

Министерство высшего и среднего  
специального образования РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.П.КОРОЛЕВА

Кафедра "Конструирование  
и производство радиоаппаратуры"

КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ  
ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОАППАРАТОСТРОЕНИЯ

Методические указания  
к курсовому проекту

Куйбышев 1975

В методических указаниях приведены некоторые сведения, необходимые для правильного подхода к конструированию узлов и блоков РЭА, и технологии их изготовления. Даны разъяснения к оформлению курсовых проектов. Каждая из 2-х частей указания является самостоятельной и заканчивается списком литературы.

Указания составлены с учетом рекомендаций научно-методической комиссии Совета по радиотехническому образованию при учебно-методическом управлении по ВУзам МВиССО СССР от 24.X.67.

Составители: М.С.Пурсуков, А.И.Меркулов, К.И.Мясников

## 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ (ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 0705) ПО КУРСУ "КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ"

#### 1.1. Цель и задачи курсового проектирования

Курсовое проектирование по курсу "Конструирование радиоэлектронной аппаратуры" (РЭА) является заключительным этапом изучения студентами основ конструирования РЭА.

Работа конструктора современной РЭА – это сложный и многогранный творческий процесс, освоить который возможно только при систематической работе в течение ряда лет. Однако ускорить творческий рост молодого конструктора можно и нужно, и в этом основная цель курсового проектирования как завершающего этапа конструкторского образования студента по специальности 0705.

Конструктор должен знать принципы действия разнообразных радиотехнических устройств и систем, свойства материалов и их поведение в различных условиях эксплуатации, сопротивление материалов, технологию обработки металлов и неметаллических материалов, технологию сборочных работ, условия эксплуатации РЭА и методы защиты аппаратуры от дестабилизирующих факторов (теплообменные процессы, способы защиты от вибраций и ударов, способы защиты от действия влаги и т.д.), основы анализа надежности РЭА, экономику и организацию производства, основы стандартизации, правила оформления различной конструкторской документации и многие другие вопросы. Ясно, что все эти вопросы, которыми должен заниматься конструктор, невозможно полно осветить в одном курсе.

Основными задачами данного курсового проектирования являются:

систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний в области конструирования радиоаппаратуры (теплообмена, виброизоляции, надежности и т.д.);

совершенствование конструкторских и графических навыков студента;

изучение справочной и технической литературы по конструированию РЭА;

приобретение навыков по разработке текстовой конструкторской документации ( на примере составления технического описания на разрабатываемый узел или блок);

изучение Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД).

## 1.2. Тематика курсовых проектов

Темой курсового проекта может быть разработка конструкции узла или блока радиоэлектронной аппаратуры различного назначения (бортовой, наземной, стационарной, устанавливаемой на подвижных объектах и т.д.) по заданной принципиальной электрической схеме. Конструкторская документация на разрабатываемый узел (блок) должна выполняться по правилам ЕСКД. Разработка конструкции должна сопровождаться необходимыми расчетами (поверочными расчетами электрической схемы с анализом степени электрической нагрузки радиоэлементов и определением мощностей, которые ими выделяются; расчетами теплообменных процессов, виброизоляции, механической прочности, надежности) и технико-экономическим обоснованием, а также обоснованием выбора материалов и защитных покрытий.

## 1.3. Задание на курсовое проектирование

Каждому студенту выдается индивидуальное задание на курсовое проектирование. Оно оформляется на специальном бланке, образец которого дан в Приложении I. Кроме того, преподаватель устанавливает примерный объем работы, которая должна быть выполнена студентами в течение каждого месяца.

Подробный календарный план работы над проектом с указанием сроков выполнения конкретных разделов темы разрабатывается студентом самостоятельно и утверждается преподавателем (руководителем).

## 1.4. Содержание и объем курсового проекта

I. Графическая часть - 5-8 чертежей со следующим примерным их распределением:

сборочный чертеж прибора (блока, узла) со спецификацией - I;

|  |          |
|--|----------|
| монтажный чертеж прибора   | - 1;     |
| сборочные чертежи отдельных узлов (плат)   | - 1 - 2; |
| чертежи наиболее ответственных деталей (радиаторов, шасси, печатных плат и т.д.) | - 2 - 4. |

Все чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями МКД ГОСТ 2.401-63 + ГОСТ 2.422-68 и ГОСТ 2.106-68 + ГОСТ 2.109-68.

2. Расчетно-пояснительная записка - 20-30 страниц (формат II) рукописного текста, оформленного в соответствии с ГОСТ 2.104-68, ГОСТ 2.105-68, ГОСТ 2.106-68 (Приложения 2 и 3). Она должна быть подготовлена в соответствии с ГОСТ 2.106-68 (текстовые документы) и содержать две главы (раздела):

"Техническое описание изделия". Выполняется в соответствии с ГОСТ 2.601-68 (эксплуатационные документы).

"Технические расчеты" - расчеты электрической схемы, радиаторов полупроводниковых приборов, теплового режима блока (узла), параметров надежности; обоснование выбора конструкционных материалов, покрытий и других материалов, подтверждающее правильность выбранных в проекте решений. (доказательства оптимальности принятых технических решений).

