Федеральное агентство по образованию РФ

Рязанский государственный радиотехнический университет

Кафедра ТРЭА

**Пояснительная записка к курсовому проекту**

**по дисциплине «Конструирование узлов и проектирование технологических процессов»**

**на тему: Конструирование и технология изготовления генератора «воющего» шума**

Выполнил: ст. гр. 549

Кулебякина Н.Ю.

Проверил:

Сускин В.В.

Рязань 2009

# Федеральное агентство по образованию РФ

# Рязанский государственный радиотехнический университет

# Кафедра ТРЭА

**Задание**

**на курсовой проект по дисциплине**

«Конструирование узлов и проектирование технологических процессов»

студенту Кулебякиной Н.Ю. группы 549

1. Тема проекта: Конструирование и технология изготовления генератора «воющего» шума.

2. Срок сдачи законченного проекта: 15 ноября 2009 г.

3. Исходные данные.

3.1. Схема электрическая принципиальная генератора «воющего» шума.

3.2. Условия эксплуатации

Устройство должно сохранять работоспособность при:

- температуре окружающей среды от плюс 1 до плюс 40°С;

* атмосферном давлении (84-107)кПа, (630-800) мм рт.ст.;
* относительной влажности воздуха (45-80)%;
* вибрационных нагрузках, соответствующих лабораторным условиям

эксплуатации.

3.3. Класс точности третий.

4. Требования по надежности устройства.

4.1. Средняя наработка на отказ не менее 5000ч.

5. Производство устройства.

Годовой объем выпуска-100 000.

6. Выполнить

6.1. Расчет конструкции, надежности, теплового режима, вибропрочности устройства и его элементов.

6.2. Конструкцию устройства.

6.3. Маршрутную технологию изготовления печатного узла.

6.4. Комплект конструкторской документации.

Дата выдачи задания 10.09.2009

Срок выполнения работы 15.11.2009

Подпись руководителя Сускин В.В.

Подпись студента Кулебякина Н.Ю.

**СОДЕРЖАНИЕ**

1 Введение

1.1 Краткое описание принципиальной схемы и назначения устройства

2 Конструирование устройства

2.1 Выбор элементной базы и технологии изготовления, сборки и монтажа

2.1.1 Выбор электрорадиоэлементов

2.1.2 Выбор технологии изготовления, сборки и монтажа

2.2 Конструирование печатного узла

2.2.1 Расчет конструкции печатной платы

2.2.2 Создание библиотеки компонентов

2.2.3 Формирование схемы электрической принципиальной

2.2.4 Компоновка печатного узла

2.3 Конструирование деталей (корпуса)

3 Технология изготовления сборки и монтажа

3.1 Анализ конструкции на технологичность

3.2 Проектирование конструкции технологической оснастки

3.2.1 Штамп

3.2.2 Прессформа

3.3 Разработка технологического процесса изготовления, сборки и монтажа

3.4 Инженерные расчеты

3.4.1 Расчет надежности

3.4.2 Расчет теплового режима

3.4.3 Расчёт механической прочности

Заключение

Библиографический список

**1 ВВЕДЕНИЕ**

В мире сейчас существует огромное количество самых разных устройств, так называемого шумового воздействия. Данный генератор «воющего» шума находит свое применение в:

* медицине, в качестве кнопки вызова медицинского персонала;
* быту, как переносной звонок, предупреждающий о появлении гостей на дачном участке;
* в качестве игрового устройства;
* в каждом из видов электронных средств, где имеется система, устройство или элемент, выполняющие одну и ту же функцию: обеспечение сигнала оповещения.

В настоящее время существует большое количество как отечественных, так и зарубежных аналогов данного устройства. В данном курсовом проекте разрабатывается генератор «воющего» шума, чьи преимущества состоят в следующем:

* генератор прост в обращении, что делает его доступным для детей и людей пожилого возраста;
* прибор имеет автономный источник питания и не зависит от сети;
* легкое изменение параметров звучания;
* благодаря применению защелок, возможна быстрая сборка устройства и замена источника питания, не требующие дополнительных приспособлений;
* удобен для транспортировки.

С целью повышения конкурентоспособности данного изделия возникает необходимость в повышении технологичности, снижении себестоимости, а так же уменьшении габаритных размеров.

Учитывая серийный тип производства, с точки зрения экономичности, основная часть элементарной базы устройства следует представить в DIP-исполнении, что позволит использовать для регулировки и настройки прибора достаточно простое оборудование и увеличить ремонтопригодность изделия.

Использование современных комплектующих позволяет повысить надежность, снизить габариты и массу разрабатываемого устройства.

В данном курсовом проекте выполняется следующее:

1. Выбор элементной базы и технологии изготовления, сборки и монтажа.
2. Расчет конструкции печатной платы и компоновки печатного узла.
3. Расчёт конструкции генератора на технологичность и разрабатывается технологическая схема сборки печатного узла блока.
4. Производятся расчёты теплового режима конструкции, вибропрочности, надёжности.
5. Проектирование конструкции технологической оснастки.

Приводится разработанная конструкторская документация на изделие, чертежи печатных плат, электрической схемы, описание технологического процесса сборки печатного узла.

**1.1 Краткое описание принципиальной схемы и назначения устройства**

Разрабатываемое в данном проекте самовозбуждающееся устройство предназначено для генерации шумового воздействия, переключающегося с определенной частотой. При помощи переменных резисторов, выведенных на корпус, можно изменять параметры звучания. Включение осуществляется кнопкой PBS-10B.

Генератор должен быть конструктивно законченным изделием, соответствующим следующим эксплуатационным требованиям:

* температура окружающей среды от плюс 1 до плюс 40°С;
* атмосферное давление (84-107)кПа, (630-800) мм рт.ст.;
* относительная влажность воздуха (45-80)%;
* вибрационные нагрузки, соответствующие лабораторным условиям

эксплуатации.

Требования по надежности: средняя наработка на отказ не менее 5000 часов.

С целью снижения затрат времени и средств на разработку устройства, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт, генератор должен соответствовать требованиям технологичности.

**2 КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА**

В настоящее время возрастает сложность РЭА, перед конструкторами встают новые задачи. Именно от конструкции РЭА в значительной степени зависит качество и эффективность использования аппаратуры, ее надежность и функциональные возможности, стоимость производства и эксплуатации.

Конструирование – это процесс выбора и отражения в технических документах структуры, размеров и формы, материалов и внутренних связей проектируемого устройства. [11]

Конструирование РЭА зависит от большого количества факторов, основными из которых являются: функциональное назначение аппаратуры, объект установки, условия эксплуатации, эксплуатационные требования, производственно-технологические требования, экономические показатели.

**2.1 Выбор элементной базы и технологии изготовления,**

**сборки и монтажа**

**2.1.1 Выбор электрорадиоэлементов**

При анализе принципиальной электрической схемы весь перечень элементов можно разбить на две группы:

1.Элементы, жестко регламентированные схемой (указаны их уникальные индексы). Такие как, транзисторы 2N2222, 2N2646.

2. Элементы, регламентированные по основному параметру (указано соответствующее номинальное значение этой величины). Предоставляется возможность самому подобрать тип данного элемента.

Таким образом, при выборе элементной базы будем придерживаться того, что:

1. Компоненты должны обладать указанными в схеме характеристиками;

2. Номенклатура используемых типов корпусов должна быть по возможности сужена для повышения технологичности конструкции печатного узла.

Необходимо применять в первую очередь стандартные и унифицированные элементы, а также другие изделия массового или серийного производства. Стандартные элементы выбираются по данным официальных справочников.

Выбор ЭРЭ производится путем сопоставления технических условий на них с условиями применения элементов в изделии. При выборе элементов следует придерживаться предельных значений параметров окружающей среды. [17]

При предельных температурах не должны происходить необратимые изменения параметров элементов, а также сами материалы ЭРЭ не должны разрушаться. Выбор ЭРЭ зависит также от принятого вида монтажа. [30]

Кроме того, тенденция развития современного приборостроения в России показывает, что как в новых разработках, так и в серийном производстве все шире используются электронные компоненты (электрорадиоизделия и детали аппаратуры) зарубежных производителей. Объективными причинами такого явления послужили резкое сокращение объемов выпуска отечественных ЭРЭ, практическая остановка большинства их производителей, а также отсутствие в последние годы новых разработок элементной базы. Все это на фоне бурного прогресса мировой электронной индустрии привело к отставанию отечественных ЭРЭ от зарубежных на 10-15 лет как по техническому уровню, так и по технико-экономическим показателям. В результате ряд групп современных электрорадиоизделий отечественной промышленностью практически не выпускаются, а те ЭРЭ, что выпускаются, порой значительно дороже зарубежных аналогов. Так, например, зарубежные конденсаторы с оксидным диэлектриком примерно втрое дешевле отечественных аналогов при выигрыше в массогабаритных параметрах. [19]

Все вышеизложенное, а также фактическое разрешение с ноября 1997г. импортной комплектации отечественной аппаратуры специального назначения, дали серьезный импульс отечественным предприятиям на использование импортных ЭРЭ.

С учетом всего вышесказанного и руководствуясь схемой электрической принципиальной выберем следующие ЭРЭ:

1. В качестве постоянных резисторов выберем резисторы с корпусом С1-4 (R1, R2, R3, R4, R8, R9, R10).

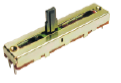


**Рисунок 1. Постоянный резистор С1-4**

**Таблица 1. Характеристики резистора С1-4 [27]**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальная мощность, Вт  (при ) | Диапазон номинальных сопротивлений | Ряд промежуточных значений, допуск | Диаметр,  мм | Длина,  мм |
| 0,5 (70) | 10Ом…  10МОм | Е24, Е48  +2; +5; + 10 | 5,5 | 13 |

2. Переменный резистор СП3-19 (R5, R6, R7).



**Рисунок 2. Переменный резистор СП3-19**

**Таблица 2. Характеристики резистора СП3-24 [3]**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальная мощность, Вт  (при ) | Диапазон номинальных сопротивлений | Ряд промежуточных значений, допуск | Функциональная характеристика | Ширина,  мм | Длина,  мм | Высота,  мм |
| 0,25 (40) | 680 Ом…  1 МОм | Е6  +20; + 30 | А | 14,5 | 56 | 18 |

3. Конденсатор с органическим диэлектриком К73-11 (С2).

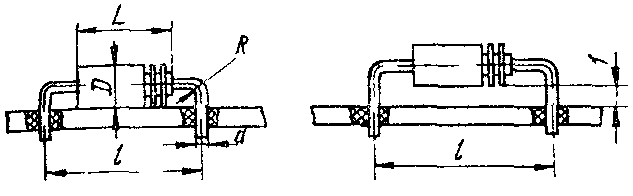


**Рисунок 3. Конденсатор К73-11**

**Таблица 3. Характеристики конденсатора К73-11 [5]**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальное напряжение, В | Диапазон номинальных емкостей, мкФ | Ряд промежуточных емкостей, допуск | Ширина,  мм | Длина,  мм | Высота,  мм |
| 400 | 0,022…1 | Е6  +5; +10; + 20 | 7…15 | 13…30 | 18 |

4. Полярный конденсатор К50-15 (С1).



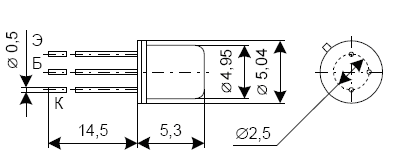
**Рисунок 4. Полярный конденсатор К50-15**

**Таблица 4. Характеристики полярного конденсатора К50-15 [7]**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальное напряжение, В | Диапазон номинальных емкостей, мкФ | Диаметр,  мм | Длина,  мм | Диаметр вывода,  мм |
| 250 | 2,2 | 9,7 | 35 | 0,9 |

5. Импортный биполярный транзистор 2N2222 (VT3).

Отечественный аналог – КТ3117А.



**Рисунок 5. Транзистор 2N2222**

**Таблица 5. Характеристики биполярного транзистора 2N2222 [22]**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Проводимость | Uкэmax,  В | Iкэmax,  A | Pк,  Вт | Fгр,  МГц | Масса,  гр |
| Кремний | n-p-n | 75 | 0,8 | 0,5 | 250 | 0,5 |

6. Импортный полевой транзистор 2N2646 (VT1, VT2).



