной единицы, комплекса или комплекта – спецификация*.

Вопросы оформления текстовых документов, содержащих в основном сплошной текст, текстовых документов, разбитых на графы (спецификации, перечня элементов), и схемной документации изложены в соответствующих стандартах [25], [26], [30 – 33]. Кроме того, для изучения этих вопросов можно воспользоваться методическими пособиями [6], [10].

Групповые и базовые конструкторские документы [18], [28] содержат данные о двух и более изделиях, обладающих общими конструктивными признаками при некоторых различиях между собой. Необходимо изучить понятие «исполнение», порядок указания в документах постоянных и переменных данных, обозначение исполнений и их конструкторских документов.

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Понятия «радиоэлектронное устройство» и «конструирование».
2. Виды изделий.
3. Виды и комплектность конструкторских документов.
4. Обозначение конструкторских документов. Обозначение схем.
5. Требования к оформлению конструкторских документов, содержащих сплошной текст.
6. Правила оформления спецификации.
7. Правила оформления схемы электрической принципиальной.
8. Правила оформления перечня элементов.
9. Групповые и базовые конструкторские документы.

РАЗДЕЛ 2. Структура и классификация конструкций РЭС. Требования, предъявляемые к конструкциям РЭС

Поколения РЭА, их элементная и конструктивная база. Иерархические уровни РЭА. Понятия «ячейка» и «типовой элемент замены». Требования, предъявляемые к конструкциям РЭС с учетом внешней среды, человека-оператора, объекта установки, автоматизированного проектирования и производства, поддержания уровня надежности при эксплуатации, экономических показателей, патентно-правовых требований. – 2 часа.

Литература [4, с. 51 – 55], [13, с. 14 – 23], [16, с. 10 – 13], [17, с. 68 – 73].

Классификация внешних дестабилизирующих факторов, влияющих на конструкцию РЭА: климатические, механические, биологические, радиационные дестабилизирующие факторы. Влияние климатических, биологических и радиационных факторов. – 2 часа.

Литература [17, с. 5 – 11], [35].

Методические указания

При изучении этого раздела необходимо рассмотреть историю развития РЭА, деление ее на поколения, присущую каждому поколению элементную и конструктивную базы.

Конструкцию РЭА можно рассматривать как систему, составные части которой находятся в иерархической соподчинен-

ности. В конструкции РЭА выделяют пять иерархических уровней. Конструктивные единицы низших иерархических уровней электрически и механически соединяются в конструктивные единицы высшего иерархического уровня. Иерархические уровни РЭА можно представить в виде следующей схемы (рис. 1):

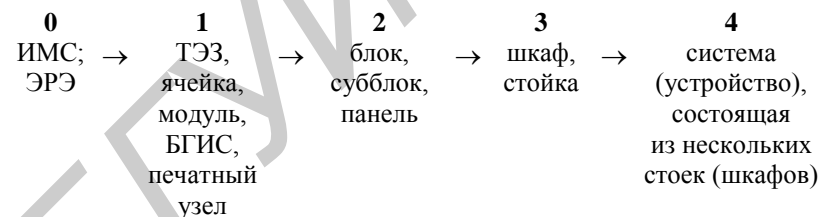


Рис. 1. Иерархические уровни РЭА

Необходимо изучить определения и особенности проектирования конструктивных единиц всех иерархических уровней.

К конструкции РЭС предъявляется комплекс требований: конструкторские, технологические, эксплуатационные (в частности, объект установки, уровень внешних дестабилизирующих факторов), экономические требования и т.д. Следует рассмотреть содержание этих требований. Значения климатических факторов, воздействующих на РЭС, в зависимости от климатической зоны и категории размещения регламентируются ГОСТ 15150-69.

Сущность системного подхода при конструировании современных РЭС заключается в том, что отыскивается оптимальное решение при одновременном учете нескольких различных групп факторов. При этом структура РЭС, его конструкция и технология изготовления рассматриваются с точки зрения оптимальности всей системы.

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Поколения РЭА, их элементная и конструктивная база.
2. Иерархические уровни конструкций РЭА.
3. Комплекс требований, предъявляемых к РЭА.
4. Классификация внешних факторов, воздействующих на РЭА.
5. Воздействие радиационных факторов на работоспособность РЭА.
6. Влияние биологических факторов на работоспособность РЭА.

РАЗДЕЛ 3. Теплообмен в конструкциях РЭС и расчет теплового режима

Способы передачи тепла: теплопроводность, конвекция, излучение – 2 часа.

Литература [21, с. 429 – 436].

Системы обеспечения нормального теплового режима работы РЭА. Естественное воздушное охлаждение. Принудительное воздушное охлаждение. Жидкостное охлаждение. Испарительно-конденсационное охлаждение – 2 часа.

Литература [21, с. 428 – 436].

Модели блока РЭА для расчета теплового режима: метод нагретой зоны – 2 часа.

Литература [1, с. 5 – 7], [9, с. 6 – 13].

Тепловой расчет блока РЭА герметичной конструкции. Тепловой расчет блока РЭА в перфорированном корпусе – 2 часа.

Литература [1, с. 6 – 15], [9, с. 20 – 24].

Обеспечение нормального теплового режима мощных полупроводниковых приборов. Радиаторы. Конструкции радиаторов – 2 часа.

Литература [1, с. 20 – 26], [9, с. 62 – 92], [21, с. 445 – 447].

Методические указания

В процессе производства, хранения и эксплуатации РЭА может подвергаться воздействию положительных и отрицательных температур, обусловленных влиянием окружающей среды, объекта установки и тепловыделения самого РЭС. Понижение температуры оказывает отрицательное влияние на работу электромеханических устройств, сгущение смазочных веществ и на изменение параметров электрорадиоэлементов. Однако, гораздо чаще конструктору необходимо решать проблему защиты РЭС от повышенных температур, так как каждое РЭС является источником рассеиваемой энергии. Для блоков РЭС с воздушным охлаждением при изменении температуры от 40 до 70 °С интенсивность отказов увеличивается в 2 – 6 раз.

При изучении данного раздела следует обратить внимание на следующие вопросы:

- способы отвода тепла от нагретого тела: конвекция, теплопроводность (кондукция), излучение; зависимость вклада каждой из этих составляющих в теплоотвод в различных условиях эксплуатации, в частности, в высокогорных и космических условиях;
- обзор систем обеспечения теплового режима (СОТР), их преимущества и недостатки, выбор СОТР;
- понятия естественного и принудительного охлаждения;
- модели блоков РЭА для расчета теплового режима, выделение нагретых зон;
- методы расчета теплового режима блока РЭА герметичной конструкции и блока РЭА в перфорированном корпусе;
- обеспечение нормального теплового режима мощных полупроводниковых приборов путем их установки на радиаторы; конструкции радиаторов, установка приборов на радиаторы.

При рассмотрении вопроса о расчете радиатора для полупроводникового прибора необходимо принимать во внимание режим его работы. Если мощный полупроводниковый прибор работает в импульсном режиме, то рассеиваемая им мощность намного меньше максимальной мощности, и вполне вероятно, что радиатор для него не понадобится.