Кроме того, в начале пояснительной записки приводятся оглавление и задание (подлинник), в конце - список необходимой литературы и приложения, на которые должны быть ссылки в тексте, например, спецификация, перечень монтажных проводов, а также перечень чертежей курсового проекта с их точными наименованиями и десятичными номерами.

### 1.5. Порядок выполнения курсового проекта

Работу над курсовым проектом следует проводить в следующей последовательности:

1. Тщательно ознакомиться с заданием на курсовой проект и составить подробный план работы.

2. Ознакомиться с работой принципиальной электрической схемы и произвести ее поверочный расчет с целью определения величин:

электрических нагрузок на радиоэлементы и определения их соответствия условиям эксплуатации и ТУ;

мощностей, выделяемых элементами схемы (результаты расчетов используются при расчете тепловых режимов блока или узла);

токов и напряжений в различных точках схемы (для оценки величины безискровых промежутков между элементами конструкции).

В случае необходимости должны быть приняты конструктивные меры для того, чтобы условия эксплуатации радиоэлементов соответствовали ТУ на них. В частности, мощные полупроводниковые триоды могут быть установлены на радиаторах.

4. Определить мощность, рассеиваемую блоком или узлом.

5. Решить вопрос о типе конструкции, изучив исходные данные к курсовому проекту, а также конструкции аналогичных устройств. Определить требования к конструкционным материалам и покрытиям. Намечаемое конструктивное решение должно быть таким, чтобы удовлетворялись как технические требования, так и условия производства, эксплуатации и ремонта узла (блока).

6. Произвести эскизную разработку конструкции узла (блока) (рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге) и согласовать ее с преподавателем.

7. Произвести предварительный расчет теплового режима узла (блока) и решить вопрос о методе теплообмена.

8. Детально разработать сборочный чертеж на узел и прибор (используя эскизную разработку конструкции).

9. Произвести уточненные расчеты тепловых режимов блока и радиаторов полупроводниковых и электровакуумных приборов.

10. Разработать чертежи отдельных узлов и деталей.

11. Разработать монтажный чертеж узла (блока).

12. Составить и оформить пояснительную записку и защитить курсовой проект.

Перед защитой курсовой проект сдается преподавателю на проверку (не менее, чем за пять дней до защиты).

## Г.6. Расчет принципиальной электрической схемы. Выбор радиоэлементов и их номиналов

Расчет принципиальной электрической схемы производится по методикам, приведенным в литературе для соответствующих специальностей (устройства питания, импульсная техника и т.д.). Указания о целесообразности использования того или иного литературного источника дает преподаватель на первом занятии.

При выборе типов радиоэлементов следует учитывать:

- а) номиналы и мощности элементов (используются данные расчета принципиальной электрической схемы);
- б) технические требования к прибору и требования к конструкции с учетом ожидаемых тепловых режимов;
- в) наличие данных типов элементов в серийном производстве, их экономическую целесообразность;
- г) предлагаемую конструкцию прибора и технологию его изготовления;
- д) требования нормализации, стандартизации, унификации.

Выбор элементов производится путем сравнения их технических характеристик с техническими требованиями к прибору. Эксплуатационные характеристики каждого радиоэлемента должны соответствовать требованиям к условиям эксплуатации прибора.

Следует также учитывать, что при работе прибора происходит выделение тепла его элементами, что создает внутри прибора некоторое превышение температуры относительно окружающей среды. Превышение температуры зависит от мощности, выделяемой элементами прибора, конструкции корпуса, способа охлаждения и должно обязательно учитываться при выборе радиоэлементов и расчете параметров надежности.

Учет экономической целесообразности при выборе того или иного типа радиоэлемента вызван требованием разработки экономичной конструкции, так как стоимость покупных изделий вместе с другими факторами определяет себестоимость прибора. Однако надо иметь в виду, что наиболее важным является обеспечение технических требований.

Принятие предварительного решения о типе конструкции узла (блока) и технологии его изготовления также влияет на выбор элемен-

тов принципиальной электрической схемы. Если, например, решено использовать печатный монтаж, то следует выбирать элементы схемы либо специально выпускаемые промышленностью для конструкций с печатным монтажом (специальные типы колодок, трансформаторов, реле, дросселей для печатного монтажа и т.д.), либо те, которые наиболее подходят для установки в печатные конструкции. В частности, рассматривая резисторы и конденсаторы, следует отметить, что для облегчения сборки конструкций с печатным монтажом наиболее удобны элементы, имеющие проволочные выводы и расположенные аксиально. Отсюда следует, что выбор резисторов типа УЛМ или конденсаторов типа СГМ вряд ли будет убедительно обоснован, если предполагается их использовать в конструкции с печатным монтажом. Таким образом, уже на этапе выбора элементов схемы следует учитывать ту конструкцию прибора, которую предполагается в дальнейшем осуществить.