**Рисунок 6. Транзистор 2N2646**

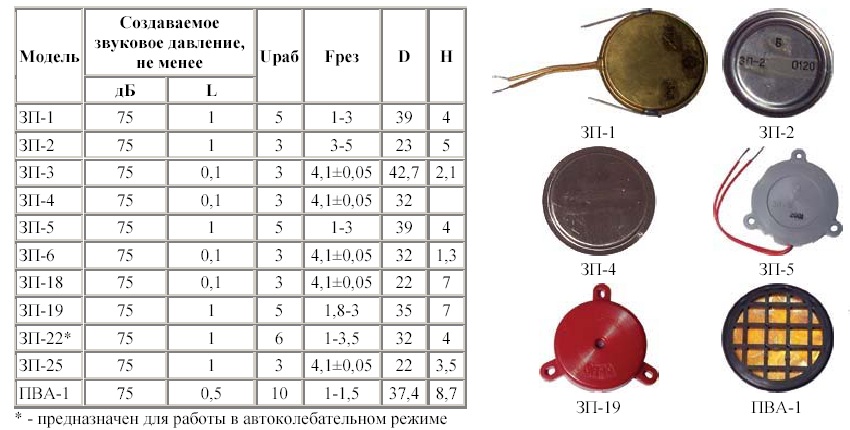
**Таблица 6. Характеристики полевого транзистора 2N2646 [8]**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Проводимость | Uкэmax,  В | Iкэmax,  A | Pк,  Вт | Fгр,  МГц | Масса,  гр |
| Кремний | n-p-n | 75 | 0,5 | 0,5 | 50 | 0,5 |

Модель корпуса аналогична корпусу транзистора 2N2646.

7.Звукоизлучатель.

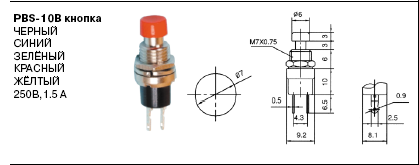
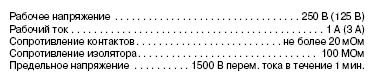
Выберем для нашей схемы модель ЗП-2.



**Рисунок 7. Звукоизлучатель [1]**

8.Выключатель.

Выберем кнопочный выключатель PBS-10B.



**Рисунок 8. Выключатель [6]**

**2.1.2 Выбор технологии изготовления, сборки и монтажа**

###### Увеличение плотности печатного монтажа, тенденция к автоматизации технологических процессов изготовления печатных плат, необходимость уменьшения трудоемкости и повышения процента выхода годных изделий существенно обострили вопрос технологичности и серийнопригодности печатных плат. При реализации схемотехнических решений минимально необходимые размеры элементов печатного монтажа и их взаимное расположение определяются в результате расчета электрической схемы.

При разработке функционального узла с печатным монтажом должны учитывать следующие требования:

* Максимальные размеры ПП имеют много ограничений. Это и габариты фотошаблонов, и возможности сверлильных станков;
* метод изготовления печатных плат определяет основные конструкционные, технико-экономические и эксплуатационные характеристики функционального узла, а также выбор материала основания и количество металлизированных слоев печатных плат;
* разработка и изготовление печатных плат с высокой плотностью монтажа связана с большими конструктивными и технологическими трудностями.

Габариты печатной платы определяются количеством ЭРЭ, установленных на ней, и их установочными размерами. [17]

При разработке конструкции печатной платы необходимо учитывать следующие требования:

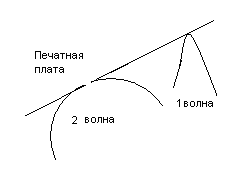
* печатные платы следует выполнять по возможности прямоугольной формы;
* основной шаг координатной сетки 2.5 мм, дополнительные 1.25 и 0.625 мм.

В целях для лучшего теплоотвода применим конструкцию односторонней печатной платы с металлизацией отверстий. В сторону выбора односторонней печатной платы говорит и то, что максимальную площадь занимают переменные резисторы, динамик и выключатель, которые должны выводиться на корпус устройства, т. е. располагаться на одной стороне ПП. Односторонние ПП обеспечивают самую высокую точность выполнения проводящего рисунка и совмещения его с отверстиями и при этом являются наиболее дешевым классом печатных плат. Для повышения прочности крепления элементов выберем одностороннюю ПП с металлизацией отверстий.

Метод изготовления печатной платы выбран на основании ОСТ 4.ГО054.043 и ОСТ 4.ГО054.058. Односторонние печатные платы изготавливаются комбинированным позитивным методом, основанным на применении одностороннего фольгированного диэлектрика. Этот метод сочетает в себе субтрактивный и аддитивный методы, т.е. основан как на операции нанесения проводящего слоя, так и на операции травления излишней металлизации. Металлизацию отверстий проводят электрохимическим методом, а проводящий рисунок схемы получают травлением меди с пробельных мест.

Печатные платы третьего класса - наиболее распространенные, поскольку, с одной стороны, обеспечивают достаточно высокую плотность трассировки и монтажа, а с другой - для их производства достаточно рядового, хотя и специализированного, оборудования.

В качестве вида пайки выберем пайку двойной волной припоя. Данный метод применяется для пайки дип-элементов и чип-корпусов, изготовленных по толстопленочной технологии.



**Рисунок 9. Схема пайки двойной волной припоя**

Первая волна обладает узкой направленностью с высоким зивихрением, высокой скоростью струи и сопла, исключает появление газовых полостей. Вторая волна устраняет перемычки припоя, созданные первичной волной.

**2.2 Конструирование печатного узла**

При конструктивной компоновке изделия необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. Элементы схемы должны располагаться таким образом, чтобы электрические связи между ними были наиболее короткими;
2. Для исключения наводок цепей переменного напряжения на цепи выпрямленного напряжения эти цепи следует прокладывать в отдельных жгутах. Жгуты должны быть разнесены друг от друга. С этой целью трансформатор и дроссель следует располагать так, чтобы оси их катушек были взаимно перпендикулярны. Трансформаторы и дроссели должны быть по возможности удалены от усилительных элементов;
3. Тяжёлые элементы должны быть установлены ближе к точкам крепления шасси;
4. Элементы схемы должны располагаться так, чтобы полупроводниковые приборы, а также конденсаторы не подогревались другими элементами, выделяющими тепло;
5. Все элементы должны быть установлены так, чтобы была обеспечена возможность их замены без демонтажа других деталей. [24]

**2.2.1 Расчет конструкции печатной платы**

Выберем в качестве материала печатной платы фольгированный стеклотекстолит FR-4 со следующими характеристиками:

-толщина материала 1 мм;

-толщина фольги 0,035мм.

Согласно классу точности 3 (ГОСТ 23751-86), отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине печатной платы равно 0,33:



По ГОСТ 10317-79 минимальный допустимый диаметр металлизированного отверстия равен 0,4мм.

Применение металлизированных КП обосновано тем, что их можно использовать в качестве переходных отверстий.

При расчете диаметра металлизированного отверстия следует предусматривать гарантированный зазор (не менее 0,1 мм) для заполнения металлизированного отверстия расплавленным припоем.

d = ds + |∆| + 0,1 (2.1)

d - диаметр отверстия;

ds - диаметр или диагональ вывода;

|∆| - модуль (абсолютное значение) нижнего значения допуска на отверстие. Согласно ГОСТ 23751-86, для отверстий с металлизацией и оплавлением диаметром до 1,0 мм включительно, величина |∆| принимается равной 0,13мм; для отверстий большего диаметра |∆| брать равным 0,15мм.

Наименьший номинальный диаметр D контактной площадки (согласно ГОСТ 23751-86) рассчитывают по формуле:

D=(d+∆dв.о)+2b+∆tв.о+2∆dтр+(Td2+TD2+∆tп.о2) (2.2)

Где:

d – диаметр отверстия;

b — гарантийный поясок ( b=0.1)

∆dв.о— верхнее предельное отклонение диаметра отверстия ( при d≤1мм ∆dв.о =0 ; при d>1мм ∆dв.о =0,05мм);

∆tв.о — верхнее предельное отклонение диаметра контактной площадки ( с мегалитическим покрытием ∆tв.о =0,1);

∆dтр — значение подтравливания диэлектрика в отверстии (для ДПП ∆dтр=0);

∆tп.о— нижнее предельное отклонение диаметра контактной площадки ( с мегалитическим покрытием

∆tв.о =-0,1);

Td — Значение позиционного допуска расположения осей отверстий (При размер печатной платы по большей стороне, до 180мм включительно Td=0,03);

TD — Значение позиционного допуска расположения центров контактных площадок (При размер печатной платы по большей стороне, до 180мм включительно TD =0,15);

Таким образом для отверстий диаметром меньше 1мм включительно имеем:

D=(d+0)+2•0.1+0.1+2•0 +(0.032+0.152+0.12)=d+0.333 (2.3)

Для отверстий, диаметром большим 0,1мм имеем:

D=(d+0,05)+2•0.1+0.1+2•0+(0.032+0.152+0.12)=d+0.383 (2.4)

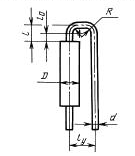
При использовании элементов с 2 осевыми выводами необходимо учитывать требования ГОСТ 10317-79– расстояние между выводами должно быть кратно 1,25 мм. Минимально возможное расстояние между выводами регламентирует ГОСТ 29137-91:



**Рисунок 10. Расстояние между выводами**

ly = L + 2l0 + 2R + d (2.5)

Согласно ГОСТ 29137-91 резисторы, конденсаторы и диоды в цилиндрических корпусах с двумя осевыми выводами разрешается устанавливать вертикально.



**Рисунок 11. Вертикальное размещение элемента**

При этом минимальное расстояние между выводами определяется по формуле:

(2.6)



**Таблица 7. Установочные размеры для вертикально размещенных элементов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Шифр позиции ИЭТ | Диаметр корпуса D, мм | Установочный размер ly, мм |
| 0401 | До 3,0 включительно | 2,5 |
| 0402 | 3,0..5,5 | 3,75 |
| 0403 | 5,5..8 | 5,0 |

Примем шаг трассировки для данного печатного узла равным 1,25 мм.

1. Резистор С1-4 (R1, R2, R3, R4, R8, R9, R10).

ds=0.6

|∆|=0.13

d=0.6+0.13+0.1=0,83

Согласно ГОСТ 10317-79, d=0,9мм

Используя формулу (2) получим D=0,9+0.333=1.233

Таким образом, D=1.3 мм.

Установим данный резистор вертикально:

Установочный размер возьмем из таблицы 1; для d=5,5 мм



=3,75 мм.



1. Резистор СП3-24 (R5, R6, R7).

ds=1.3

|∆|=0.15

d=1.3+0.15+0.1=1.55

Согласно ГОСТ 10317-79, d=1,6мм

Используя формулу (3) получим D=1,6+0.383=1.983

Таким образом D=2 мм

Выводы элемента не формуются.

1. Конденсатор К73-11 (С2).

ds=0.8

|∆|=0.15

d=0.8+0.15+0.1=1,05

Согласно ГОСТ 10317-79, d=1,1мм

Используя формулу (3) получим D=1,1+0.383=1.483

Таким образом D=1.5 мм

ly = L + 2l0 + 2R + d

ly =20+2•0,5+2•1+0,8=23,8

Учитывая требование, ГОСТ 10317-79 примем расстояние между выводами (а соответственно и центрами отверстий КП) равным 25 мм.

1. Конденсатор К50-15 (С1).

ds=0.9

|∆|=0.15

d=0.9+0.15+0.1=1,15

Согласно ГОСТ 10317-79, d=1,2мм

Используя формулу (3) получим D=1,2+0.383=1.583

Таким образом D=1.6 мм

ly = L + 2l0 + 2R + d

ly =35+2•0,5+2•1+0,9=38,9

Учитывая требование, ГОСТ 10317-79 примем расстояние между выводами (а соответственно и центрами отверстий КП) равным 40 мм.

1. Транзисторы 2N2222, 2N2646 .

ds=0.5

|∆|=0.13

d=0.5+0.13+0.1=0.73

Согласно ГОСТ 10317-79, d=0,8мм

Используя формулу (2) получим D=0.8+0.333=1.133

Таким образом D=1.2 мм

Выводы элемента не формуются.