Контрольные вопросы к разделу 3

1. Способы передачи тепла.
2. Системы обеспечения теплового режима РЭС.
3. Представление температурного поля радиоэлектронного аппарата в соответствии с методом нагретой зоны.
4. Расчет теплового режима блока РЭА герметичной конструкции.
5. Расчет теплового режима блока РЭА в перфорированном корпусе.
6. Конструкции радиаторов.

РАЗДЕЛ 4. Защита РЭС от механических воздействий

Классификация механических воздействий: вибрации, удары, линейные ускорения, акустический удар, воздействие невесоности. Их влияние на работоспособность РЭА. Понятия прочности и устойчивости к воздействию механических факторов – 2 часа.

Литература [8, с. 4, 23 – 28], [13, с. 222 – 226].

Способы виброзащиты РЭА, их классификация, конструктивные решения: повышение жесткости конструкции, демпфирование, применение амортизаторов – 2 часа.

Литература [8, с. 28 – 31], [13, с. 227 – 255].

Модели конструктивных элементов РЭА для расчета собственных частот. Расчет собственной частоты печатной платы. Собственная частота блока РЭА, закрепленного на виброизоляторах – 2 часа.

Литература [8, с. 15 – 20], [17, с. 308 – 312].

Защита РЭА от ударов. Защита РЭА при транспортировании. Требования к выбору виброизоляторов (амортизаторов) при условии воздействия на защищаемую РЭА вибраций и ударов – 2 часа.

Литература [8, с. 39 – 43], [21, с. 418 – 419].

Методические указания

При изучении данного раздела необходимо обратить внимание на классификацию механических воздействий, присущий им характер повреждений РЭА. Среди механических факторов, воздействующих на наземную РЭА, при равной амплитуде ускорения наиболее опасными являются вибрации. Поэтому обычно рассматривают меры защиты от вибраций (меры виброзащиты). Их удобно классифицировать и наглядно представить, если использовать зависимость коэффициента динамичности μ от частоты и показать взаимное положение собственной частоты f_0 элемента или блока РЭА по отношению к диапазону воздействующих вибраций $f_H - f_B$. (рис. 2).

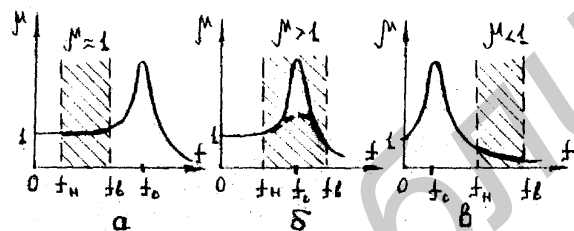


Рис. 2. Способы виброзащиты

- а) – увеличение жесткости конструктивных элементов (увеличение f_0);
- б) – использование конструктивных элементов с увеличенной степенью демпфирования;
- в) – использование виброизоляторов

Коэффициент динамичности μ представляет собой отношение амплитуды колебаний блока или центра печатной платы A к амплитуде колебаний основания или точек закрепления платы A_0 :

$$\mu = \frac{A}{A_0}.$$

Следует изучить конструктивные решения, соответствующие каждому из способов виброзащиты. Необходимо обратить внимание на то, что термин «виброизолятор» эквивалентен ранее широко использовавшемуся термину «амортизатор». Амплитуда колебаний конструкции многократно увеличивается при резонансе – совпадении собственной частоты конструктивных элементов и частоты внешних вынуждающих колебаний. Поэтому существует необходимость определения собственных частот элементов и блоков РЭА и изучения соответствующих моделей и расчетных методик.

Различают понятия «прочность к воздействию механических факторов» и «устойчивость к воздействию механических факторов». *Прочность к воздействию механических факторов* – это способность изделия выполнять свои функции и сохранять свои параметры в пределах норм, установленных в стандартах, после воздействия механических факторов. *Устойчивость к воздействию механических факторов* – это способность изделия выполнять свои функции и сохранять свои параметры в пределах норм, установленных в стандартах во время воздействия механических факторов. И если к носимой, возимой, самолетной, вертолетной РЭА предъявляются достаточно жесткие требования как по прочности, так и по устойчивости к воздействию механических факторов, то предъявлять такие же требования к стационарной и переносной аппаратуре нецелесообразно. Для защиты стационарной и переносной аппаратуры от механических воздействий при транспортировании служит упаковка.

Контрольные вопросы к разделу 4

1. Классификация механических воздействий. Их влияние на работоспособность РЭС.
2. Понятия «прочность к воздействию механических факторов» и «устойчивость к воздействию механических факторов».
3. Способы виброзащиты РЭС.
4. Расчет собственной частоты печатной платы.

5. Расчет собственной частоты блока РЭС, закрепленного на виброизоляторах.
6. Защита РЭС от ударов.

РАЗДЕЛ 5. Защита РЭС от дестабилизирующего влияния влаги

Воздействие влаги на материалы РЭА. Виды защитных покрытий. – 2 часа.

Литература [13, с. 185 – 190].

Защита РЭА от влаги монолитными и полыми оболочками. Способы получения монолитных оболочек: пропитка, заливка, обволакивание, опрессовка. Герметизация в полых оболочках. – 2 часа.

Литература [9, с. 27 – 41], [13, с. 191 – 221].

Методические указания

При изучении данного раздела следует обратить внимание на характер реакции различных материалов (металлов, диэлектриков, полимеров, слоистых пластиков) на воздействие влаги и изменение характеристик ЭРЭ в результате этого воздействия. Следует рассмотреть классификации методов защиты от воздействия влаги и металлических и лакокрасочных покрытий по различным признакам, конструкции и материалы монолитных и полых оболочек. Следует обратить внимание на понятия «анодное покрытие» и «катодное покрытие», на порядок указания материала покрытия на чертежах деталей, конструкции деталей полых оболочек (герметичных корпусов) РЭА.

Контрольные вопросы к разделу 5

1. Опишите воздействие влаги на различные материалы конструкций РЭС: металлы, диэлектрики, полимеры, слоистые пластики.
2. Покрытия, применяемые в конструкциях РЭС.
3. Защита РЭС от влаги монолитными оболочками.
4. Защита РЭС от влаги полыми оболочками (корпусная герметизация).

РАЗДЕЛ 6. Электромагнитная совместимость и экранирование

Электромагнитная совместимость узлов РЭА. Правила размещения элементов с учетом их взаимного влияния. Развязывающие фильтры – 2 часа.

Литература [13, с. 133 – 142].

Обеспечение электромагнитной совместимости экранированием. Электростатическое экранирование. Электромагнитное экранирование. Магнитостатическое экранирование. Экранное заземление – 2 часа.

Литература [13, с. 142 – 151].

Методические указания

При изучении данного раздела следует ознакомиться с понятием «электромагнитная совместимость», рассмотреть характер электромагнитных помех, возникающих в РЭА.

Меры защиты РЭС от влияния электромагнитных помех можно разделить на схемотехнические и конструктивные. К последним относятся пространственная компоновка элементов устройства с учетом их взаимного влияния и применение экранов. Следует изучить: правила размещения элементов с учетом их электромагнитной совместимости, конструкции различных экранов и характер ослабления ими электромагнитных полей.

Контрольные вопросы к разделу 6

1. Размещение элементов конструкции РЭА с учетом их электромагнитной совместимости.
2. Виды экранирования: электростатическое, магнитостатическое, электромагнитное и экранное заземление.