#### 1.7. Обоснование выбора конструкций, применяемых материалов и покрытий

При обосновании выбора конструкции должны быть учтены следующие моменты:

- технологичность конструкции;
- требования надежности;
- требования экономичности при производстве;
- ремонтпригодность;
- удобство обслуживания;
- внешнее оформление (учет требований художественного конструирования);
- количество нормализованных, стандартизованных и унифицированных деталей и узлов;
- выбор метода монтажа;
- свойства материалов и покрытий в заданных условиях эксплуатации.

#### 1.8. Расчет тепловых режимов радиоэлектронных блоков (узлов)

Для расчета теплового режима радиоэлектронного блока необходимы сведения о его конструкции и состоянии окружающей среды. На основании данных о конструкции разрабатывается схема блока для рас-



чета теплообмена в виде параллелепипеда с изображением нагретой зоны и кожуха [1] - [3]. Расчет тепловых режимов включает расчет тепловой характеристики кожуха и нагретой зоны.

Тепловой характеристикой называется зависимость температуры поверхности тела или самого тела от величины рассеиваемой мощности. При этом под температурами крышки, дна и боковой поверхности блока понимается среднее их значение, под температурой шасси (нагретой зоны) - средняя температура шасси и расположенных на ней деталей.

Вследствие нелинейного характера зависимости коэффициента теплопередачи от температуры тепловая характеристика рассчитывается методом последовательного приближения.

Расчет зависимости  $t = f(P)$  в первом приближении

Припускаем, что температура крышки  $t_{кр}$ , дна  $t_{дн}$  и кожуха  $t_k$  приблизительно равны между собой:

$$t_{кр} = t_{дн} = t_k.$$

Связь между мощностью  $P$ , рассеиваемой блоком, и средней температурой перегрева поверхности кожуха выражается формулами:

$$P = \alpha S \Delta t_k \quad Вт; \tag{1}$$

$$\Delta t_k = t_k - t_c \quad град, \tag{2}$$

- где  $\alpha$  - коэффициент теплопередачи,  $вт/см^2 \cdot град$ ;
- $S$  - площадь поверхности кожуха,  $см^2$ ;
- $\Delta t_k$  - температура перегрева кожуха относительно окружающей среды,  $^{\circ}C$ ;
- $t_c$  - температура окружающей среды,  $^{\circ}C$ .

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  представляет собой сумму двух коэффициентов, значение одного из которых определяется характером конвективных потоков, омывающих отдельные части кожуха, а другой - изучением поверхности кожуха:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{п} \quad вт/см^2 \cdot град \tag{3}$$

где  $\alpha_k$  - конвективный коэффициент теплоотдачи кожуха;  
 $\alpha_n$  - коэффициент теплоотдачи кожуха лучеиспусканием.

Коэффициенты  $\alpha_k$  и  $\alpha_n$  рассчитываются по формулам и графикам, приведенным в [1] - [3].

Следует иметь в виду, что значения конвективных слагаемых коэффициента теплоотдачи для разных поверхностей кожуха будут отличаться друг от друга, так как интенсивность конвективного теплообмена зависит от ориентации поверхности в пространстве.

В первом приближении средняя температура нагретой зоны определяется по формуле

$$t_{ш} = t_k + 2,5 \Delta t \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (4)$$

Таким образом, для расчета тепловой характеристики электронного блока в первом приближении необходимо:

задаться двумя значениями температуры кожуха при определенном значении температуры среды;

рассчитать соответствующие этим температурам значения мощностей рассеяния, а также температуры кожуха и нагретой зоны.

Из этих расчетов видно, что между рассчитанными значениями температур (нагретой зоны и температуры кожуха в двух точках) и температурами, которые были заданы ранее, имеется, как правило, существенное различие. Поэтому необходим расчет этих характеристик во втором приближении.

При расчете тепловой характеристики во втором приближении за определяющие (расчетные) принимаются средние температуры между соответствующими частями блока и окружающей средой.

Кроме того, при расчетах во втором приближении необходимо учитывать явление многократного отражения тепловых лучей внутри блока. Это явление может быть учтено при соответствующем изменении степени черноты поверхностей  $\epsilon$ . В этом случае  $\epsilon$  приобретает новое значение, называемое "приведенной" степенью черноты.

Как и при расчетах в первом приближении, тепловой режим блока рассчитывается для двух значений мощности. Расчет заканчивает-

ся построением графиков зависимостей температуры перегрева крышки, дна и шасси (нагретой зоны) от мощности  $P$ :

$$\Delta t_{кр} = f_1(P); \quad \Delta t_{дн} = f_2(P); \quad \Delta t_{ш} = f_3(P).$$

Температуры  $t_{кр}, t_{дн}, t_{ш}$  определяются из этих графиков для мощности, выделяемой всеми элементами схемы.