6. Звукоизлучатель ЗП-2.

ds=1.2

|∆|=0.15

d=1.2+0.15+0.1=1.45

Согласно ГОСТ 10317-79, d=1,5мм

Используя формулу (3) получим D=1,5+0.383=1.883

Таким образом D=1,9 мм

Выводы элемента не формуются.

7. Выключатель PBS1-10B.

ds=0.9

|∆|=0.15

d=0.9+0.15+0.1=1,15

Согласно ГОСТ 10317-79, d=1,2мм

Используя формулу (3) получим D=1,2+0.383=1.583

Таким образом D=1.6 мм

Выводы элемента не формуются.

Расчет ширины проводников и зазоров

Приближенный анализ электрической схемы позволяет отнести её к слаботочным и низковольтным цепям. Таким образом, ширина печатных проводников и зазоров выбираются минимальными для данного класса точности, то есть 0,25мм.

Расчет площади платы

Рассчитаем площади, занимаемые элементами печатного узла:



Суммарная площадь, занимаемая элементами печатного узла:



Рассчитаем площадь платы, выбрав коэффициент использования 1,5:



Согласно действующему ГОСТ 10317-79 при длине стороны печатной платы до 100мм размеры каждой стороны должны быть кратны 2,5мм. В целях наиболее рационального использования площади платы выполним её в виде прямоугольника. Ближайшее значение площади, удовлетворяющее требованиям стандарта, равно 5044 мм2. Это соответствует размерам платы 63 х 80 мм2.

Очевидно, что изготовить печатный узел такого размера невозможно. Это объясняется тем, что площадь, занимаемая переходными отверстиями и контактными площадками, не учитывается при расчете коэффициента использования. При малых размерах платы она будет составлять значительную долю площади всей платы. Также для комфортной настройки громкости при помощи переменных резисторов расположим их на удобном расстоянии друг от друга.

Таким образом, мы вынуждены увеличить размеры печатной платы. При этом коэффициент использования будет меньше требуемого в задании.

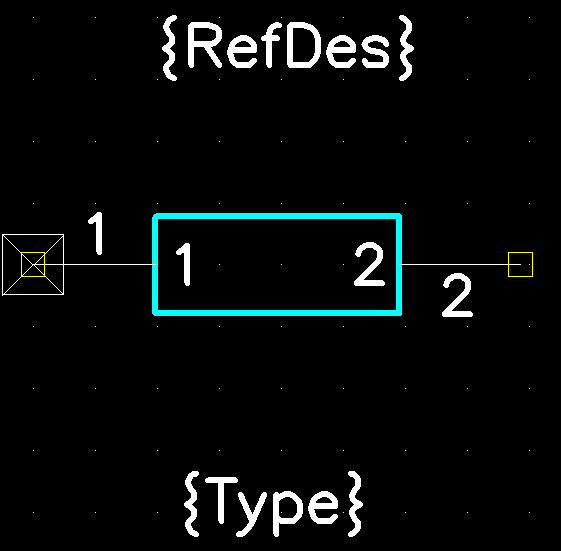
Опытным путем был установлено, что минимальный размер платы, при котором возможно создать данный печатный узел, равен 88 х 102 мм2. Ко-эффициент использования при этом равен:



**2.2.2 Создание библиотеки компонентов**

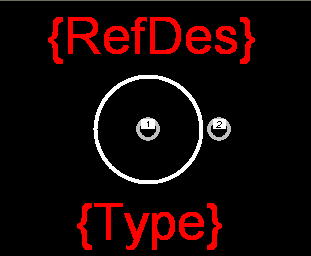
При создании библиотеки компонентов печатного узла необходимо:

1.При помощи редактора Symbol Editor создать условное обозначение компонента согласно ГОСТ 2.728- 74, ГОСТ 2.730- 73. Установить атрибуты {RefDes}, {Type}, {Value} (для однозначной идентификации элемента на последующей электрической схеме) и точку привязки, относительно которой будет вращаться изображение на схеме. Проверить правильность создания условного обозначения (командой Utils/Validate**).**



**Рисунок 12. Условное обозначение элемента С1-4 с атрибутами**

2.При помощи редактора Pattern Editor создать посадочное место под компонент с учетом геометрических размеров корпуса и контактных площадок. Установить атрибуты {RefDes}, {Type}, {Value} (для однозначной идентификации элемента на последующей схеме компоновки печатного узла) и точку привязки. При необходимости указать точку нанесения клея. Проверить правильность создания посадочного места (командой Utils/Validate**).**



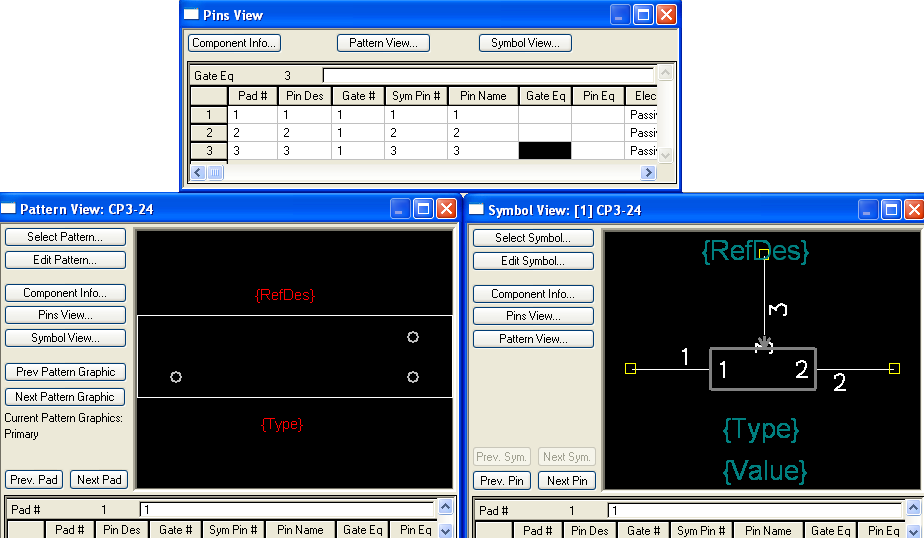
**Рисунок 13. Посадочное место под элемент С1-4 с атрибутами**

3. В менеджере библиотек Library Executive произвести соединение посадочного места с условным обозначением путём задания соответствия между контактными площадками первого и контактами второго с указанием их типов. Проверить правильность создания компонента (командой Utils/Validate).

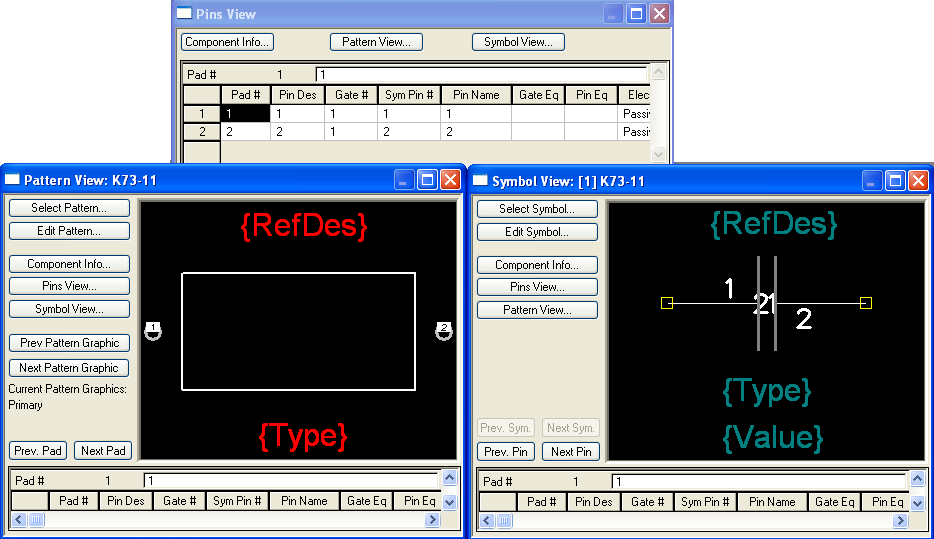


**Рисунок 14. Таблица соответствия для элемента С1-4**

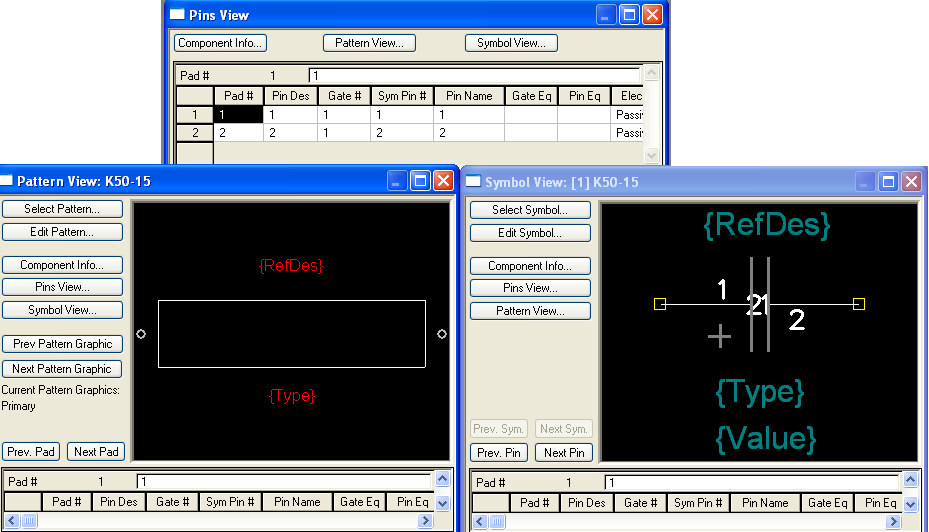
Согласование символов остальных компонентов с их посадочными местами и создание дополнительной текстовой информации, то есть упаковка компонента в корпус, представлены на рисунках 15-21.