РАЗДЕЛ 7. Внешнее конструирование РЭС

Эргономические и инженерно-психологические требования, предъявляемые к РЭУ. Понятия «эргономика» и «инженерная психология». РЭА как система «человек-машина». Основные характеристики человека-оператора – 2 часа.

Литература [13, с. 258 – 297].

Проектирование лицевых панелей РЭА. Расчет размеров лицевых панелей и индикаторных устройств. Устройства индикации и управления – 2 часа.

Литература [13, с. 283 – 288].

Расчет светотехнических характеристик индикаторных устройств. Основные требования и рекомендации по компоновке лицевых панелей – 2 часа.

Литература [17, с. 193 – 198].

Методические указания

Данный раздел посвящен вопросам согласования внешнего вида РЭА и характеристик органов управления с характеристиками человека-оператора.

Необходимо обратить внимание на предмет изучения эргономики и инженерной психологии. Следует рассмотреть все виды эргономических показателей конструкции: гигиенические, антропометрические, физиологические и психофизиологические и психологические. Необходимо изучить значения эргономических показателей человека: антропометрических данных (геометрических пропорций тела человека), длин волн, света и звука, воспринимаемых человеком, форму поля зрения, силовые и скоростные возможности рук и т.д. Исходя из этих значений, проектируются лицевые панели блока или шкафа РЭС, рассчитываются габаритные размеры, размеры компонентов, выбираются цветовое решение и яркость активных компонентов. Следует обратить внимание на понятия «прямой контраст» и «обратный контраст».

Контрольные вопросы к разделу 7

1. Понятия «эргономика» и «инженерная психология». Классификация эргономических и инженерно-психологических требований, предъявляемых к РЭС.
2. Основные характеристики человека-оператора в системе «человек-машина».
3. Проектирование лицевых панелей РЭС и их элементов с учетом требований эргономики и инженерной психологии.

РАЗДЕЛ 8. Компоновка РЭС

Способы выполнения компоновочных работ. Аналитические основы геометрической компоновки. Номографическая компоновка. Аппликационная компоновка. Модельная компоновка.

Графическая компоновка. Натурная компоновка. Методы конструирования РЭА. Моносхемный, схемно-узловой, каскадно-узловой, функционально-узловой и модульный методы конструирования – 2 часа.

Литература [2, с. 16 – 43], [17, с. 74 – 75], [21, с. 391 – 398].

Компоновка блоков и стоек. Книжная и кассетная конструкции блоков. Понятие «унификация». Базовые несущие конструкции – 2 часа.

Литература [13, с. 56 – 58], [16, с. 19], [21, с. 369 – 379].

Элементы механического крепления, фиксации. Внутри- и межблочная коммутация – 2 часа.

Литература [21, с. 383 – 390].

Конструкции разъемов и переключателей, применяемых в РЭА – 2 часа.

Литература [4, с. 142 – 144], [13, с. 112 – 115], [21, с. 351 – 362].

Централизованная и децентрализованная компоновки РЭУ четвертого иерархического уровня. Преимущества и недостатки централизованного и децентрализованного размещений РЭА на объекте установки – 2 часа.

Литература [2, с. 166 – 168], [13, с. 398].

Методические указания

Компоновка – размещение в пространстве или на плоскости различных элементов РЭА (ЭРЭ, ИМС, блоков и приборов).

Необходимо изучить понятия «централизованная компоновка» и «децентрализованная компоновка» систем и комплексов РЭС и принципы конструирования: моносхемной, схемно-узловой, каскадно-узловой, функционально-узловой, модульный, элементы внутри- и межблочной коммутации, конструкции разъемов, применяемых в РЭА. Вопросам проектирования наиболее часто применяемых на данном этапе развития РЭА элементов внутриблочной коммутации (печатных плат) посвящен 9-й раздел.

Для уменьшения трудоемкости процесса конструирования РЭС и ограничения номенклатуры деталей корпусов и панелей были разработаны базовые несущие конструкции. Размеры базовых несущих конструкций стандартизированы. Следует изучить несколько систем базовых несущих конструкций и принципы

построения размерных рядов объектов различных иерархических уровней в каждой системе. Следует иметь в виду, что выбор для проектируемого изделия базовых несущих конструкций обуславливает более жесткие по сравнению с изучаемыми в разделе 9 ограничения на размеры, форму печатных плат изделия и элементы внешней коммутации платы.

Контрольные вопросы к разделу 8

1. Способы выполнения компоновочных работ.
2. Методы конструирования.
3. Книжная и кассетная конструкции блоков РЭА.
4. Базовые несущие конструкции.
5. Внутри- и межблочная коммутация.
6. Конструкции разъемов и переключателей, применяемых в РЭС.
7. Централизованная и децентрализованная компоновки систем и комплексов РЭС.
8. Требования к сборочному чертежу блока РЭС.

РАЗДЕЛ 9. Основы проектирования печатного монтажа

Виды монтажа, применяемые в практике конструирования РЭА. Объемный монтаж, тонкопроводной монтаж и печатный монтаж – 2 часа.

Литература [13, с. 90 – 91, 103 – 109].

Печатные платы: общие понятия, классификационные признаки и основные конструкторско-технологические разновидности печатных плат. Элементы печатного монтажа: печатный проводник, печатный элемент, печатная плата, монтажное отверстие, монтажная площадка. Координатная сетка. Классы точности – 2 часа.

Литература [16, с. 215 – 222], [17, с. 108 – 110], [18, с. 193 – 197], [21, с. 302 – 303, 311 – 316], [36].

Материалы для изготовления печатных плат. Многослойные печатные платы – 2 часа.

Литература [13, с. 100 – 103], [16, с. 218 – 222], [18, с. 218 – 221], [21, с. 309 – 311, 316 – 323].

Компоновка ЭРЭ и ИМС на печатной плате. Рекомендуемые размеры печатных плат – 2 часа.

Литература [2, с. 16 – 42, 63 – 75], [18, с. 191 – 193], [34].

Расчет электрических параметров печатных плат. Расчет величины паразитных емкостей и индуктивностей между печатными проводниками – 2 часа.

Литература [17, с. 111 – 118], [21, с. 305 – 309].

Оформление чертежа одно- или двухсторонней печатной платы. Маркировка печатной платы. Типовые технические требования на печатную плату – 2 часа.

Литература [2, с. 70], [18, с. 198 – 199], [29].

Особенности проектирования печатных плат цифровых устройств. Регулярное монтажное пространство – 2 часа.

Литература [4, с. 140 – 145], [17, с. 208 – 230].

Печатный узел. Варианты установки ЭРЭ и ИМС на печатные платы – 2 часа.

Литература [21, с. 328 – 333], [38].

Оформление сборочного чертежа печатного узла. Типовые технические требования на конструкцию печатного узла – 2 часа.

Литература [18, с. 200 – 206], [27].

Методические указания

При изучении данного раздела следует изучить виды монтажа, применяемого в РЭА. Одним из видов монтажа является печатный монтаж.

Печатная плата представляет собой изоляционное основание с системой печатных проводников и контактных площадок, обеспечивающих электрическое соединение элементов цепи. Следует изучить методы изготовления печатных плат, материалы для их изготовления и порядок указания материала на чертеже печатной платы, преимущества и недостатки различных вариантов установки ЭРЭ и ИМС на печатные платы.