### Расчет радиаторов

Полупроводниковые приборы большой мощности наиболее часто охлаждаются за счет отвода тепла при естественной конвекции и лучеиспускании, для чего необходимо значительно увеличить площадь поверхности, на которую передается тепло прибора, и обеспечить малое тепловое сопротивление между прибором и поверхностью. В настоящее время наибольшее применение находят ребристые и игольчатые радиаторы, методика расчета которых достаточно полно изложена соответственно в работах [1], [2]. Игольчатые радиаторы значительно эффективней отводят тепло, чем ребристые, поэтому при больших мощностях они наиболее применимы.

### 1.9. Техническое описание

Техническое описание (ТО) предназначено для изучения изделия и является важнейшим документом, от которого в значительной степени зависит правильная эксплуатация изделия, а следовательно, и достигаемый (фактический) уровень его надежности и эффективности. Техническое описание составляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-68 с расчетом на специальную подготовку технического персонала по техническому обслуживанию и использованию изделий радиоэлектронной техники и прилагается к каждому выпускаемому заводом радиотехническому изделию.

Техническое описание, входящее в пояснительную записку, должно состоять из разделов, располагаемых в следующей последовательности.

Введение.

Назначение.

Технические данные.

4-7002

Состав изделия.

Устройство и работа изделия (принцип действия).

Описание блок-схемы (принципиальной электрической схемы и конструкции).

Устройство и работа составных частей изделия (если они имеются).

В зависимости от характера разрабатываемого в проекте устройства и его сложности отдельные разделы ТО могут быть совмещены или исключены, а в случае необходимости вводятся и другие разделы.

Для достижения четкости изложения материала разделы можно разбить на подразделы. При последовательном описании радиоустройства необходимо учитывать взаимодействие его частей, что позволяет расположить материал наиболее целесообразно.

Ниже приведено основное содержание отдельных разделов ТО.

В разделе "Введение" следует указать:

- а) назначение технического описания;
- б) состав технического описания (т.е. количество самостоятельных документов, составляющих техническое описание);
- в) перечень документов, которыми следует дополнительно руководствоваться при изучении изделия (если они имеются);
- г) принятые в ТО обозначения составных частей изделия, физических величин и т.п.

В разделе "Назначение" приводится полное наименование и шифр изделия, его назначение, область применения.

В разделе "Технические данные" приводятся технические данные в объеме, необходимом для изучения и правильной эксплуатации изделия, например:

- дальность действия;
  - точность работы;
  - параметры входных и выходных сигналов;
  - потребляемая мощность;
  - условия эксплуатации (предельные значения);
  - габариты и вес изделия
- и другие сведения.

В разделе "Состав изделия" приводится перечень, указываются наименования и обозначения, количество непосредственно входящих в изделие основных частей с необходимыми иллюстрациями.

В разделе "Устройство и работа изделия" описана функциональная схема, приведены общие сведения о принципе действия, устройстве, конструкции, режимах работы изделия, а также необходимое количество иллюстраций (схем, рисунков и т.д.) на изделие в целом и на его составные части. Допускается составлять описание как конструктивно обособленных, так и функциональных составных частей изделия.

В курсовом проекте описывается блок (или узел). Материал о принципе его действия следует излагать таким образом, чтобы в дальнейшем были понятны функциональные связи и прохождение сигналов при различных режимах работы. Действия органов управления, регулирования и контроля рекомендуется описывать достаточно подробно, поясняя физическую сущность происходящих процессов. Если технические характеристики и работа изделия зависят от положения органов управления и регулирования, то необходимо указывать пределы регулирования.

В описании функциональной схемы должны содержаться следующие сведения:

назначение данной схемы в целом;

перечисление узлов и элементов, помещенных на функциональной схеме и необходимых для пояснения принципа работы устройства;

описание путей поступления, прохождения и преобразования сигналов в определенных цепях и узлах, а также взаимодействия отдельных частей.

При описании сложных функциональных схем рекомендуется приводить временные диаграммы прохождения сигналов, пределы регулировки и положения органов управления.

В описании принципиальной электрической схемы должны быть включены вопросы:

о назначении данной схемы в целом;

о взаимосвязи отдельных каскадов, линеек, узлов при различных режимах работы;

о назначении и действии органов управления, которыми производится настройка схемы как на заводе-изготовителе, так как при ее эксплуатации.

При этом следует подробно описывать физическую сущность процессов, происходящих при действии органов управления, и приводить необходимые иллюстрации.

Описание работы каскадов прибора (блока) приводится с указанием назначения отдельных элементов и деталей схемы.

Описание работы "классических" схем (катодных повторителей, усилительных каскадов и т.д.), а также вспомогательных элементов схемы обычно не приводится, однако отмечается их роль и получаемый от применения эффект.

Оригинальные схемы описываются более подробно с указанием назначения, технических данных, принципа действия и прохождения сигналов через их элементы.

В подразделе "Описание конструкций" приводится описание конструкции прибора и его составных частей в следующей последовательности:

конструктивные и технологические особенности конструкции блока (узла);

расположение органов регулировки, управления и контроля (если они имеются);

крепление радиоэлементов и их маркировка;

пломбировка,

а также указываются меры, принятые для обеспечения нормальных температурных режимов, экранирования и т.д.