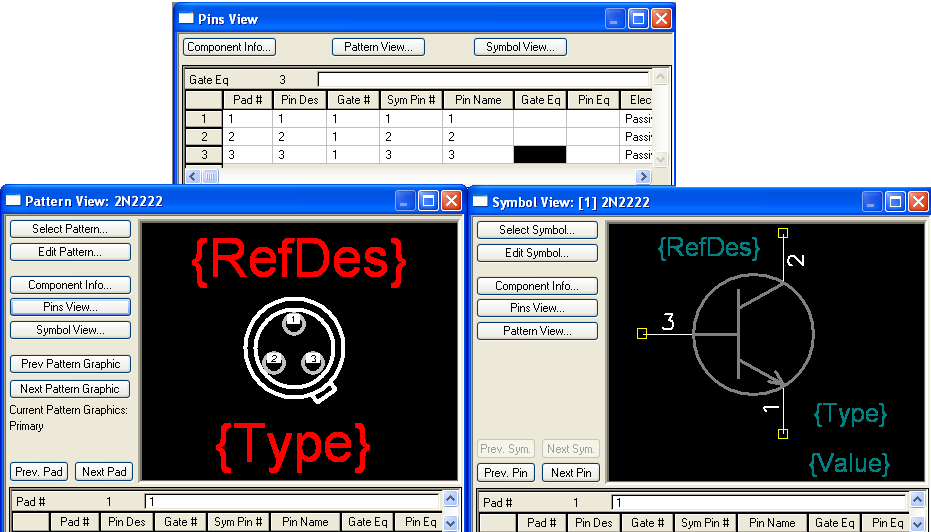
**Рисунок 15. Компонент СР3-24**



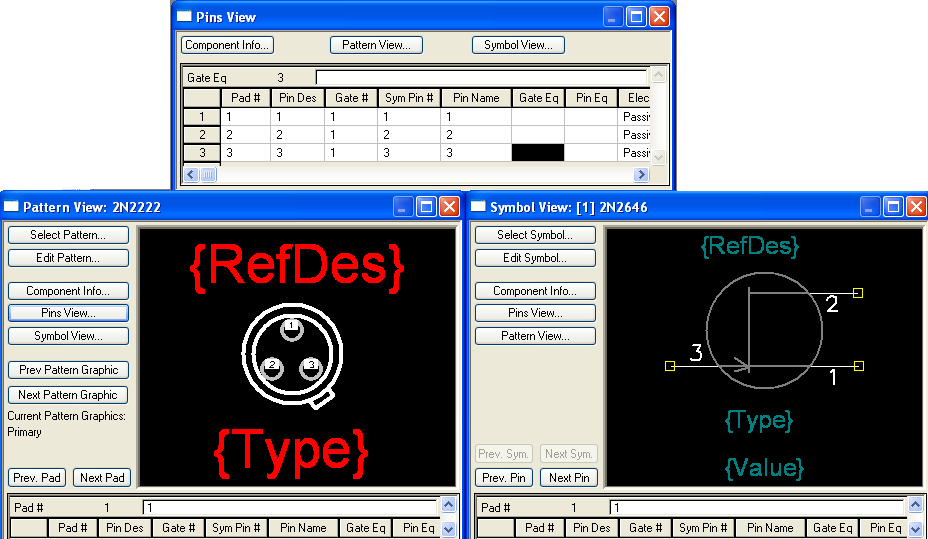
**Рисунок 16. Компонент К73-11**



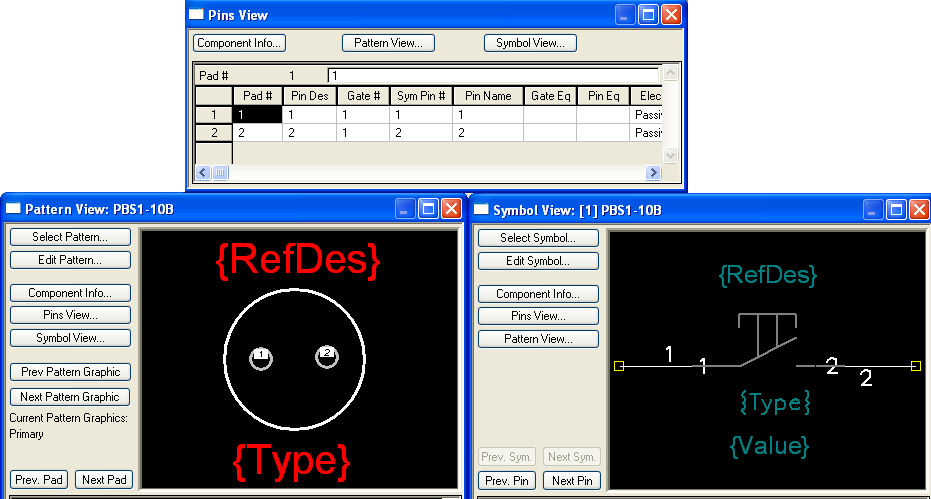
**Рисунок 17. Компонент К50-15**



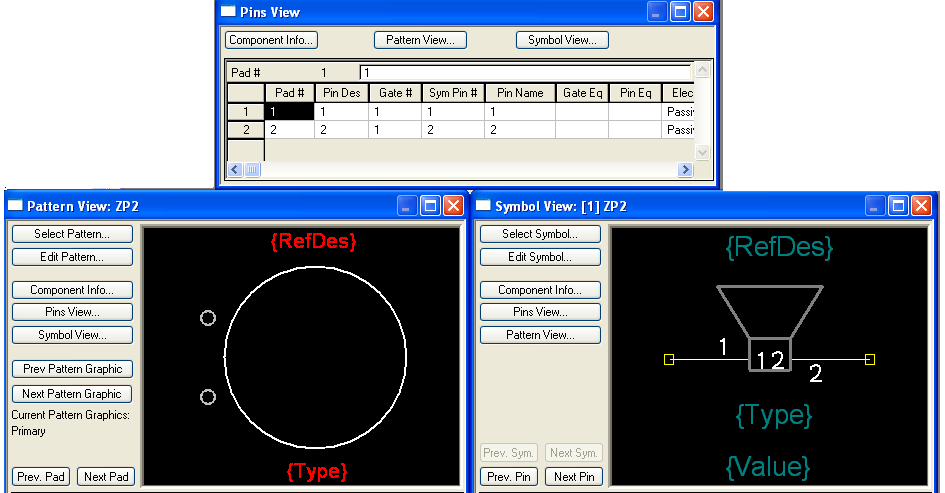
**Рисунок 18. Компонент 2N2222**



**Рисунок 19. Компонент 2N2646**

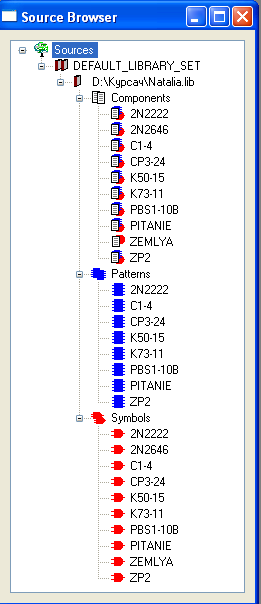


**Рисунок 20. Компонент PBS1-10B**



**Рисунок 21. Компонент ZP2**

В результате проделанной работы получается файл \*.lib, содержащий всю необходимую информацию об элементной базе печатного узла (рисунок 20).



**Рисунок 22. Библиотека компонентов**

**2.2.3 Формирование схемы электрической принципиальной**

Формирование принципиальной электрической схемы производится в редакторе Schematic. Процесс создания схемы можно разделить на несколько этапов:

1.Настройка среды редактора:

-установка формата рабочей области А4;

-установка миллиметрового шага сетки, кратного 2,5 (согласно ЕСКД);

-установка кириллического шрифта в качестве стандартного;

-установка ширины линий;

-создание шаблона штампа (согласно ЕСКД) в виде \*.ttl-файла и его подключение к документу;

-подключение ранее созданной библиотеки компонентов;

2.Непосредственное создание схемы:

-размещение надписей, обозначений компонентов в рабочей области графического редактора и объединение выводов проводниками;

-редактирование положения элементов и надписей на схеме;

3.Проверка схемы средствами редактора (командой **Utils/ERC..).**

Результатом проделанной работы является \*.sch-файл схемы электрической принципиальной, а также \*.erc-файл протокола ошибок (см. Приложения). [9]

Текст протокола ошибок:

D:\Курсач\Shema.erc:

ERC Report Options:

Single Node Nets: On

No Node Nets: On

Electrical Rules: On

Unconnected Pins: On

Unconnected Wires: On

Bus/Net Rules: On

Component Rules: On

Net Connectivity Rules: On

Hierarchy Rules: On

ERC Errors:

SINGLE NODE NETS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

NO NODE NETS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

ELECTRICAL RULES:

Warning 1 -- Net NET00000 has no input pins

Warning 2 -- Net NET00000 has no output pins

Warning 3 -- Net NET00001 has no input pins

Warning 4 -- Net NET00001 has no output pins

Warning 5 -- Net NET00005 has no input pins

Warning 6 -- Net NET00005 has no output pins

Warning 7 -- Net NET00003 has no input pins

Warning 8 -- Net NET00003 has no output pins

Warning 9 -- Net NET00013 has no input pins

Warning 10 -- Net NET00013 has no output pins

Warning 11 -- Net NET00004 has no input pins

Warning 12 -- Net NET00004 has no output pins

Warning 13 -- Net NET00007 has no input pins

Warning 14 -- Net NET00007 has no output pins

Warning 15 -- Net NET00008 has no input pins

Warning 16 -- Net NET00008 has no output pins

Warning 17 -- Net NET00009 has no input pins

Warning 18 -- Net NET00009 has no output pins

Warning 19 -- Net NET00010 has no input pins

Warning 20 -- Net NET00010 has no output pins

Warning 21 -- Net NET00006 has no input pins

Warning 22 -- Net NET00006 has no output pins

Warning 23 -- Net NET00018 has no input pins

Warning 24 -- Net NET00018 has no output pins

Warning 25 -- Net NET00019 has no input pins

Warning 26 -- Net NET00019 has no output pins

26 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

UNCONNECTED PINS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

UNCONNECTED WIRES:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

BUS/NET RULES:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

COMPONENT RULES:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

NET CONNECTIVITY RULES:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

HIERARCHY RULES:

Hierarchy is simple.

Hierarchy is resolved.

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

ERC Summary:

Single Node:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

No Node:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Electrical:

Errors: 0

Warnings: 26

Ignored Errors: 0

Unconnected Pin:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Unconnected Wire:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Bus/Net:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Component:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Net Connectivity:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Hierarchy:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Согласно протоколу, принципиальная электрическая схема выполнена правильно и мы в праве перейти к компоновке печатного узла.

**2.2.4 Компоновка печатного узла**

Перед непосредственной компоновкой создадим архивную библиотеку компонентов (командой Library/Archive library..)и список соединений (командой Utils/Generate Netlist..) в редакторе Schematic. Таким образом, мы освобождаем себя от необходимости ручного соединения компонентов в редакторе PCB.

Фрагмент списка соединений, касающийся непосредственно связи выводов компонентов:

(net "NET00000"

(node "R1" "1")

(node "VT1" "1")

)

(net "NET00001"

(node "R3" "2")

(node "VT1" "2")

)

(net "NET00005"

(node "R7" "2")

(node "R8" "2")

)

(net "NET00003"

(node "R5" "1")

(node "R9" "1")

)

(net "NET00013"

(node "VT3" "3")

(node "VT2" "1")

(node "R4" "1")

)

(net "NET00004"

(node "R7" "1")

(node "R7" "3")

(node "C1" "1")

(node "R9" "2")

(node "VT1" "3")

)

(net "NET00007"

(node "R10" "2")

(node "R6" "1")

)

(net "NET00008"

(node "R10" "1")

(node "C2" "2")

(node "VT2" "3")

(node "R8" "1")

)

(net "NET00009"

(node "R2" "2")

(node "VT2" "2")

)

(net "NET00010"

(node "U2" "1")

(node "U1" "1")

(node "R6" "2")

(node "R6" "3")

(node "R5" "2")

(node "R5" "3")

(node "R1" "2")

(node "R2" "1")

)

(net "NET00006"

(node "U2" "2")

(node "VT3" "2")

)

(net "NET00018"

(node "U1" "2")

(node "A" "1")

)

(net "NET00019"

(node "VT3" "1")

(node "C2" "1")

(node "C1" "2")

(node "R3" "1")

(node "R4" "2")

(node "A" "2")

Протокол ошибок создания архивной библиотеки:

Archive Library Log

Errors:

Total error messages: 0

Information:

Component 2N2646 copied from library D:\КУРСАЧ\NATALIA.LIB to library D:\Курсач\A

rhiv.lib.

Component C1-4 copied from library D:\КУРСАЧ\NATALIA.LIB to library D:\Курсач\Ar

hiv.lib.

Component CP3-24 copied from library D:\КУРСАЧ\NATALIA.LIB to library D:\Курсач\A

rhiv.lib.

Component 2N2222 copied from library D:\КУРСАЧ\NATALIA.LIB to library D:\Курсач\A

rhiv.lib.

Component K50-15 copied from library D:\КУРСАЧ\NATALIA.LIB to library D:\Курсач\A

rhiv.lib.

Component PBS1-10B copied from library D:\КУРСАЧ\NATALIA.LIB to library D:\Курсач\

Arhiv.lib.

Component ZP2 copied from library D:\КУРСАЧ\NATALIA.LIB to library D:\Курсач\Arh

iv.lib.

Component K73-11 copied from library D:\КУРСАЧ\NATALIA.LIB to library D:\Курсач\A

rhiv.lib.

Total informational messages: 8

Графический редактор P-CAD РСВпредназначен для разработки и конструирования узлов. Он позволяет задавать размеры ПП, ширину проводников и величину индивидуальных зазоров для разных проводников, размеры контактных площадок и диаметры переходных отверстий, экранные слои. Редактор позволяет выполнять маркировку элементов, их размещение, упаковку схемы на плату, ручную и полуавтоматическую трассировку проводников и формировать управляющие файлы для технологического оборудования.