Основные нормативные документы, применяемые при проектировании печатных плат, – [34], [36], [38].

Следует изучить правила оформления конструкторской документации печатных плат: чертежа печатной платы, спецификации печатного узла, сборочного чертежа печатного узла.

Правила выполнения чертежей печатных плат регламентируются [29].

Основные требования перечисленных выше стандартов изложены в методическом пособии [10].

Контрольные вопросы к разделу 9

1. Проводной монтаж в РЭС. Марки монтажных проводов, монтаж накруткой.
2. Методы изготовления печатных плат.
3. Классификация печатных плат по количеству проводящих слоев. Материалы для изготовления печатных плат.
4. Классы точности печатных плат, основные параметры печатного рисунка, определяемые классом точности.
5. Маркировка печатной платы.
6. Компоновка ЭРЭ и ИМС на печатных платах. Выбор габаритных размеров печатных плат.
7. Установки ЭРЭ и ИМС на печатные платы.
8. Особенности проектирования печатных плат цифровых устройств, понятие «регулярное монтажное пространство».
9. Расчет электрических параметров печатных плат.
10. Чертеж печатной платы: виды, приводимые на чертеже; состав технических требований; обозначение отверстий и проводников.
11. Способы нанесения размеров; стандартизированные шаги координатной сетки; элементы, принимаемые за начало отсчета координатной сетки, единицы отсчета координатной сетки.
12. Требования к сборочному чертежу печатного узла.

РАЗДЕЛ 10. Требования, предъявляемые к конструкциям РЭС с учетом назначения и объекта установки

Классификация РЭУ по назначению и объекту установки. Особенности проектирования стационарной РЭА. Особенности проектирования возимой РЭА – 2 часа.

Литература [2, с. 206 – 212], [13, с. 334 – 347, 364 – 370].

Особенности проектирования наземной переносной РЭА. Особенности проектирования носимой РЭА – 2 часа.

Литература [2, с. 203 – 206], [13, с. 376 – 398].

Особенности проектирования авиационной РЭА. Особенности проектирования ракетной и космической РЭА – 2 часа.

Литература [2, с. 219 – 231], [13, с. 398 – 405].

Особенности проектирования морской, аварийно-спасательной и буйковой РЭА – 2 часа.

Литература [2, с. 213 – 218], [13, с. 367 – 373].

Методические указания

Данный раздел обобщает знания, полученные в процессе изучения предыдущих девяти. Необходимо проанализировать характер внешних факторов, воздействующих на РЭА различного назначения, требования, предъявляемые к тому или иному классу аппаратуры, выделить особенности конструкции, характерные для каждого класса аппаратуры.

Контрольные вопросы к разделу 10

1. Особенности проектирования стационарной РЭА.
2. Особенности проектирования возимой РЭА.
3. Особенности проектирования наземной переносной РЭА.
4. Особенности проектирования носимой РЭА.
5. Особенности проектирования авиационной РЭА.
6. Особенности проектирования ракетной РЭА.
7. Особенности проектирования космической РЭА.
8. Особенности проектирования морской, аварийно-спасательной и буйковой РЭА.

1.3. Примерный перечень лабораторных и практических занятий

Примерный перечень лабораторных и практических занятий представлен в табл. 2 и 3.

Т а б л и ц а 2

Примерный перечень лабораторных занятий

Тема лабораторного занятия	Количество часов	
	по дневной форме обучения	по безотрывной форме обучения
1. Исследование теплового режима блока РЭА в герметичном корпусе	4	4
2. Исследование теплового режима блока РЭА в перфорированном корпусе	6	–
3. Исследование теплового режима блока РЭА при принудительном воздушном охлаждении	4	–
4. Исследование виброзащиты блока РЭА	4	–
В с е г о	18	4

Т а б л и ц а 3

Примерный перечень практических занятий

Тема практического занятия	Количество часов	
	по дневной форме обучения	по безотрывной форме обучения
1. Оформление схемы электрической принципиальной	2	2
2. Оформление перечня элементов	2	2
3. Расчеты размеров печатной платы и элементов печатного монтажа исходя из схемы электрической принципиальной	2	–
4. Разработка чертежа печатной платы	4	4
5. Разработка сборочного чертежа узла РЭА	2	–
6. Оформление спецификации узла РЭА	2	–
7. Оценка соответствия лицевой панели РЭА требованиям эргономики и технической эстетики	4	–
В с е г о	18	8

1.4. Курсовое проектирование

Курсовой проект по дисциплине «Конструирование РЭУ» является самостоятельной работой студентов, направленной на развитие их творческих способностей, закрепление полученных теоретических знаний и приобретение навыков их применения.

Курсовой проект заключается в разработке конструкции узла или устройства с применением печатного монтажа на уровне технического проекта с включением элементов эскизного проектирования. Разработка конструкции должна сопровождаться необходимыми расчетами.

Курсовой проект должен содержать пояснительную записку, минимальный объем которой – 20 листов, и графическую часть, минимальный объем которой – 2 листа формата А1.

Содержание курсового проекта, графической части, все требования к выполнению и оформлению курсового проекта изложены в [10].

Примерные темы курсовых проектов

1. Замок кодовый электронный.
2. Преобразователь спектра сигналов электрогитары.

3. Устройство зарядное.

2. Вопросы для самоконтроля

1. Задачи дисциплины. Понятия «РЭУ», «конструирование». Результат конструирования.
2. Виды изделий.
3. Виды конструкторских документов.
4. Комплектность конструкторской документации.
5. Обозначение конструкторской документации.
6. Общие требования к оформлению текстовых документов, содержащих сплошной текст.
7. Общие требования к оформлению текстовых документов, содержащих текст, разбитый на графы.
8. Спецификация.
9. Виды и типы схем.
10. Оформление схемы электрической структурной и электрической принципиальной.
11. Перечень элементов.
12. Поколения РЭУ и их элементная база.
13. Иерархические уровни РЭУ.
14. Классификация внешних дестабилизирующих факторов.
15. Воздействия климатических факторов на РЭА.
16. Воздействие биологических факторов на РЭА.
17. Радиационное воздействие на РЭА.
18. Тепловое воздействие на РЭА и способы отвода тепла.
19. Способы обеспечения нормального теплового режима.
20. Модели блоков РЭА для расчета теплового режима.
21. Тепловой расчет РЭА в герметичном корпусе.
22. Тепловой расчет РЭА в перфорированном корпусе.
23. Тепловой расчет мощных элементов РЭА.
24. Радиаторы.
25. Классификация механических воздействий.
26. Способы виброзащиты РЭА.
27. Расчет виброзащиты.
28. Требования к выбору амортизаторов.
29. Воздействие влаги на РЭА.
30. Способы защиты от воздействия влаги.
31. Электромагнитная совместимость РЭА.
32. Экранирование.