Раздел должен быть иллюстрирован общими конструктивными видами как всего прибора в целом, так и его отдельных частей.

Примечание. В пояснительной записке к курсовому проекту допускаются ссылки на чертежи, приводимые в графической части проекта.

#### 1.10. Методические указания к изложению глав "Техническое описание" и "Технические расчеты"

Содержание глав должно быть кратким, без повторов, доходчиво и грамотно изложенным. При этом необходимо исключить возможность различного толкования текста. Не следует употреблять жаргонные выражения ("задействовать", "силовые", "локатор" и т.д.).

Слова и фразы, на которые необходимо обратить внимание, можно подчеркнуть.

В техническом описании теоретические вопросы, как правило, не излагаются (они должны быть изложены в главе "Технические расчеты").

Применяемые термины и определения должны быть едиными и соответствовать принятым в общей технической литературе, учебниках, а также в официальной технической литературе (справочниках, технических условиях, инструкциях). Наименования узлов, приборов и т.д. должны соответствовать принятым в чертежах. При этом в наименованиях приборов прилагательное следует ставить перед существительным, например: направленный ответвитель ( в чертежах - ответвитель направленный ).

Наименования и обозначения узлов, деталей и приборов в тексте, на рисунках, чертежах и схемах должны быть одинаковыми.

Формулы, приводимые в главах "Техническое описание" и "Технические расчеты", должны иметь порядковые номера в пределах главы, обозначенные арабскими цифрами в скобках, например: (2.1), где 2 - номер главы (или раздела), а 1 - номер формулы в главе (или в разделе).

В тексте приводятся ссылки на рисунки.

Примечание. Иногда в тексте пояснительной записки к курсовому проекту могут допускаться ссылки на чертежи общих видов и на схемы, а также на отдельные позиции графической части проекта.

Обозначения позиций элементов по тексту пояснительной записки должны быть указаны в полном соответствии с электрической схемой графической части проекта ( $R_1, R_2, \dots, C_1, C_2, \dots, TP_1, TP_2, \dots$  и т.д.).

Для обозначения силы тока, напряжения и других электрических и магнитных величин порядковые номера следует проставлять в виде индексов, например:  $I_1, I_2, \dots, U_1, U_2, \dots$  и т.д.

Пояснительная записка иллюстрируется необходимыми схемами (частями схем), чертежами, рисунками и т.д. Иллюстрации следует размещать по тексту так, чтобы ими удобно было пользоваться при чтении. Иллюстрационный материал должен быть органически связан с текстом, дополнять и пояснять его. Иллюстрации нумеруются арабскими цифрами в пределах главы или раздела (рис. 1.1, рис. 1.2 и т.д.).

Иллюстрации должны иметь выносные линии от деталей, которые упоминаются в тексте. Присвоенный данной детали произвольный порядковый номер должен соответствовать тем же деталям на всех рисунках,

иллюстрирующих описание приведенной конструкции в пределах раздела или подраздела.

Органы регулировки и настройки обозначаются цифрой с пояснением в подрисовочном тексте назначения каждого из них с указанием его номера и надписи на шильдике (шасси, панели, и т.д.).

Глава "Технические расчеты" заканчивается выводами из двух-трех пунктов. В выводах в лаконичной форме излагаются результаты работы, проделанной при курсовом проектировании, и указывается, какими средствами они достигнуты.

### Список рекомендуемой литературы

Список рекомендуемой литературы приводится в конце пояснительной записки. В нем указываются источники, использованные при разработке проекта.

Список литературы желательно приводить в соответствии с расположением разделов пояснительной записки с указанием фамилии и инициалов автора (авторов), полного названия книги, города, издательства и года издания, например: Г. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Краткий курс математической статистики для технических приложений. М., Физматгиз, 1959.

Приложения приводятся в конце пояснительной записки.

Обложкой для оформления пояснительной записки служит специальный бланк, который выдается студенту на кафедре.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дульнев Г.Н., Тарновский Н.Н. Тепловые режимы электронной аппаратуры. М., "Энергия", 1971.
2. Дульнев Г.Н., Семьяшкин Э.М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. М., "Энергия", 1968.
3. Дульнев Г.Н. Теплообмен в радиоэлектронных устройствах. Госэнергоиздат, 1963.
4. Гель П.Н., Иванов-Есипович Н.К. Конструирование радиоэлектронной аппаратуры. Л., "Энергия", 1972.
5. Фролов А.Д. Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронной аппаратуры. М., "Высшая школа", 1970.
6. Кондрашкин Н.М. Переходные контакты с устройством заземления и экранирования РЭА. "Советское радио", 1973.



## П. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПО КУРСУ "ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОАППАРАТОСТРОЕНИЯ"

### 2.1. Цель и задачи курсового проектирования

Курсовой проект по курсу "Технология радиоаппаратостроения" является заключительным этапом подготовки студентов по специальности 0705.