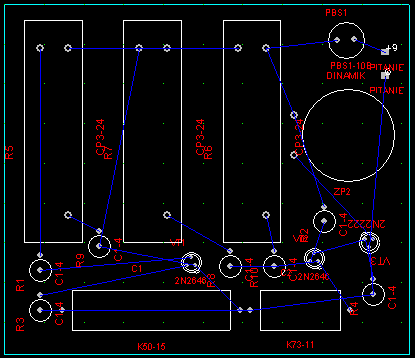
1.Настройка среды редактора (схожа с настройкой среды редактора Schematic,поэтому остановимся на различиях):

-установка миллиметровых шагов сетки 2,5 (для последующего построения контуров платы) и 0,5 (для задания шага трассировки);

-подключение ранее созданной архивной библиотеки компонентов;

-подключение к документу списка соединений;

В результате в рабочей области появятся посадочные места компонентов, выводы которых соединены согласно принципиальной электрической схеме.



**Рисунок 23. Результат подключения архивной библиотеки и списка соединений**

2.Непосредственное создание схемы:

-создание контура платы в слое Board;

-создание монтажных отверстий на плоскости платы (аналогично контактным площадкам, но с заданием параметра Shape / Mounting Hole). Применим метод крепления платы в четырех точках, а диаметр монтажных отверстий зададим 1,2 мм, под винты с диаметром резьбы 1 мм.

3.Трассировка платы:

-задание правил трассировки (командой Options/Design Rules):

-минимальное расстояние между элементами шелкографии 0.0мм (команда Design\SilkscreenClearance);

- минимально допустимое расстояние между двумя отверстиями оставим по умолчанию 13.0 mil (команда Design\HoleToHoleClearance);

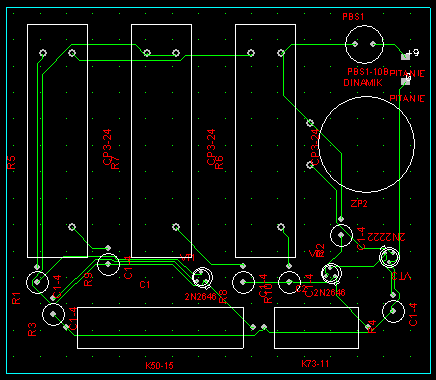
-минимально допустимое расстояние между краями печатного рисунка на верхней и нижней сторонах платы 0,25мм (команда Layer\Pad to Pad, Pad to Via, Pad to Line, Line to Via, Line to Line, Via to Via);

-ширина проводников платы равна минимально допустимой для класса точности 3, то есть 0,25мм (команда Line Options\Width);

-размеры переходных отверстий согласно п. 6 (команда Options\Via Style..);

-создание печатного рисунка платы:

Для автоматической трассировки используем автотрассировщика **Quick Route**, который позволяет разводить несложные печатные платы, содержащие небольшое количество компонентов. [9]



**Рисунок 24. Результат трассировки**

4. Проверка правильности трассировки печатной платы (командой Utils/DRC..).

Отчет о трассировке: P-CAD Design Rule Check Report

D:\Курсач\RПлата.drc:

DRC Report Options:

Net List Compare: Off

Clearance Violations: On

Text Violations: On

Net List Violations: On

Unrouted Nets: On

Unconnected Pins: On

Net Length Violations: On

Silk Violations: On

Copper Pour Violations: On

Plane Violations: On

Component Violations: On

Drill Violations: On

Test Point Violations: Off

DRC Errors:

NETLIST VIOLATIONS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

CLEARANCE VIOLATIONS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

UNROUTED NETS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

UNCONNECTED PINS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

Warning: Net length violation tests were not performed because

of missing MinNetLength, MaxNetLength, or MatchedLength rules.

NETLIST LENGTH VIOLATIONS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

WIDTH VIOLATIONS:

Warning: Width violation tests were not performed because

of missing Width rule.

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

COPPER POUR VIOLATIONS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

PLANE VIOLATIONS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

COMPONENT VIOLATIONS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

DRILL VIOLATIONS:

0 warning(s) detected.

0 error(s) detected.

DRC Summary:

Netlist:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Clearance:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Unrouted Nets:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Unconnected Pins:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Net Length:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Silk Screen:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Text:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Width:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Copper Pour:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Plane:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Component:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Drilling:

Errors: 0

Warnings: 0

Ignored Errors: 0

Согласно протоколу полученная конструкция печатного узла соответствует схеме электрической принципиальной и отвечает требованиям по классу точности 3. Таким образом, проделанную работу по её проектированию можно считать завершенной.

**2.3 Конструирование деталей**

**(корпуса)**

Для удобства применения генератора «воющего» шума, следует предусмотреть в конструкции его корпуса место для автономного источника питания. В качестве этого источника применим высоковольтную батарею HIGH VOLTAGE.



**Рисунок 25. Батареи HIGH VOLTAGE**

Высоковольтные батареи HIGH VOLTAGE включают в себя целый ряд элементов питания марганцево-цинковой системы с щелочным электролитом. Все батареи этой системы представляют собой набор элементов дисковой конструкции, собранных в металлический корпус. Такие батареи отличаются высоким напряжением от 6 до 15 вольт. Применяются для фототехники, электронных игр, зажигалок, охранных устройств, электронных и медицинских приборов. [29]

Устанавливаем размеры корпуса генератора «воющего шума» 130 х 96 х 21.

Корпус устройства будет изготавливаться из пластмассы.

Пластмассы - материалы на основе органических природных, синтетических или органических полимеров, из которых можно после нагрева и приложения давления формовать изделия сложной конфигурации. Использование пластмассы в качестве материала для корпуса устройства, прежде всего, связано с рядом их достоинств.

Важнейшие из них:

1. Низкая себестоимость изготавливаемых деталей;

2. Великолепные диэлектрические свойства;

3. Пластмассы имеют достаточную прочность;

4. Высокая технологичность переработки пластмасс;

5. Высокая химическая стойкость.

Для изготовления корпуса генератора «воющего» шума применим винипласт.

Характерные свойства: винипласт имеет высокую механическую прочность, стоек против воздействия почти всех минеральных кислот, щелочей и растворов солей. Недостатки: склонность к ползучести, набухаемость в воде, низкая ударная вязкость, малая теплостойкость, резкая зависимость свойств от температуры и большой коэффициент теплового расширения.

Области применения: из винипласта изготовляют трубы, детали арматуры, емкости для хранения химикатов. В машиностроении винипласт используется в качестве корпусных материалов в сложных конструкциях, изготовляемых методом сварки.

Способы переработки: экструзия, прокатывание, прессование, литьевое прессование, горячее формование полуфабрикатов давлением, литье под давлением, механическая обработка, сварка.

Корпус устройства будет состоять из двух частей: платформы корпуса, на которой размещается печатная плата устройства и батарея питания, и крышки корпуса.

Платформа корпуса и крышка крепятся между собой посредством защелок.

Учитывая небольшое кол-во элементов, генератор целесообразно выполнить на одной плате. Плата будет размещаться на платформе и крепиться защелками. Так как плата односторонняя, а нагрев элементов незначителен, то разместим ее прямо на корпусе.

На платформе имеется и отсек для элемента питания, клеммы для батареи приклеиваются клеем ВК-9 в специальных «карманах» этого отсека. Клеммы являются покупным изделием.

Чертежи печатных плат и корпуса приведены на чертежах в графическом материале.

**3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, СБОРКИ И МОНТАЖА**

**3.1 Анализ конструкции на технологичность**

#### Под технологичностью конструкций аппаратуры следует понимать совокупность свойств конструкции, проявляющихся в возможности оптимальных затрат труда, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовления, эксплуатации и ремонта. [11]

#### Условия изготовления или ремонта изделия определяются специализацией и организацией производства, применяемыми технологическими процессами и годовой программой.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть качественной и количественной.

Количественная оценка технологичности конструкции выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требованиям технологичности конструкции. Количественная оценка рациональна только в зависимости от признаков, которые существенно влияют на технологичность рассматриваемой конструкции.

#### Целью такой оценки является обеспечение эффективной отработки аппаратуры на технологичность при снижении затрат времени и средств на ее разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт.

#### Для оценки технологичности конструкций аппаратуры используются относительные частные показатели Кi и комплексный показатель Кк , рассчитываемый по средневзвешенному значению относительных частных показателей с учетом коэффициентов φі, характеризующих весовую значимость частных показателей, т. е. степень их влияния на трудоемкость изготовления изделия. [21]

#### Генератор «воющего» шума относится к электронным устройствам. Для электронных устройств по ОСТ 4Г0 091.219 −76 применяются частные показатели технологичности, состав которых представлен в табл.8.

**Таблица 8.Состав показателей технологичности для электронных блоков и узлов**

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели технологичности | Коэффициент значимости |
| Коэффициент автоматизации и механизации монтажа | ϕ= 1 |
| Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ | ϕ= 0,75 |
| Коэффициент повторяемости ЭРЭ | ϕ= 0,31 |
| Коэффициент применяемости ЭРЭ | ϕ= 0,187 |
| Коэффициент прогрессивности формообразования деталей | ϕ= 0,11 |

Оценку технологичности будем производить в следующей последовательности:

1. Определим коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия:

, (3.1)



где НАМ – количество монтажных соединений, которые могут осуществляться механизированным или автоматизированным способом; НМ – общее количество монтажных соединений.

Так как все ЭРЭ стандартные, их монтаж можно осуществлять механизированным или автоматизированным способом.

.



1. Определим коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу:

, (3.2)



где НМП ЭРЭ– количество ЭРЭ, подготовка которых к монтажу может осуществляться механизированным или автоматизированным способом.

.



1. Определим коэффициент применяемости ЭРЭ:

, (3.3)



где НТОР ЭРЭ=0 – число типов применяемых оригинальных ЭРЭ; НТ ЭРЭ=8 − число применяемых типов ЭРЭ.

.



1. Определим коэффициент повторяемости ЭРЭ:

, (3.4)



где НТЭРЭ=8 – число применяемых типов ЭРЭ.

.



1. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей:

, (3.5)



где DПР – количество деталей, заготовки которых или сами детали получены прогрессивными методами формообразования (штамповкой, прессованием, порошковой металлургией, литьём по выплавляемым моделям, под давлением и в кокиль, пайкой, сваркой, склеиванием, из профилированного материала); D – количество деталей, являющихся составными частями изделия. В данном случае такой деталью является плата, следовательно:

.



Основным показателем, используемым для оценки технологичности конструкции, является комплексный (интегральный) показатель, под которым понимается показатель технологичности конструкций, характеризующий несколько ее признаков. Комплексный показатель определяется на основе базовых показателей по формуле:

(3.6)



где − показатель, определяемый по таблице базовых показателей соответствующего класса блоков; − функция, нормирующая весовую значимость показателя в зависимости от его порядкового номера в таблице.



Таким образом, получим следующее значение комплексного показателя технологичности:



**Вывод:** Согласно требованиям к несущим конструкциям, коэффициент технологичности должен быть больше или равен 0,8, следовательно, конструкция устройства технологична. В случае необходимости повышения технологичности используется применение микросхем и микросборок, устройств механизированного или автоматизированного контроля и настройки.

**3.2 Проектирование конструкции технологической оснастки**

Технологическая оснастка – это комплекс приспособлений режущих и измерительных инструментов для изготовления определенного изделия.

Организация работ по обеспечению технологической оснасткой определяется стандартами ЕСТПП. [11]

Проектированием оснастки занимается КБ отдела главного технолога. Изготовление – инструментальный цех. Внедрение оснастки – цеховые технологические бюро и наладчики.

Номенклатура и количество оснастки определяется технологом при разработке тех. процесса.

Порядок разработки:

Технолог проводит поиск необходимой оснастки среди существующих. При отрицательном результате поиска технолог разрабатывает ТЗ на изготовление оснастки, которое должно содержать руководящую и справочную информацию, необходимую для проектирования оснастки (указания по технике безопасности, модель оборудования, обозначения деталей и изделия, геометрия и вид режущего инструмента и т.д.).

Чертежи оснастки размножаются и передаются в отдел инструментального производства, где разрабатывается технология на оснастку и осуществляется ее изготовление. [17]

**3.2.1 Штамп**

При сборке и монтаже печатного узла требуется гибка выводов дип-элементов. Для этой цели будем использовать гибочный штамп. Холодная штамповка – одна самых прогрессивных технологий получения заготовок, а в ряде случаев и готовых изделий машиностроения, приборостроения, радиоэлектронных и вычислительных средств. По данным приборостроительных и машиностроительных предприятий методами холодной штамповки изготавливается до 75% заготовок и деталей.