33. Проектирование лицевых панелей РЭА.
34. Классификация эргономических и инженерно-психологических требований, предъявляемых к РЭС.
35. Способы выполнения компоновочных работ.
36. Компоновка блоков и стоек. Базовые несущие конструкции.
37. Элементы электрической коммутации, механического крепления и фиксации.
38. Требования к сборочному чертежу блока РЭС.
39. Виды монтажа.
40. Печатный монтаж: общие понятия, классификационные признаки и элементы печатного монтажа.
41. Материалы печатных плат.
42. Размещение элементов на печатной плате.
43. Расчет параметров печатного монтажа.
44. Оформление чертежа печатной платы.
45. Печатный узел и оформление сборочного чертежа печатного узла.
46. Классификация РЭУ по назначению и объекту установки. Особенности проектирования стационарной РЭА.
47. Особенности проектирования носимой РЭА.
48. Особенности проектирования возимой РЭА.
49. Особенности проектирования авиационной РЭА.
50. Особенности проектирования ракетной и космической РЭА.
51. Особенности проектирования морской, аварийно-спасательной и буйковой РЭА.

3. Требования к выполнению и оформлению контрольной работы

Контрольную работу необходимо выполнять строго придерживаясь своего варианта. Номер варианта выбирать по двум последним цифрам шифра зачетной книжки.

Контрольная работа состоит из пяти заданий. Задания 1, 2, 3, 5 должны быть выполнены в тетрадях или на листах писчей бумаги формата А4. Условие каждого задания должно быть выписано, после чего должен быть дан ответ. Ответ должен быть исчерпывающим, приведены все необходимые расчеты, обоснования всех принятых решений. Ответы заданий 1 и 3 должны быть проиллю-

стрированы, рисунки выполнены непосредственно на листах.

При выполнении задания 4 необходимо разместить микросхемы, разъем и другие элементы на плате, вычерченной на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1 или 1:2. Компоновочный эскиз должен быть выполнен чертежными инструментами в полном соответствии с требованиями ЕСКД на миллиметровой бумаге формата А3 с основной надписью по ГОСТ 2.104-68 форма 1. На эскизе должны быть указаны габаритные и установочные размеры печатного узла.

В конце работы приводится список используемой литературы.





4. Методические указания по выполнению контрольной работы

Задание 1

Пользуясь справочниками и каталогами [3], [11], [12], [14] и табл. 4, ознакомьтесь с конструкцией корпуса, массогабаритными характеристиками микросхем и выполните эскизы корпусов с указанием габаритных и установочных размеров.

Т а б л и ц а 4

Типы и подтипы корпусов микросхем

Тип	Подтип	Расположение выводов относительно установочной плоскости	Внешний вид корпуса	Форма проекции тела корпуса на установочную плоскость
1	2	3	4	5
1	11	Перпендикулярное в один ряд		Прямоугольная
	12	Перпендикулярное в два ряда		
	13	Перпендикулярное в три ряда		
	14	Перпендикулярное по контуру прямоугольника		

15	Перпендикулярное в один ряд или отформованные в два ряда		
----	--	--	--

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
2	21	Перпендикулярное в два ряда		Прямоугольная
	22	Перпендикулярное в четыре ряда в шахматном порядке		
3	31	Перпендикулярное по окружности		Круглая
	32	Перпендикулярное по окружности		Овальная
4	41	Параллельное по двум противоположным сторонам		Прямоугольная
	42	Параллельное по четырем сторонам		
	43	Параллельное, отформованное по двум сторонам		
	44	Параллельное, отформованное по четырем сторонам		
	45	Параллельное, отформованное под корпус по четырем сторонам		
5	51	Перпендикулярное для боковых площадок выводов по четырем сторонам		Прямоугольная
	52	Перпендикулярное для боковых площадок выводов по двум сторонам		Квадратная

6	61	Перпендикулярное в несколько рядов		Квадратная
	62	Перпендикулярное в несколько рядов со стороны крышки корпуса		

Задание 2

Анализ и выбор типоразмера печатной платы должен осуществляться на основе использования принципа групповой технологии печатных плат. Компоночный расчет платы выполнить в соответствии с рекомендациями [10], [18].

Задание 3

Зонная структура печатной платы проектируется на начальных этапах конструирования платы. Расчленение платы на зоны ведется с учетом видов компоновки: кассетной, открытой и смешанной (рис. 3).

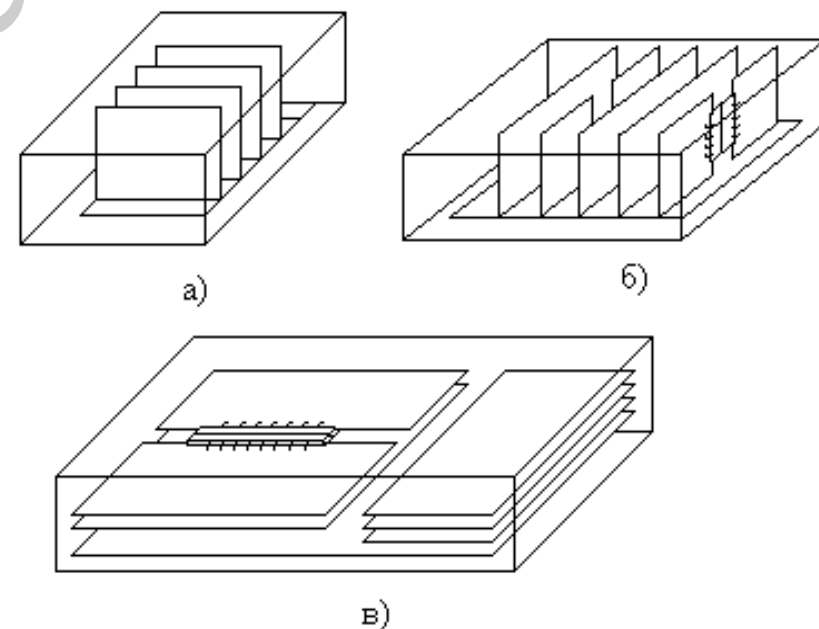


Рис. 3. Возможные компоновочные решения печатных узлов
 а), б) – кассетная;
 в) – открытая.

Зонная структура расчленения площади печатной платы при различных видах компоновки приведена на рис. 4 и 5.

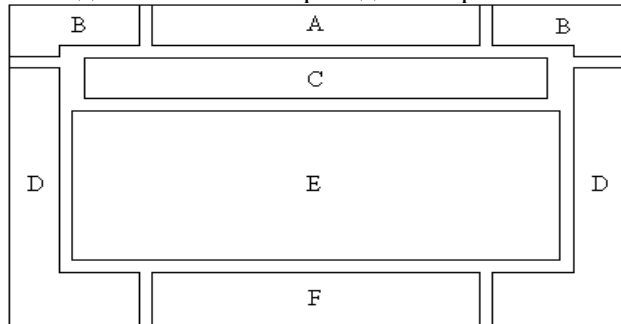


Рис. 4. Зонная структура расчленения площади печатного устройства кассетной компоновки

- A – зона паспорта устройства
- B – зона крепления рычагов
- C – зона элементов контроля и диагностики
- D – зона распределительных шин
- E – зона монтажного поля
- F – зона конечных печатных контактов

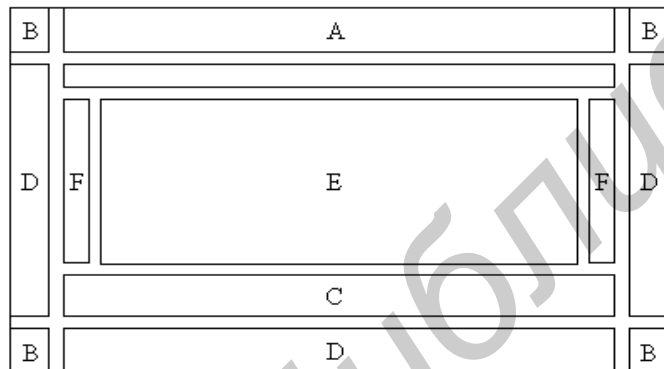


Рис. 5. Зонная структура расчленения площади печатного устройства открытого типа

- B – зона крепления платы
- F – зона выводных контактов

Зона E – зона монтажного пространства. Определяется количеством устанавливаемых элементов и их установочными размерами.