Это самостоятельная работа, требующая от студентов широкого и всестороннего применения теоретических знаний не только по указанному курсу, но и по таким ранее изученным предметам, как "Конструирование радиодеталей и узлов", "Конструирование РЭА", "Конструирование и технология микросхем", "Обработка конструктивных материалов", "Экономика и организация производства".

Целью курсового проекта является:

Закрепление теоретических знаний путем самостоятельного проектирования технологических процессов изготовления радиоаппаратуры;

приобретение навыков обоснованного выбора различных вариантов технологических процессов при сравнении их с помощью технико-экономических расчетов;

обучение нормированию технологических операций и проектированию технологической оснастки;

приобретение навыков работы со справочным материалом и технической литературой;

подготовка студентов к выполнению технологической части дипломного проекта.

### 2.2. Тематика курсовых проектов

В качестве тем для выполнения курсового проекта предлагается разработка технологических процессов изготовления различных изделий, например:

трансформаторов силовых, импульсных, выходных закрытого и открытого исполнения;

дросселей фильтров источников питания радиотехнических устройств в закрытом и открытом исполнении;  
электромагнитных и ультразвуковых линий задержки;  
электромагнитных муфт;  
электромагнитных линий формирования импульсов;  
проволочных переменных резисторов;  
конденсаторов переменной емкости;  
контуров на фиксированные частоты и фильтры ПЧ (промежуточной частоты);

функциональных узлов, выполненных в модульном или микро-модульном исполнении на печатных платах ( триггеры, мультивибраторы, усилители, гетеродины и т.д.);

блоков, субблоков, линеек различного назначения, содержащих или дискретные элементы, или унифицированные функциональные узлы, или микросхемы, или их сочетание в различных соотношениях.

В некоторых случаях в качестве тем может быть взята разработка одно-или многономенклатурных поточных линий с разработкой технологической планировки и технологического процесса на изделия, изготавливаемые на данной линии.

Темы таких проектов рекомендуется выдавать группе студентов, состоящей из 2-3 человек.

### 2.3. Содержание курсового проекта

Содержание курсового проекта определяется заданием. Задание носит комплексный характер, в нем указываются только основные задачи проектирования. Отдельные вопросы по проектированию уточняются непосредственно руководителем проекта.

В задании на проектирование указываются:  
изделие, на которое разрабатывается технологический процесс;  
годовая программа выпуска изделий;  
содержание пояснительной записки;  
оснастка, которую необходимо спроектировать;  
содержание и объем графической части проекта;  
сроки выполнения этапов курсового проекта.

Задание на проектирование составляется на отдельном типовом бланке (Приложение 4), к нему прилагается комплект рабочих чертежей изделия.

Курсовой проект включает пояснительную записку, карты технологического процесса и графические материалы.

В пояснительной записке отражаются все этапы выполнения курсового проекта. Материалы пояснительной записки должны располагаться в следующей последовательности.

1. Титульный лист (выдается кафедрой).
2. Задание на проектирование (Приложение 4).
3. Аннотация.
4. Оглавление или содержание.
5. Введение.
6. Конструктивно-технологический анализ изделий.
7. Разработка и обоснование сравниваемого технологического процесса изготовления детали или сборочной единицы.
8. Проектирование технологической оснастки, нестандартной аппаратуры или оборудования.
9. Разработка техпроцесса сборочно-монтажных и регулировочных работ.
10. Разработка инструкции по технике безопасности.
11. Заключение (выводы и предложения).
12. Разработанные технологические процессы.
13. Приложения (спецификации).
14. Список использованной литературы.

Подробное описание содержания каждого из этих разделов приведено в пособии "Руководство к курсовому проектированию ТРАС".

Графическая часть курсового проекта должна содержать: сборочные чертежи изделия, на которое разрабатывается технологический процесс сборки и монтажа; рабочий чертеж детали или сборочной единицы, по технологическому процессу которых проводится технико-экономическое сравнение; сборочные и детальные чертежи конструкций оснастки, выбранной при обосновании оптимального варианта технологического процесса; схема сборочного состава и технологическая схема изготовления изделия.

Вид технологического процесса выбирается в зависимости от объема заданной программы и, как правило, должен быть эскизно-спе-

рациональным. Разработанный технологический процесс оформляется на типовых технологических бланках, согласно ЕСТД.

В состав технологической документации, представляемой в курсовом проекте, должны входить:

1. Титульный лист технологического процесса.
2. Маршрутная карта операционного технологического процесса.
3. Операционные карты сборки и монтажа.
4. Карты эскизов, схем и наладок.
5. Таблицы соединений проводов (при необходимости).
6. Титульный лист сводной ведомости оснастки.
7. Сводная ведомость технологической оснащенности.
8. Комплектующая карта.

Спроектированный технологический процесс оформляют отдельным альбомом как приложение к пояснительной записке.

#### Объем курсового проекта

Пояснительная записка должна занимать не менее 20 страниц рукописного текста, написанного на одной стороне листа (формата II).

Графическая часть оформляется на трех-четырёх листах (формат 24).

Технологический процесс должен состоять из 15-20 листов технологических бланков (формата II).