Характерными чертами процессов холодной штамповки, обеспечивающими её широкое распространение, являются:

- простота эксплуатации оборудования;

- возможность изготовления изделий из разнообразных материалов;

- высокая производительность труда;

- низкая квалификация рабочих;

- малая себестоимость изделий;

- возможность механизации и автоматизации процессов.

Для данного устройства в производстве отсутствует штамп для гибки выводов конденсатора К73-11 (С2). Диаметр выводов ds=0.8, радиус закругления выводов 1мм, а расстояние между выводами (а соответственно и центрами отверстий КП) равно 25 мм (смотреть пункт 2.2.1). [31]

Штампы, применяемые для гибки, отличаются большим разнообразием как в отношении выполняемых ими операций, так и по конструктивному оформлению, определяемому характером производства. В массовом производстве применяют сложные штампы, обладающие высокой стойкостью и средствами автоматического контроля параметров. В серийном – используются более простые конструкции и, соответственно, более дешевые в изготовлении. В мелкосерийном производстве находят применение наиболее простые и дешевые штампы.

По способу действия различают штампы простые, последовательные и совмещенные.

По количеству операций штампы могут быть одно- или многооперационными.

По способу подачи материала – с неподвижным или подвижным упором, с ловителями, с боковыми шаговыми ножами и т.д. [32]

При гибке выводов элементов размером D-∆, где D-номинальный

размер детали, ∆ - отклонение данного размера, исполнительные размеры определяются по формулам:

для матрицы – DМ=(D-∆)+δм; (3.7)

для пуансона – DП=(D-∆-z)-п. (3.8)



Здесь: DМ и DП – сопрягаемые размеры соответственно матрицы и пуансона, мм;

ΔМ и δП – отклонения размеров, мм;

z – номинальный (наименьший), мм.

Определим исполнительные размеры для матрицы:



Определим исполнительные размеры для пуансона:



Чертежи гибочного штампа приведены в приложении.

**3.2.2 Прессформа**

Корпус генератора «воющего» шума изготовлен из термореактивной пластмассы – винипласта. В настоящее время известно значительно число способов формирования пластмассовых изделий, которые применяют в зависимости от их конструкций, типа и размеров, технически требований, предъявляемых к использованию изделий. Наиболее распространенными являются:

– прессование;

– литье под давлением;

– формование.

Сущность всех этих способов обработки заключается в том, что исходное сырье подвергается обработке в специальных формах, которые называются пресс-формами, под давлением при соответствующем нагреве в процессе формирования формообразования или после него. Построение типового технологического процесса зависит от конструкций и назначения детали. При выборе операций и переходов решаются следующий вопросы:

1. Подбор и дозировка компонентов: полимер, стабилизатор, пластификатор, краситель, инициатор, парообразователь и др.;

2. Образование исходного материала (пластмассы): смешение; гранулирование; растворение и т.д.;

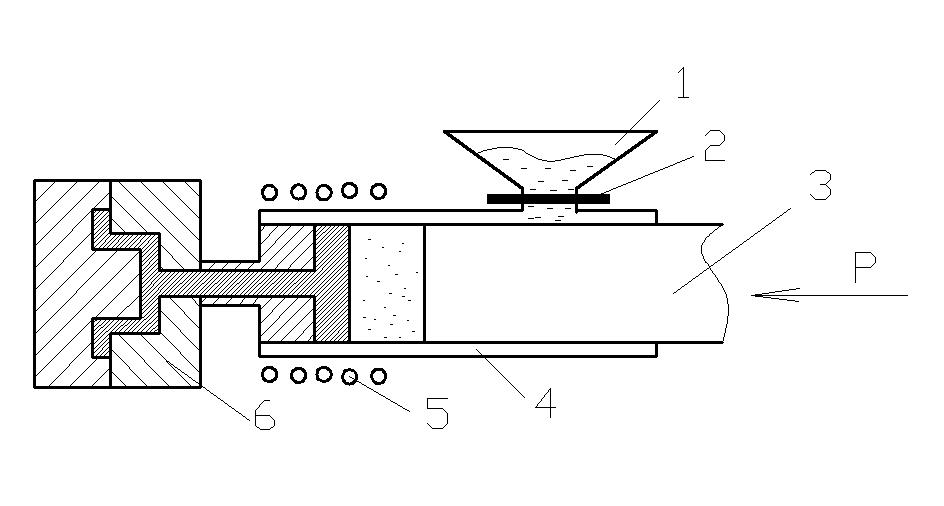
3. Изготовление изделия (переработка материала): прессование, литье под давлением, выдувание, напыление, окунание и т.д.;

4. Доработка изделия: декоративная отделка, термообработка, механическая обработка и т.д.

Выберем для изготовления нашего корпуса способ обработки в виде литья под давлением.

Литье под давлением

Применяется для изготовления сложных деталей из термопластических масс с большим количеством арматуры и сложной конфигурации. Оно производится на специальных машинах, которые называются инжекционными.



**Рисунок 26. Литье пластмасс под давлением**

В бункер (1) загружают гранулированную пластмассу, откуда через дозирующее устройство (2) гранулы в требуемом объеме для одного впрыска поступают в цилиндр (4) с нагревательным устройством (5).

Температура пластмассы в цилиндре повышается от начальной на входе до заданной технологическим режимом (185–280º С) на выходе. Пуансон (3) впрыскивает расплавленную пресс-массу в охлаждаемую водой пресс-форму (6) t=30–40ºC при давлении 20 МПа.

Из-за того, что температура пресс-формы ниже температуры впрыснутой в нее пресс-массы отливка быстро охлаждается, и затвердевает, уменьшаясь в объеме.

В полости пресс-формы образуется незанятый объем, поэтому для заполнения всего объема, а также для сохранения впрыснутой пластмассы плунжером (3) поддерживается давление с учетом времени, определяющим отвердение отливки в пресс-форме.

После такой выдержки плунжер (3) отходит вправо и из загрузочного бункера (1) в цилиндр (4) поступает новая порция пресс-материала. Цикл повторяется.

После требуемой выдержки для охлаждения отлитой детали половинки формы раскрываются и деталь удаляется.

Весь цикл обработки производится автоматически. Поэтому данный способ изготовления пластмассовых изделий является одним из самых производительных. Удельное давление при литье термопластов в зависимости от марки материала применяется в пределах от 50 до 300 МН/м2. Изделие извлекается из формы после охлаждения до 40–60º С.

Выдержка изделия в форме не превышает 40–50 с.

Требуется две прессформы – для корпуса и крышки корпуса. Контур прессформ по форме напоминает контур деталей.

Подбор литьевых машин осуществляется по усилию смыкания пресс-форм и по массе получаемых деталей. Наиболее распространены литьевые машины немецкой фирмы DEMAG, где смыкание осуществляется усилием и кулачками.

Литьевые машины:

Д-125 предназначены для изготовления деталей весом до 240 гр;

Д-400 – для изготовления деталей 1 кг 200 гр.

На литьевой машине с ЧПУ время заливки составляет 5 секунд, а охлаждения -15-20 секунд. [33]

Чертежи прессформ корпуса и крышки приведены в приложении.

**3.3 Разработка технологического процесса изготовления, сборки и монтажа**

Технологический процесс (ТП) изготовления радиоаппаратуры представляет собой сложный комплекс действий оборудования и исполнителей по преобразованию исходных материалов в готовое изделие. Построение технологического процесса предприятия и его оснащенность определяются количеством выпускаемых изделий. В зависимости от количества выпускаемых изделий различают единичное, серийное и массовое производство.

При серийном производстве изготовление изделий ведут чередующимися партиями. В зависимости от величины партии различают мелкосерийное и крупносерийное производство. При мелкосерийном производстве используют специальную оснастку и инструмент, подробно разрабатывают технологический процесс, операции закрепляют за определенными рабочими местами. При крупносерийном производстве рабочие места оснащают специальными приспособлениями и инструментами, используют рабочих более низкой квалификации, так как технологические операции упрощаются.

Процесс монтажа состоит из следующих частей:

1. установка и пайка элементов, монтируемых в отверстия;
2. контроль.

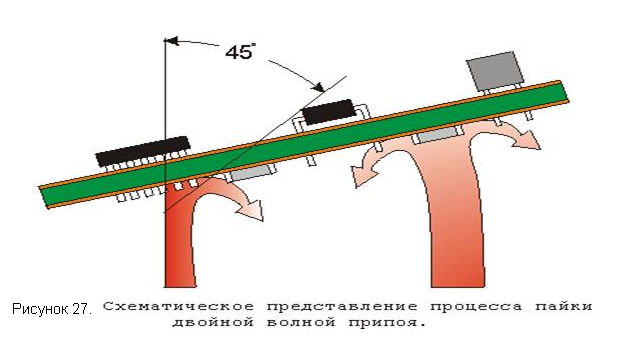
Рассмотрим каждую из составляющих технологического процесса подробнее.

**Пайка двойной волной припоя.**

Пайка волной припоя появилась 30 лет назад и в настоящее время достаточно хорошо освоена. Она применяется только для пайки компонентов в отверстиях плат (традиционная технология), хотя некоторые изготовители утверждают, что с ее помощью можно производить пайку поверхностно монтируемых компонентов с несложной конструкцией корпусов, устанавливаемых на одной из сторон коммутационной платы.

Процесс пайки прост. Платы, установленные на транспортере, подвергаются предварительному нагреву, исключающему тепловой удар на этапе пайки. Затем плата проходит над волной припоя. Сама волна, ее форма и динамические характеристики являются наиболее важными параметрами оборудования для пайки. С помощью сопла можно менять форму волны; в прежних конструкциях установок для пайки применялись симметричные волны. В настоящее время каждый производитель использует свою собственную форму волны (в виде греческой буквы "омега", Z-образную, Т-образную и др.). Направление и скорость движения потока припоя, достигающего платы, также могут варьироваться, но они должны быть одинаковы по всей ширине волны. Угол наклона транспортера для плат тоже регулируется. Некоторые установки для пайки оборудуются дешунтирующим воздушным ножом, который обеспечивает уменьшение количества перемычек припоя. Нож располагается сразу же за участком прохождения волны припоя и включается в работу, когда припой находится еще в расплавленном состоянии на коммутационной плате. Узкий поток нагретого воздуха, движущийся с высокой скоростью, уносит с собой излишки припоя, тем самым разрушая перемычки и способствуя удалению остатков припоя.

Когда впервые появились коммутационные платы, с обратной стороны которых компоненты устанавливались на поверхность, их пайка производилась волной припоя. При этом возникло множество проблем, связанных как конструкцией плат, так и с особенностями процесса пайки, а именно: непропаи и отсутствие галтелей припоя из-за эффекта затенения выводов компонента другими компонентами, преграждающими доступ волны припоя к соответствующим контактным площадкам, а также наличие полостей с захваченными газообразными продуктами разложения флюса, мешающих дозировке припоя.



Совершенствование конструкции платы оказалось недостаточным для достижения высокого уровня годных при традиционных способах изготовления изделий с простыми компонентами, монтируемыми на поверхность обратной стороны плат. Потребовалось изменить технологический процесс пайки волной, внедрив вторую волну припоя. Первая волна делается турбулентной и узкой, она исходит из сопла под большим давлением (рис. 27).

Турбулентность и высокое давление потока припоя исключает формирование полостей с газообразными продуктами разложения флюса. Однако турбулентная волна все же образует перемычки припоя, которые разрушаются второй, более пологой ламинарной волной с малой скоростью истечения. Вторая волна обладает очищающей способностью и устраняет перемычки припоя, а также завершает формирование галтелей. Для обеспечения эффективности пайки все параметры каждой волны должны быть регулируемыми. Поэтому установки для пайки двойной волной должны иметь отдельные насосы, сопла, а также блоки управления для каждой волны. Установки для пайки двойной волной рекомендуется приобретать вместе с дешунтирующим ножом, служащим для разрушения перемычек из припоя.