Зона B предназначена для установки рычагов расчленения печатного устройства с соединителем внешних связей и крепления устройства. В общем случае разметка крепления платы зависит от ее размера. Однако для закрепления всех плат используется один типоразмер отверстий диаметром 3,2 мм. Эти отверстия выполняют одновременно роль технологической базы для установки в системе автоматизированной проверки правильности топологии. На рис. 6 – 8 показаны: конструкция рычага, вариант его крепления и разметки платы.

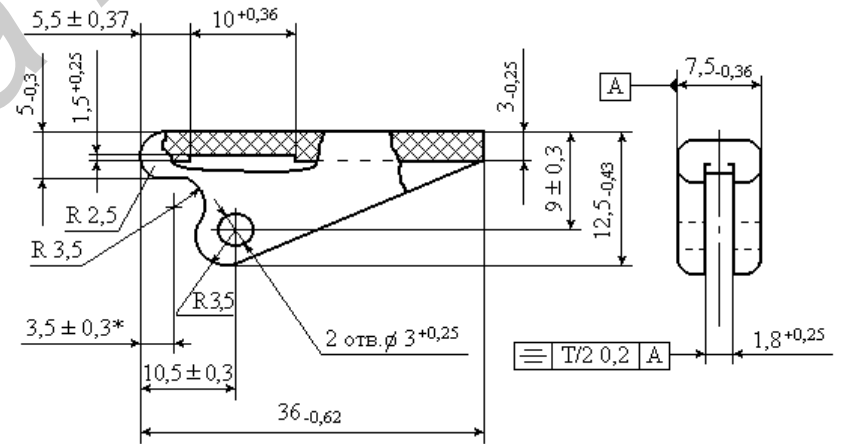
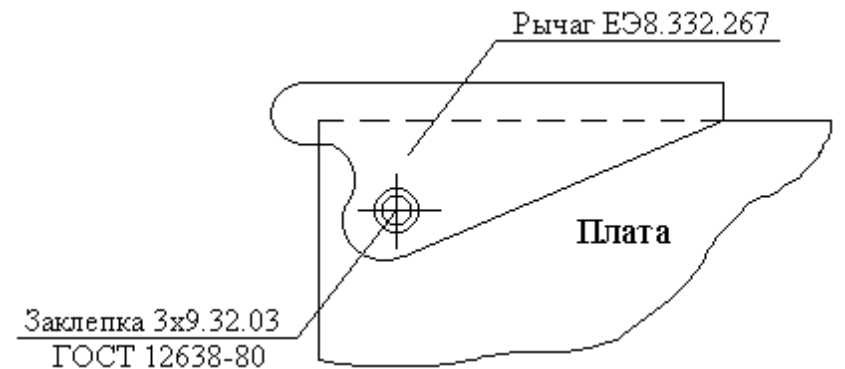


Рис. 6. Рычаг



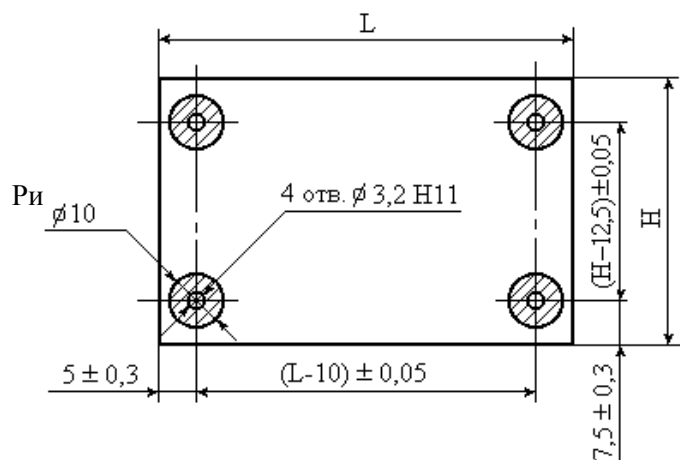


Рис. 8. Разметка для крепления платы

Зона *C* предназначена для установки элементов, конструктивно и электрически обеспечивающих подключение средств диагностики и контроля неисправностей устройств как в составе изделия, так и в процессе самостоятельной проверки и регулировки печатной платы. Такими элементами могут быть: движковые переключатели, перемычки, одиночные и групповые контакты, соединительные панели для подключения проводов объемного или ленточного монтажа.

Зона *D* предназначена для размещения шин «питание-корпус» вокруг монтажного пространства печатной платы. Геометрические размеры и форма шин выполняются печатью. Шины должны быть широкими и короткими, размеры их зависят от габаритных размеров печатной платы, типа соединителя, электрических параметров проектируемого устройства. Подходя в зону *F*, распределительная шина соединяется с крайними выводными контактами. Переход шины в зону монтажного пространства выполняется с помощью печатных проводников. В зоне рас-

пределительной шины выполняются монтажные отверстия диаметром 3,2 мм на расстоянии 7,5 мм от нижнего края печатной платы. Наличие этих отверстий является обязательным, независимо от конструктивного исполнения печатного устройства.

Зона *F* предназначена для организации на плате внешних соединений. Для этой цели могут быть использованы те же контактные штыри и разъемы, которые применяются для средств диагностики в зоне *C*, соединительные головки, металлизированные отверстия, заклепки и стойки для присоединения одиночных проводников, жгутов, ленточных кабелей, соединительные платы и гребни, разъемы и разъемные соединители. В печатных узлах наиболее широко используются разъемы с гиперболическими контактами типа ГРПМ, ГРППМ и разъемные соединители типа СНП.

Конструкция соединителей СНП предусматривает наличие ответной части в виде концевых печатных контактов на плате и фиксирующих пазов. Число контактов соединителей может быть разным: СНП – 24, СНП – 72, СНП – 112 (рис. 9). Форма и размеры концевых печатных контактов приведены на рис. 10.