#### 2.4. Краткие требования к выполнению составных частей курсового проекта

##### Пояснительная записка

Пояснительная записка должна быть написана от руки, четко, без поправок на одной стороне писчего листа (формат II). Она выполняется, согласно ГОСТ 2.106-68, форме 5 и 5а.

Текст и иллюстрации (рисунки, графики, таблицы и т.д.) должны быть выполнены черными чернилами или тушью и отвечать общим требованиям, предъявляемым к текстовым документам ГОСТ 2.105-68.

## Графическая часть

Графические материалы выполняются карандашом в полном соответствии с правилами и нормами ЕСКД. Если возникает необходимость выделения обрабатываемых поверхностей или мест соединений, то их показывают цветной тушью или цветными карандашами.

Сборочный чертёж общего вида конструкции технологической оснастки рекомендуется выполнять в масштабе 1:1. На чертеже должны быть проставлены габаритные размеры, основные технические требования.

Для детализовки выбираются только основные детали конструкции оснастки с исчерпывающей информацией, необходимой для их изготовления.

Спецификации к чертежам заполняются в соответствии с ГОСТ 2.108-68. Текст спецификации должен быть написан черными чернилами, если бланки спецификации выполнены на кальке или писчей бумаге.

## Технологический процесс

Для описания технологических операций и переходов используются технологические бланки, отпечатанные типографским способом или выполненные от руки на писчей бумаге или кальке.

Бланки для разработки технологических процессов сборочно-монтажных работ выдаются кафедрой.

Для разработки технологических процессов штамповки, прессования, гальванических работ применяются специальные формы бланков.

Выполненные разработки технологических процессов должны соответствовать ЕСТД и ЕСТМП. Разрешается использовать бланки по нормам НГО 040001.

Все графы технологических бланков следует заполнять четко, без каких-либо исправлений.

Профессии рабочих должны быть зашифрованы цифровым кодом.

Описание переходов техпроцессов должно быть четким, лаконичным. В текст вносятся только основные технологические указания.

К операционным картам необходимо приложить соответствующие эскизы, таблицы, схемы, выполненные с помощью чертежного инструмента аккуратно и четко. Эскизы должны давать четкое представление о

о составе узла изделия, последовательности сборки и монтажа. В них должна содержаться информация, необходимая для правильного выполнения операции.

Карту эскизов, схем и наладок прикладывают отдельно к каждой операции и она входит в общее число листов операции.

Текст и эскизы выполняются только черными чернилами или тушью. Если возникает необходимость выделения отдельных поверхностей или мест соединений для данного эскиза, то их следует показывать цветной тушью или цветными чернилами.

Подробное описание правил разработки технологического процесса приведено в пособии "Методическое пособие по проектированию технологических процессов в производстве радиоаппаратуры".

З А Д А Н И Е

на курсовой проект по конструированию радиоаппаратуры

студенту \_\_\_\_\_

I. Тема проекта (принципиальная электрическая схема) \_\_\_\_\_

2. Характер производства узла (блока) \_\_\_\_\_

3. Технические требования, предъявляемые к узлу (блоку) \_\_\_\_\_

A. Климатические условия эксплуатации:

а) диапазон температуры окружающей среды и характер ее изменения \_\_\_\_\_

б) относительная влажность окружающей среды \_\_\_\_\_

в) атмосферное давление \_\_\_\_\_

г) другие климатические требования (устойчивость к циклическому изменению температуры, к образованию инея и росы, наличию пыли и др.) \_\_\_\_\_

Б. Механические нагрузки, действующие на блок:

а) вибрационные \_\_\_\_\_

б) ударные \_\_\_\_\_

в) линейные ускорения \_\_\_\_\_

г) прочие требования в отношении механических воздействий \_\_\_\_\_

4. Срок сдачи законченного проекта \_\_\_\_\_
5. Содержание пояснительной записки:
- краткое техническое описание разработанного узла (блока), (глава I);
  - приближенный расчет заданной электрической схемы с целью определения электрических нагрузок на элементы и количества тепла, выделяемого блоком (узлом), выбор типов элементов схемы;
  - разработка (уточнение) технических требований к конструкции, материалам и покрытиям;
  - обоснование выбора конструкции узла (блока);
  - расчет теплового режима блока (узла), обоснование выбора способа охлаждения, расчет радиаторов полупроводниковых приборов (при необходимости);
  - расчет амортизации блока (при необходимости);
  - литература
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

6. Содержание графической части проекта:
- сборочный чертеж блока (узла);
  - сборочные чертежи отдельных частей блока (узла);
  - чертежи деталей (по указанию преподавателя);
  - монтажная схема блока (узла) или отдельных его частей;
  - спецификация.