Хорошо разнесенные, не загораживающие друг друга компоненты способствуют попаданию припоя на каждый требуемый участок платы, но при этом снижается плотность монтажа. [34]

**Контроль.**

Рабочее место на основе системы визуального контроля MANTIS отвечает всем требованиям эргономики, уменьшает усталость работника в процессе работы, повышает его производительность за счет снижения напряжения зрения и уменьшения утомляемости глаз.

Стереоизображение с высокой разрешающей способностью, большая глубина резкости, оптимальная цветопередача и хорошее регулируемое освещение обеспечивают более эффективное проведение работ. Эффективность системы MANTIS сохраняется при работе в очках или с контактными линзами.

Пользователю доступны пять объективов с различной степенью увеличения, два из которых постоянно находятся на турели и могут быть выбраны простым переключением рычага. Для работы в условиях сильного загрязнения, например, при пайке, объективы могут быть оснащены прозрачными защитными фильтрами. Применение сменного патрона с влагопоглотителем препятствует запотеванию оптической системы прибора.

Достоинства:

- максимальное увеличение до 10 крат;

- стереоизображение с высокой разрешающей способностью;

- антибликовый экран;

- регулируемое освещение;

- низкая утомляемость оператора.

Все вышеперечисленное позволяет добиться высокого качества изготовления проектируемого изделия.

Основными документами при разработке технологических процессов являются технологические карты. В картах указывается структура технологического процесса и его содержание, последовательность выполнения операций, применяемое оборудование, режимы обработки и тому подобное. Применяются технологические карты трех видов: маршрутные, технологического процесса и операционные.

Маршрутные карты представляют собой технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия по всем операциям различных видов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастки, материальных и трудовых нормативах, в соответствии с установленными нормами. Эти карты определяют последовательность прохождения обрабатываемого изделия по цехам. Они применяются в единичном и мелкосерийном производстве в тех случаях, когда не требуется точной деталировки технологического процесса и обрабатываемое изделие твердо не закреплено за операциями на длительное время.

Маршрутные карты содержат сведения о материале и маршрутах заготовки, цехах и мастерских, в которых производится обработка, а так же перечень операций, оборудования, технологической оснастки, профессий и разряды рабочих, а так же нормированные сведения.

Маршрутные карты технологического процесса сборки печатной платы приведены в приложении. Технологический процесс разработан в соответствии с ОСТ 4ГО.019.432 [22]

**3.4 Инженерные расчеты**

**3.4.1 Расчет надежности**

Надежность – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течении требуемого промежутка времени.

Все устройства с точки зрения надежности делят на восстанавливаемые и невосстанавливаемые. Восстанавливаемым считается устройство, работа которого после отказа может быть восстановлена в результате проведения необходимых восстановительных работ. Устройство, работа которого после отказа полностью невозможна или нецелесообразна, называется невосстанавливаемым. Разрабатываемое устройство является восстанавливаемым.

В технических условиях на аппаратуру устанавливают допустимые пределы изменения основных параметров. Если происходит нарушение нормальной работы, при котором наступает полное нарушение (прекращение) работоспособности системы (элемента), или параметры выходят за пределы установленных допусков, то такое состояние называют отказом. Различают отказы внезапные и постепенные. Внезапные отказы возникают в результате скачкообразного изменения параметров устройств (например, пробой диэлектрика, сгорание резистора). Постепенные отказы возникают вследствие медленного изменения параметров устройств за счет действия различных дестабилизирующих факторов. Деление отказов на внезапные и постепенные условно. Эти понятия отражают только скорость изменения параметров во времени.

Надежность – это мера способности аппаратуры работать безотказно. Количественно надежность устройств выражается показателями надежности. Расчет надежности заключается в определении показателей надежности изделия по известным характеристикам надежности составляющих компонентов. Важным показателем надежности является вероятность безотказной работы аппаратуры в течении заданного периода времени.

Результаты расчетов надежности позволяют решать различные задачи конструирования РЭА:

#### выбирать из различных вариантов системы лучшую по надежности;

#### принять или отклонить конструкцию до ее практического выполнения, не расходуя средств на ее изготовление и испытания;

#### определить пути повышения надежности создаваемой конструкции .

Надежность РЭА можно повысить в процессе конструирования следующими методами:

* применением наиболее надежных и перспективных элементов со сроком службы и техническим ресурсом не менее заданных в техническом задании на аппаратуру;
* снижением уровня электрической нагрузки элементов;
* снижением рабочей температуры в изделии;
* защитой элементов и всей конструкции от воздействий окружающей среды;
* повышением стабильности параметров элементов относительно воздействий окружающих условий;
* введением предохранителей и защитных устройств;
* упрощением схем и конструкций;
* заменой дискретных элементов интегральными схемами;
* резервированием.

При расчете надежности генератора «воющего» шума приняты следующие допущения:

* интенсивности отказов всех элементов постоянны;
* отказы элементов изделия являются событиями случайными и независимыми друг от друга;
* все элементы и узлы с точки зрения надежности соединены последовательно, т.е. отказ каждого элемента является отказом изделия в целом;
* при расчете надежности учитывались только внезапные отказы ЭРЭ, паек и узлов (при определении интенсивности отказов при хранении учтены и постепенные отказы). [25]

**Таблица 9. Значения интенсивностей отказов [4]**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование и тип ЭРЭ | Количество ЭРЭ, Ni | Интенсивность отказов | |
| \*10-6,1/ч | Ni\* 10-6, 1/ч |
| Резистор постоянный С1-4 | 7 | 0,03 | 0,21 |
| Резистор переменный  СП3-19 | 3 | 0,033 | 0,099 |
| Конденсатор К73-11 | 1 | 0,15 | 0,15 |
| Конденсатор полярный  К50-15 | 1 | 0,15 | 0,15 |
| Транзистор 2N2222 | 1 | 0,0015 | 0,0015 |
| Транзистор 2N2646 | 2 | 0,0015 | 0,003 |
| Звукоизлучатель ЗП-2 | 1 | 0,7 | 0,7 |
| Выключатель | 1 | 0,6 | 0,6 |
| Плата печатная | 1 | 0,7 | 0,7 |
| Пайка | 40 | 0,01 | 0,4 |
| Всего: | 58 |  | 3,01 |

Общая интенсивность отказов устройства с учетом условий эксплуатации найдём по формуле:

, (3.9)



где и - поправочные коэффициенты в зависимости от воздействия механических факторов;



- поправочный коэффициент в зависимости от воздействия влажности и температуры;



- поправочный коэффициент в зависимости от давления воздуха;



- поправочный коэффициент в зависимости от температуры поверхности элемента и коэффициента нагрузки.



Для лабораторных условий: , , , ,= 1,0.



Среднее время наработки на отказ Tср, вычисляется по формуле:

(3.10)



Полученное время превышает заданную наработку на отказ (10 000 ч).

Вероятность безотказной работы устройства за время t по формуле:

P(t)=еxp(-λизд\*t)=exp(-t/Tср). (3.11)

Вероятность безотказной работы для времени, t=5000ч.:

P(t) = 0,9995

Полученные результаты говорят о высокой надежности сконструированного преобразователя.

График зависимости вероятности безотказной работы от времени представлен на рисунке 28.



**Рисунок 28.Зависимость вероятности безотказной работы от времени эксплуатации**

**Вывод**: Полученное среднее время наработки до отказа превышает указанное в техническом задании, следовательно, требования по надежности выполняются.

**3.4.2 Расчет теплового режима**

Практически все радиоэлементы схемы излучают тепловую энергию. Резисторы рассеивают тепло, выделяющееся в их резистивном слое. Транзисторы рассеивают тепло, выделяющееся в их коллекторном переходе. Конденсаторы нагреваются из-за потерь в диэлектрике. В какой-то степени нагреваются даже соединительные провода и проводники на печатной плате.

#### Нормальное функционирование РЭА возможно лишь при условии поддержания температур ее элементов в определенных пределах. Изменение теплового режима оказывает влияние на характеристики элементов и может привести к возникновению физико-химических процессов, выводящих элемент из строя. При этом дестабилизирующими тепловыми воздействиями являются рассеиваемые при работе элементов мощности, изменения температуры внешней среды и тепловые потоки от окружающих прибор объектов. Поэтому на этапе конструкторского проектирования РЭА при выборе вариантов конструкции и компоновки наряду с задачами обеспечения монтажно-коммутационных требований, помехоустойчивости, технологичности, вибропрочности необходимо решать задачи обеспечения нормального теплового режима.

#### Применение новой элементной базы, позволяющей уменьшить массу и объем устройств, во многих случаях увеличивает удельные рассеиваемые мощности, что заставляет искать новые пути решения задач обеспечения теплового режима. Часто требования к тепловому режиму приводят к необходимости использования систем охлаждения и термостатирования, конструкции которых во многом определяют конструкцию самой аппаратуры, причем массогабаритные показатели и энергопотребление системы охлаждения могут быть соизмеримы или превышать соответствующие характеристики функциональных устройств.

#### Из выше сказанного вытекает, что проблемы комплексной микроминиатюризации, унификации конструкций, повышения надежности и автоматизации конструкторского проектирования РЭА неразрывно связаны с разработкой эффективных систем охлаждения и методов проектирования конструкций, обеспечивающих нормальный тепловой режим.

При конструировании устройств процессы теплообмена должны рассматриваться на всех уровнях компоновки — от функциональных узлов до многоблочных конструкций и отсеков. Выбор систем охлаждения каждого уровня должен проводиться с учетом возможности отвода теплоты и наличия фоновых перегревов на более высоком конструктивном уровне. Поэтому, если это возможно, тепловое проектирование следует начинать с верхних уровней и при переходе на более низкий иметь для рассматриваемого модуля достоверную информацию о тепловых воздействиях со стороны других модулей .

Расчёт теплового режима необходим, т.к. он позволяет определить надёжность функционирования наиболее критичных к температуре радиоэлементов, позволяет проконтролировать их тепловой режим и не допустить их перегрева.

Определение мощности, выделяющейся радиоэлементами внутри аппарата, является сложной задачей, так как тепловыделение отдельного элемента зависит от большого количества факторов. Так, для цифровых микросхем потребляемая ими мощность сильно зависит от частоты работы. Для аналоговых микросхем рассеиваемая мощность определяется параметрами входных и выходных сигналов (током и напряжением). Для диодов и транзисторов, работающих в импульсном режиме, тепловыделение определяется параметрами протекающих токов (длительность импульса, амплитуда импульса тока, скважность, форма импульса и др.). Для элементов источника питания тепловыделение сильно меняется при изменениях напряжения в питающей сети и при изменениях тока нагрузки. Тепловыделение конденсаторов и индуктивностей также зависит от формы импульсов тока и напряжения, параметров диэлектрика. [18]

Определим температуру корпуса.

1. Рассчитаем площадь внешней поверхности устройства:

, (3.12)



где и − габаритные размеры корпуса блока.



(м2)



1. Рассчитываем удельную поверхностную мощность корпуса:

, (3.13)



где − мощность, рассеиваемая устройством, Вт.



(Вт/м2).



1. Задаемся значением перегрева корпуса в первом приближении ∆tk = 0,1o C.
2. Определяем коэффициент лучеиспускания для верхней αл.в, боковой αл.б и нижней αл.н поверхностей корпуса :

, (3.14)



где − степень черноты i-ой наружной поверхности корпуса зададимся значением = 0,92);



5. Рассчитаем определяющую температуру:

, (3.15)



( o C).



1. Для определяющей температуры рассчитываем число Грасгофа Gr для каждой поверхности корпуса:

, (3.16)



где − коэффициент объемного расширения ();



− ускорение свободного падения, м/с2;



− кинетическая вязкость газа (для воздуха);



− определяющий размер i-ой поверхности.



1. Определяем число Прандтля Pr для определяющей температуры : Pr =0,702.



1. Находим режим движения газа или жидкости, обтекающих каждую поверхность корпуса:

( Gr⋅Pr)m ≤ 5⋅ 10 2 − режим переходный к ламинарному;

5⋅10 2 ≤ (Gr⋅ Pr)m ≤ 2⋅ 10 7 − ламинарный режим;

( Gr⋅ Pr)m ≥ 2⋅ 10 7 − турбулентный режим

Gr ⋅ Pr = 5,218 ⋅ 10 7 - турбулентный режим

1. Рассчитываем коэффициенты теплообмена конвекцией для каждой поверхности корпуса блока :



, (3.17)



где − теплопроводность газа (для воздуха);



− коэффициент, учитывающий ориентацию поверхности корпуса:



.