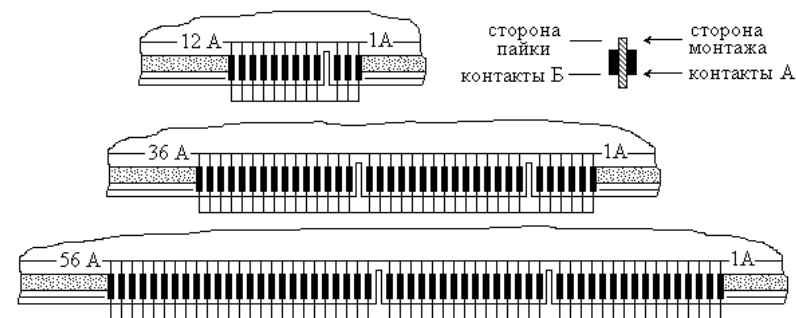


Рис. 9. Топология концевых печатных контактов для соединителей типа СНП

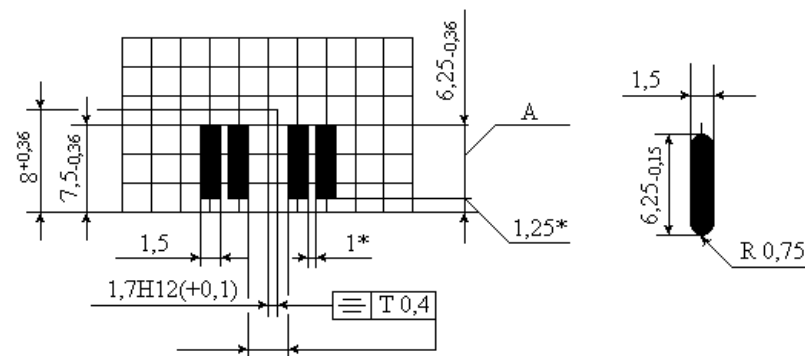


Рис. 10. Форма и размеры концевых печатных контактов

Количество внешних контактов печатной платы зависит от числа микросхем, установленных на ней, и может быть определено из табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Число микросхем на печатной плате	1	5	10	20	40	50	100	1250
Число внешних контактов печатной платы, приходящихся на одну микросхему	10	8	4	3,5	3	2	1	0,85

Задание 4

При выполнении компоновочного эскиза на выбранном типоразмере платы разместить микросхемы, разъем, контакты, контрольные элементы, шины питания, элементы крепления и т.д. в соответствии с данной структурой платы. При компоновке микросхем в зоне *E* необходимо исходить из условия максимального заполнения пространства зоны.

Задание 5

Расчет собственной частоты платы выполнять по методике, изложенной в [10]. Частота механических воздействий $f_{зад}$ приведена в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Значения параметров различных видов механизмов воздействия, которым могут подвергаться РЭС в процессе эксплуатации и транспортирования

Воздействующий на РЭС механический фактор	Параметры			Степень жесткости
	Диапазон частот, Гц	Ускорение, g	Длительность, мс	
1	2	3	4	5

Вибрация	1 – 35	0,5	–	I
	1 – 60	1,0	–	II
	1 – 60	2,0	–	III
	1 – 80	5,0	–	IV
	1 – 100	1,0	–	V

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5
Вибрация	1 – 200	5,0	–	VI
	1 – 200	10,0	–	VII
	1 – 600	5,0	–	VIII
	1 – 600	10,0	–	IX
	1 – 1000	10,0	–	X
	1 – 2000	5,0	–	XI
	1 – 2000	10,0	–	XII
	1 – 2000	15,0	–	XIII
	1 – 2000	20,0	–	XIV
	–	75	2 – 6	III
	–	150	1 – 3	IV
	–	500	1 – 2	V
	–	1000	0,2 – 1	VI
	–	1500	0,2 – 0,5	VII
	–	3000	0,2 – 0,5	VIII
	1 – 3000	20,0	–	XV
	1 – 5000	10,0	–	XVI
	1 – 5000	20,0	–	XVII
	1 – 5000	30,0	–	XVIII
	1 – 5000	40,0	–	XIX
100 – 5000	40,0	–	XX	
Удары многократные	–	15	2 – 15	I
	–	40	2 – 10	II
	–	75	2 – 6	III
	–	150	1 – 3	IV
Удары одиночные	–	4	40 – 60	I
	–	20	20 – 50	II
Линейное ускорение	–	10	–	I
	–	25	–	II

	–	50	–	III
	–	100	–	IV
	–	150	–	V
	–	200	–	VI
	–	500	–	VII

5. Контрольная работа

В табл. 7 представлены исходные данные по вариантам для выполнения контрольной работы.

Задание 1. Ознакомиться с конструкцией корпуса микросхемы и выписать ее габаритные и установочные размеры.

Задание 2. Выполнить компоновочный расчет печатной платы и выбрать ее типоразмер в соответствии с ГОСТ 10317-79.

Задание 3. Спроектировать зонную структуру расчленения площади печатной платы.

Задание 4. Выполнить компоновочный эскиз, разместив микросхемы, разъем и другие элементы на плате, вычерченной на миллиметровой бумаге.

Задание 5. Рассчитать собственную частоту платы и проверить выполнение требования механической прочности.

Т а б л и ц а 7

Исходные данные

Номер варианта	Вид компоновки	Микросхемы		Степень жесткости по механическим воздействиям
		тип корпуса	количество ИМС в изделии	
1	2	3	4	5
01	кассетная	402.16-7	14	III
02	кассетная	41168-2	22	II
03	кассетная	401.14-4	18	IV
04	кассетная	201.14-1	10	V
05	кассетная	2120.24-3	14	I
06	кассетная	1505.10-17	34	III
07	кассетная	301.8-2	27	IX
08	кассетная	2123.40-1	10	X
09	кассетная	2120.29-1	16	VI
10	кассетная	244.48-12	8	VII
11	кассетная	2207.48-1	22	IV
12	кассетная	2106.24-1	11	III
13	кассетная	4153.12-1	28	IV

14	кассетная	238.18-1	16	VI
15	кассетная	1102.9-5	36	VII
16	открытая	2103.16-6	25	VIII
17	открытая	201.14-1	42	V
18	открытая	1501.5-1	19	I
19	открытая	2104.18-3	24	II

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5
20	открытая	2205.48-3	16	III
21	открытая	2120.24-5	35	IV
22	открытая	2121.28-4	17	V
23	открытая	238.16-1	25	IX
24	открытая	2102.14-2	39	X
25	открытая	238.14-1	42	XI
26	открытая	21.03.16-2	23	IX
27	открытая	244.48-8	15	X
28	открытая	439.42-1	17	VII
29	кассетная	411.34-1	21	VIII
30	кассетная	421.50-1	17	VI
31	кассетная	201.14-1	44	I
32	кассетная	2104.18-7	40	III
33	кассетная	425.64-1	17	IV
34	кассетная	462.64-1	13	II
35	кассетная	2120.24-5	26	V
36	кассетная	2121.28-5	18	VIII
37	кассетная	1504.9-1	44	IX
38	кассетная	1102.9-5	19	VII
39	открытая	239.24-7	17	X
40	открытая	238.16-1	23	III
41	открытая	425.64-1	9	X
42	открытая	462.64-1	16	V
43	открытая	4203.16-5	29	I
44	открытая	4201.9-3	33	X
45	открытая	5101.12-1	38	IX
46	открытая	5102.18-2	26	XI
47	открытая	5105.28-2	19	IV
48	открытая	5104.24-2	24	V
49	открытая	4124.16-2	41	II
50	открытая	4132.32-2	14	VIII
51	открытая	4133.44-1	10	VI
52	открытая	4141.14-2	29	V
53	открытая	4106.16-1	31	IV
54	открытая	4107.14-2	26	III

55	кассетная	4125.28-1	18	II
56	кассетная	1101.7-2	39	IV
57	кассетная	1212.247-1	23	V
58	кассетная	1210.28-1	19	IX
59	кассетная	1207.14-2	26	VII
60	кассетная	1211.28-3	19	X