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_  
Руководитель проекта \_\_\_\_\_



|                         |   |      |          |           |        |       |
|-------------------------|---|------|----------|-----------|--------|-------|
| Исп.                    | Перв. примен.                           |      |          |           |        |       |
|                         | Справ. №                                |      |          |           |        |       |
| Изм. № под Подл. и дата | Изм. № подл. № инв. № инв. Подп. и дата |      |          |           |        |       |
|                         | Изм.                                    | Лист | № докум. | Подп.     | Дата   |       |
| Изм. № под Подл. и дата | Лит.                                    |      |          |           | Масса  | Масс. |
|                         | Лист                                    |      |          |           | Листов |       |
|                         | Н. конт.                                |      |          |           | Утв.   |       |
| Копировал               |   |      |          | Формат 11 |        |       |

Ф. 2.104-1

|  |      |      |           |         |      |      |
|--|------|------|-----------|---------|------|------|
| Инв. № акта<br>Подп. и дата<br>Взам инв. № инв. № инв.<br>Подп. и дата |      |      |           |         |      | Лист |
|  | взм. | Лист | № докумен | Подпись | Дата |      |
|  |      |      |           |         |      |      |
|  |      |      |           |         |      |      |

# З А Д А Н И Е

## НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОАППАРАТУРЫ

Выдано студенту \_\_\_\_\_ Срок выполнения \_\_\_\_\_ Руководитель проекта \_\_\_\_\_

Тема проекта: \_\_\_\_\_  
(наименование блока, узла, детали, устройства)

\_\_\_\_\_ (схема средств механизации или автоматизации)

Программа \_\_\_\_\_ в год.

### Содержание проекта:

1. Разработать технологический процесс изготовления детали № \_\_\_\_\_
2. Спроектировать оснастку (приспособление, штамп, прессформу, специнструмент и пр.) для изготовления заданной детали.

а. Назначение приспособления \_\_\_\_\_  
(для обработки каких изделий)

\_\_\_\_\_ (перечень операций, подлежащих выполнению на проектируемом оборудовании; область применения —  
в составе механизированной линии, комплекса или для самостоятельной работы)

б. Техническая характеристика приспособления:

\_\_\_\_\_ (требуемая производительность, грузоподъемность, скорость, габариты, вес, вместимость, стойкость к агрессивным средам,  
режим работы, переналаживаемость, штабелируемость, эстетические требования и т. д.)

в. Способ загрузки материалов, полуфабрикатов, деталей и съема продукции \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (автомат, подача, бункерная загрузка, вручную)

г. Специальные требования \_\_\_\_\_  
(дополнительные условия: требования техники безопасности,

\_\_\_\_\_ вентиляция, подогрев, охлаждение, обеспыливание,

\_\_\_\_\_ удаление отходов и т. д.)

3. Произвести технико-экономическое обоснование выбранного варианта изготовления детали.

4. Разработать технологический процесс сборки узла № \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

### Объем курсового проекта:

1. Чертеж узла № \_\_\_\_\_
2. Рабочий чертеж детали № \_\_\_\_\_
3. Карты технологического процесса изготовления детали.
4. Карты технологического процесса сборки узла.
5. Чертежи оснастки для изготовления заданной детали (узла).

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ 197\_\_ г. Руководитель проекта \_\_\_\_\_ Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

|  |    |
|--|----|
| 1. <u>Методические указания к курсовому проектированию (для специальности 0705) по курсу "Конструирование радиоаппаратуры"</u> . |    |
| 1.1. Цель и задачи курсового проектирования.....   | 3  |
| 1.2. Тематика курсовых проектов.....   | 4  |
| 1.3. Задание на курсовое проектирование.....   | 4  |
| 1.4. Содержание и объем курсового проекта.....   | 4  |
| 1.5. Порядок выполнения курсового проекта.....   | 5  |
| 1.6. Расчет принципиальной электрической схемы.<br>Выбор радиоэлементов и их номиналов.....                                      | 7  |
| 1.7. Обоснование выбора конструкций, применяемых материалов и покрытий.....  | 8  |
| 1.8. Расчет тепловых режимов радиоэлектронных блоков (узлов).....  | 8  |
| 1.9. Техническое описание.....   | 11 |
| 1.10. Методические указания к изложению глав "Техническое описание" и "Технические расчеты".....                                 | 14 |
| П. <u>Методические указания к курсовому проектированию по курсу "Технология радиоаппаратостроения"</u>                           |    |
| 2.1. Цель и задачи курсового проектирования.....   | 17 |
| 2.2. Тематика курсовых проектов.....   | 17 |
| 2.3. Содержание курсового проекта.....   | 18 |
| 2.4. Краткие требования к выполнению составных частей курсового проекта.....   | 20 |
| П р и л о ж е н и я.....   | 23 |

**КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ**  
**ТЕХНОЛОГИЯ**  
**РАДИОАППАРАТОСТРОЕНИЯ**

Методические указания к курсовому проекту

Редактор Э. А. Грязнова  
Техн. редактор Н. М. Каленюк  
Корректор Л. В. Сидорова

Подп. в печ. 1/X 1975 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Объем 1,75 п. л. Тираж 600 экз. Цена 10 коп.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт им. С. П. Королева,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Ротапечатьный цех областной типографии им. Маяки,  
г. Куйбышев, ул. Венцека, 60. Заказ № 7002.