.



.



1. Определим площади нижней, боковой и верхней поверхностей корпуса:

, (3.18)



, (3.19)



(м2).



(м2).



1. Определяем тепловую проводимость между поверхностью корпуса и окружающей средой :



, (3.20)



(Вт/(м2⋅К)



1. Рассчитываем перегрев корпуса блока РЭА во втором приближении :



, (3.21)



где − коэффициент, зависящий от коэффициента перфорации корпуса ; − коэффициент, учитывающий атмосферное давление окружающей среды;



, (3.22)



, (3.23)



=0,229 и = 0,995



(оС).



1. Определяем ошибку расчета:

, (3.24)



≤ .



Так как величина погрешности меньше допустимой, то расчет можно считать законченным.

1. Рассчитываем температуру корпуса:

, (3.25)



(oC).



Полученное значение температуры корпуса находится в пределах допустимой нормы, а перегрев нашей платы невелик – 0,0904 oC, следовательно, тепловой режим устройства соблюдается.

**3.4.3 Расчёт механической прочности**

Современная РЭС испытывает целый ряд механических воздействий, которые, влияя на работу радиоаппаратуры, снижают её надежность. К этим факторам, в частности, как наиболее проявляющимся, относятся вибрационные и ударные нагрузки. Вибрации и удары, воздействующие на РЭА, вызывают:

* изменение выходных параметров радиоаппаратуры;
* отказ РЭА из-за коротких замыканий и обрывов соединений;
* усталость материала несущих конструкций и его разрушение;
* раскручивание крепежа, обрыв защелок;
* механические повреждения электромонтажных соединений и установочных элементов;
* отслаивание фольги печатных плат;
* искажение диаграмм направленности антенн и т.п.

Уменьшение частоты отказов РЭА, работающей в условиях повышенных вибраций, достигается комплексом мероприятий, в число которых входят:

* разработка схемы и конструкции с учетом возможных условий эксплуатации;
* применение ЭРЭ и материалов, отвечающих заданным условиям эксплуатации;
* разработка методики контроля и испытаний, соответствующих условиям эксплуатации;
* строгое соблюдение технологии изготовления РЭА и ее совершенствование.

Кроме того, для борьбы с вибрациями применяют следующие меры:

* ужесточение конструкции с целью повышения собственных частот колебаний (заливка, вакуумированная герметизация и т.п.);
* применение прижимающих и антивибрационных устройств;
* правильное закрепление РЭА в отсеках на борту и в помещениях (в местах наименьшей амплитуды вибраций);
* применение различного рода амортизирующих прокладок из резины, поролона и других материалов.

В практических случаях элементы конструкции блоков РЭА имеют сложную конфигурацию. При расчетах сложный элемент заменяют его упрощенной моделью в виде балки, стержня, пластины, мембраны.

Рассчитав собственные частоты элементов конструкции и всего блока, сравнивают их с частотами возмущающих колебаний.

В правильно сконструированной аппаратуре собственная частота конструкции не должна находиться в спектре частот внешних воздействий. Хотя любая конструкция обладает несколькими значениями собственных частот, расчет выполняется только для низших значений. Если нижнее значение частоты входит в диапазон внешних воздействий, то конструкцию блока дорабатывают, ужесточая ее, с целью увеличения собственной частоты и выхода из спектра частот внешних воздействий, либо переходят на её амортизацию и производят соответствующие расчеты.

Многие конструктивные элементы РЭС могут быть представлены в виде пластин. К пластинам можно отнести печатные платы (ПП), днища шасси, элементы экранов, панели и т.п.

Пластиной называют плоское тело, ограниченное двумя поверхностями, расстояние между которыми мало, по сравнению с размерами поверхностей. В конструкциях РЭС обычно используются прямоугольные и круглые пластины с различными способами закрепления.

В математическом отношении задача динамического расчета пластин, т.е. расчета на вибрационные и ударные воздействия, достаточно сложна. Для этих целей используются точные (аналитические), приближенные и численные методы расчета.

Практическое применение аналитических методов решения задач динамики конструкций сопряжено с рядом трудностей. Конструкции современной аппаратуры представляют собой сложные механические системы с множеством упругих и жестких связей, с неклассическими способами крепления отдельных конструктивных элементов. Для такой механической системы сложно построить расчетную модель, достаточно простую и в то же время хорошо отражающую физические и динамические свойства, тем более что конструкция содержит множество неконтролируемых параметров, например усилия затяжки соединений при сборке плат в пакет, коэффициенты механических потерь материалов элементов. Поэтому широко используют приближенные и численные методы расчета. [26]

Для начала расчёта необходимо отметить, что ПП с одной стороны имеет закрепление защелками, а противоположная сторона крепко прижата к корпусу устройства.

Данная ПП имеет размеры: а=0,102м, b=0,088 м, h=1∙10-3м.

Материал ПП – стеклотекстолит марки FR-4

Плотность ρ=2,4∙103 кг/м3;

Общая масса ЭРЭ Мэ=0,0205 кг;

Модуль Юнга Е=3∙1010 Н/м2=0,3\*105 МПа;

Коэффициент Пуассона μ=0,28;

Максимальной амплитудой ускорения корпуса Śmax=2g;

Логарифмический декремент колебания σ=0,12.

1. Находим массу ЭРЭ, приведённую к единице площади платы:

(3.26)



1. Находим массу единицы площади ПП:

(3.27)



1. Находим коэффициент, учитывающий массу ЭРЭ:

(3.28)



1. Находим коэффициент частоты для первой формы колебаний пластины (ПП):

(3.29)



(3.30)



1. Находим цилиндрическую жёсткость ПП:

(3.31)



1. Находим собственную частоту колебаний:

(3.32)



1. Находим первую собственную частоту колебаний:

(3.33)



Следовательно, собственная частота платы не попадает в диапазон воздействующих частот f=1..60 Гц в режиме работы.

1. Найдем виброперемещение Z. Рассчитаем для заданного вида закрепления платы в корпусе максимальное перемещение точки А с координатами Х=0,102 и У=0,088



(3.34)



где ψ1х и ψ1у =0,5098 − коэффициенты вовлечения форм собственных колебаний; Х1(х)=1 и У2(у)=1 − значения балочных функций;

К1дин −коэффициент динамичности:

(3.35)



1. Теперь полученное значение необходимо проверить на условие виброжесткости:

(3.36)



где ∆adm− допустимый прогиб для данной пластины.

(3.37)



где ∆adm норм =30 мм − допустимая стрела прогиба; lнорм=1м − нормированная длина.



**Вывод:** Плата удовлетворяет условию виброжесткости, поэтому никаких дополнительных конструкторских мер не требуется. Выбранный вариант закрепления платы соответствует условиям эксплуатации изделия. Однако необходимо учитывать ряд ограничений при транспортировке устройства:

* устройство нельзя перевозить в самолётных, ракетных и космических видах транспорта;
* транспортировочная тара должна быть снабжена элементами, амортизирующими вибрационные воздействия (пенопласт, пленка и др.).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании технического задания и схемы электрической принципиальной в данном курсовом проекте рассмотрены основные вопросы проектирования генератора «воющего» шума.

Исходя из проведенной работы по анализу определяющих факторов и требований, предъявляемых к конструкции, выполнена компоновка устройства, выбраны технически обоснованные технологические процессы изготовления основных элементов и материалы, с учетом применяемых методов обработки.

Результаты расчета надежности показывают, что выбранные электрорадиоэлементы, входящие в схему электрическую принципиальную, и заданные режимы работы и эксплуатации полностью обеспечивают надежную работу устройства в период, заданный техническим заданием.

В технологической части дипломного проекта проведена оценка технологичности конструкции печатного узла генератора, приведена маршрутная карта технологического процесса сборки, которая показывает этапы подготовительных и основных операций сборки печатного узла, а также необходимый инструмент для выполнения данной работы.

Графическая часть курсового проекта позволяет представить конструкцию разработанного устройства, его основных составных частей и выполнена в полном объеме, заданном техническим заданием.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «ДАРТ Электроникс»: Электронный каталог.− http://www.dart.ru
2. «Остек»: Электронный каталог.− http://www.ostec-smt.ru
3. «Платан»: Электронный каталог.− http://www.platan.ru
4. «Промэлектроника»: Электронный каталог.− http://www1.promelec.ru
5. «Радиотех-Трейд»: Электронный каталог.− http://www.rct.ru
6. «Симметрон»: Электронный каталог.− http://www.symmetron.ua
7. «Чип и Дип»: Электронный каталог.− http://www.chipdip.ru
8. «Чип индустрия»: Электронный каталог.− http://www.chipindustry.ru
9. P-CAD 2006. Разработка печатных плат / Уваров А.С. − М.: СОЛОН-Пресс, 2007 – 544 с.
10. Web сайт ЗАО «Топ Системы» - http://www.tflex.ru
11. ГОСТ 12.0.002-80 80 «Основные понятия. Термины и определения».
12. ГОСТ 2.301 − ГОСТ 2.321 «ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей».
13. ГОСТ 23594-79 «Маркировка».
14. ГОСТ 23751-86 «Платы печатные. Основные параметры конструкции».
15. Допуски и посадки / Белкин И.М. - М.: Машиностроение, 1992, 306с.
16. Допуски и посадки: Справочник, под ред. Мягкова - М.: Машиностроение, 1982.
17. Конструирование радиоэлектронных средств: Методические указания к курсовому проектированию / Румянцев В.П. - Рязань: РРТИ, 1993, 24с.
18. Методы расчета теплового режима приборов / Дульнев Г.Н. − М.: Радио и связь, 1990, 312с.: ил.
19. Надежность зарубежной базы. Зарубежная радиоэлектроника: Каталог / Борисов А.А., Горбачева В.М., Карташов Г.Д., 2000 №5, с.34-53
20. Основы конструирования радиоэлектронных приборов / Аксенова И.К., Мельников А.А. - М.: Высшая школа, 1986.
21. ОСТ 4Г0.091.219 – 76 «Узлы и блоки радиоэлектронной аппаратуры. Методика оценки и нормативы показателей технологичности конструкций».
22. ОСТ 4.ГО.054.010 «Сборка и пайка узлов на печатных платах. Типовые технологические процессы».
23. Полупроводниковые приборы и их аналоги: Справочник, под общ. ред. А.М. Пыжевская – М.: РОБИ, 1992.
24. Проектирование и технология печатных плат / Пирогова Е.В. − М.: «Форум «ИИФРА-М», 2005, 560 с.
25. Расчет надежности радиоэлектронной аппаратуры / Цветков А.Ф. - Рязань: РРТИ, 1973, 159с.
26. Расчет пластинчатых конструкций РЭС на вибрационные воздействия: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / РГРТА; Сост. В.И. Дыкин. Рязань, 1995, 28с.
27. Резисторы: Справочник / под общ. ред. И.И. Четверкова, В.М. Терехова – М.: Радио и связь, 1987.
28. Элементы схем бытовой РА. Диоды. Транзисторы / А.И. Аксёнов, А.В. Нефёдов, А.М. Юшин, М: «Радио и связь», 1993.
29. Марти Браун «Источники питания», Киев, «МК-Пресс», 2007.
30. Богдан Грабовски «Справочник по электронике», Москва, «ДМК», 2009

31. «Сварка, резка, контроль», справочник под редакцией Н.П.Алешина, Г.Г. Чернышева, том1, Москва, «Машиностроение», 2004.

32. «Сварка и резка материалов», под редакцией Ю.В. Казакова, издание 5, стереотипное, Москва, «Академия», 2006.

33. Технология конструкционных материалов: Учебник для машиностроительных специальностей ВУЗов / А.М. Дольский, И.А. Арутюнова, Т.М. Барсукова и др.; Под ред. А.М. Дольского. – М.: Машиностроение, 2005. – 448с.

34. Медведев А.М. Технология производства печатных плат. - М.: Техносфера, 2005.