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5
61	кассетная	1301.8-2	38	III
62	кассетная	1305.14-1	27	II
63	кассетная	1401.10-2	23	IV
64	открытая	1405.18-3	21	III
65	открытая	1407.22-4	39	IV
66	открытая	1404.16-2	16	V
67	открытая	1204.20-5	11	VII
68	открытая	1201.10-2	24	VI
69	открытая	1207.18-1	14	IV
70	открытая	3301.32-1	9	VIII
71	открытая	2102.14-1	26	IX
72	открытая	3103.12-2	17	X
73	открытая	4102.14-2	24	I
74	открытая	4102.24-2	13	VI
75	открытая	2133.14-1	27	X
76	открытая	1202.14-1	19	VIII
77	кассетная	4124.16-3	18	I
78	кассетная	1504.9-4	33	III
79	кассетная	1102.9-5	24	II
80	кассетная	2205.24-1	17	IV
81	кассетная	244.24-8	15	VII
82	кассетная	2123.14-2	30	VI
83	кассетная	4152.18-1	12	I
84	кассетная	2120.14-2	23	II
85	кассетная	1207.18-1	19	X
86	кассетная	1305.12-2	22	IX
87	кассетная	1401.14-1	28	V
88	кассетная	2205.24-2	16	IV
89	кассетная	2111.14-1	14	X
90	кассетная	1401.12-2	10	V
91	открытая	2123.18-1	18	VII
92	открытая	4102.18-1	20	III
93	открытая	238.14-1	26	II
94	открытая	2208.12-1	18	I
95	открытая	3102.14-2	24	V

96	открытая	3301.18-4	13	X
97	открытая	2102.24-1	18	I
98	открытая	3102.14-2	26	XI
99	открытая	2204.12-1	24	III
100	открытая	5102.14-2	20	II

Литература

Основная

1. Альферович Т.Я. Конструирование РЭС: конструкторский практикум: Ч. 2 / Т.Я. Альферович. – Мн.: МГВРК, 2000.
2. Варламов Р.Г. Компонировка радиоэлектронной аппаратуры / Р.Г. Варламов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов. радио, 1975.
3. Воробьев Е.П. Интегральные микросхемы производства СССР и их зарубежные аналоги: справочник / Е.П. Воробьев, К.В. Сенин. – М.: Радио и связь, 1996.
4. Гель П.П. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры / П.П. Гель, Н.К. Иванов-Есипович. – Л.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Гурская И.Ф. Оформление текстовой части курсовых и дипломных проектов (работ): метод. указания / И.Ф. Гурская. – Мн.: МГВРК, 1997.
6. Гурская И.Ф. Дипломное проектирование по электротехнике и радиоэлектронике: учеб. пособие / И.Ф. Гурская. – Мн.: Беспринт, 2003.
7. Каленкович Н.И. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: учеб. пособие для вузов / Н.И. Каленкович, Е.П. Фастовец, Ю.В. Шамгин. – Мн.: Выш. шк., 1989.
8. Каленкович Н.И. Проектирование РЭС с учетом механических воздействий / Н.И. Каленкович. – Мн.: БГУИР, 1999.
9. Конструирование радиоэлектронных средств: учеб. пособие для студ. спец. «Конструирование и производство РЭС» / под. ред. Н.С. Образцова. – Мн.: БГУИР, 1994.
10. Конструирование радиоэлектронных устройств: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-08 01 01-02 «Профессиональное обучение. (Радиоэлектроника)» и учащихся специальности 2-39 02 02 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств» / сост. Н.И. Василевская, И.М. Снежко-

ва, О.Н. Образцова. – Мн.: МГВРК, 2004.

11. *Матсон Э.А.* Справочное пособие по конструированию микросхем / Э.А. Матсон, Д.В. Кръжановский. – Мн.: Выш. шк., 1982.
12. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры: справочник / И.В. Новаченко, В.М. Петухов, И.П. Блудов, А.В. Юровский. – М.: КУБК-а, 1996.
13. *Ненашев А.П.* Конструирование радиоэлектронных средств: учеб. для радиотехнич. спец. вузов / А.П. Ненашев. – М.: Выш. шк., 1990.
14. *Новаченко И.В.* Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры: справочник / И.В. Новаченко, А.В. Юровский. – М.: Радио и связь, 1990.
15. Оформление электрических схем: метод. указания / сост. А.В. Грицай, Т.Я. Альферович. – Мн.: МГВРК, 1988.
16. *Пикуль М.И.* Конструирование и технология производства ЭВМ: учеб. / М.И. Пикуль, И.М. Русак, Н.А. Цырельчук. – Мн.: Выш. шк., 1996.
17. *Преснухин Л.Н.* Конструирование электронных вычислительных машин и систем: учеб. для вузов / Л.Н. Преснухин, В.А. Шахнов. – М.: Высш. шк., 1986.
18. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: справ. / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Кумеков и др.; под общ. ред. Э.Т. Романычевой. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989.
19. *Рычина Т.А.* Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы: учеб. для вузов / Т.А. Рычина, А.В. Зеленский. – 2-е изд., перераб. и доп.. – М.: Радио и связь, 1989.
20. Справочник конструктора РЭА: общие принципы конструирования / под ред. Р.Г. Варламова. – М.: Сов. радио, 1980.
21. *Фрумкин Г.Д.* Расчет и конструирование радиоаппаратуры: учеб. для радиотехнич. спец. техникумов / Г.Д. Фрумкин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989.

Нормативные документы

22. ГОСТ 2.001-93 ЕСКД. Общие положения.
23. ГОСТ 2.101-68 ЕСКД. Виды изделий.
24. ГОСТ 2.102-68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.

25. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
26. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.
27. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
28. ГОСТ 2.113-75 ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы.
29. ГОСТ 2.417-91 ЕСКД. Правила выполнения чертежей печатных плат.
30. ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
31. ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
32. ГОСТ 2.708-81 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
33. ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
34. ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры.
35. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
36. ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Основные параметры конструкции.
37. ГОСТ 23752-79. Платы печатные. Общие технические условия.
38. ГОСТ 29137-91. Формовка выводов и установка ИЭТ на печатные платы.

Содержание

Введение	3
1. Учебная программа	4
1.1. Примерный тематический план	4
1.2. Содержание дисциплины	5
1.3. Примерный перечень лабораторных и практических занятий	20
1.4. Курсовое проектирование	21
2. Вопросы для самоконтроля	22
3. Требования к выполнению и оформлению контрольной работы	23
4. Методические указания по выполнению контрольной работы	24
5. Контрольная работа	33
Литература	36

Учебное издание

КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

*Программа, методические указания и контрольные задания
для студентов безотрывной формы обучения
специальности 1-08 01 01 «Профессиональное обучение»
специализации 1-08 01 01-02 «Радиоэлектроника»*

Составители:

Василевская Нина Ивановна,
Образцова Ольга Николаевна

Зав. ред.-издат. отд. О.П. Козельская
Редактор Г.Л. Говор
Корректор Н.Г. Михайлова
Компьютерная верстка А.П. Пучек

План издания 2005 г. (поз. 1)

Изд. лиц. № 02330/0056774 от 17.02.2004.
Подписано в печать 04.02.2005. Формат 60×84 1/16.
Бумага писчая. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,48. Тираж 60 экз. Заказ 38.

Издатель и полиграфическое исполнение
Учреждение образования
«Минский государственный высший
радиотехнический колледж»
220005, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 62.

Библиотека БГУИР