

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

Основы электромонтажа

Учебно-методическое пособие



Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана
2019

УДК 621.3.061+621.316.31

ББК 34.96

О-75

Издание доступно в электронном виде по адресу
ebooks.bmstu.press/catalog/192/book2089.html

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Кафедра «Технологии приборостроения»

Авторы:

Н.А. Ветрова, В.В. Назаров, К.П. Пчелинцев, М.С. Селезнева,
Ю.О. Толокнов

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебно-методического пособия*

О-75 **Основы электромонтажа** : учебно-методическое пособие /
[Н. А. Ветрова и др.]. — Москва : Издательство МГТУ им.
Н. Э. Баумана, 2019. — 56, [4] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5233-0

Представлены четыре лабораторные работы по дисциплине «Учебно-технологический практикум».

Для студентов 1-го курса МГТУ им. Н.Э. Баумана.

УДК 621.3.061+621.316.31

ББК 34.96

Предисловие

Настоящее учебно-методическое пособие соответствует учебной программе дисциплины «Учебно-технологический практикум». Данную дисциплину изучают согласно учебному плану МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлениям подготовки (специальностям): 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 12.05.01 «Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения», 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами», 09.03.02 «Информационные системы и технологии», 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», 12.03.02 «Оптотехника», 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 28.03.02 «Наноинженерия», 27.03.05 «Инноватика».

Пособие включает четыре лабораторные работы. Каждая лабораторная работа рассчитана на выполнение в течение 4 аудиторных часов.

В процессе лабораторных работ студенты получают базовые теоретические сведения о физико-механических основах образования паяных соединений, свойствах припоев и флюсов, а также о технологических основах формирования качественного паяного соединения, изучают оборудование, процессы подготовки поверхностей к пайке, методы контроля качества паяных изделий.

При выполнении лабораторных работ студенты приобретают практические навыки базовых электромонтажных работ, а именно: пайки и лужения, навесного монтажа электрорадиоэлементов на монтажные и печатные платы, жгутового монтажа соединительных проводов.

Перед выполнением лабораторной работы студенты должны ознакомиться с теоретическим материалом и изучить правила безопасной работы в лаборатории при пайке паяльником и паяльной станцией.

По каждой лабораторной работе студенты составляют индивидуальные отчеты.

Формой промежуточной аттестации дисциплины является зачет в виде защиты лабораторных работ. Контрольные вопросы, приведенные в конце каждой лабораторной работы, помогают подготовиться к ее защите.

ISBN 978-5-7038-5233-0

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

Введение

Современный научно-технический прогресс невозможен без радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), которую широко используют как при планировании и управлении производством, так и в автоматизации производственных процессов, научных исследованиях.

В развитии РЭА можно выделить несколько этапов, на которых количественные изменения в технологии изготовления отдельных элементов РЭА вызвали качественные изменения в технологии сборки и монтажа радиоэлектронных приборов в целом.

На первом этапе основными элементами РЭА были резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, электровакуумные и позже полупроводниковые приборы. Все эти элементы изготавливали в виде конструктивно законченных деталей, укрепляемых на корпусе (шасси) прибора с использованием опорных приспособлений, а их выводы соединяли проводниками с помощью пайки. В дальнейшем этот вид монтажа получил название навесного монтажа.

На втором этапе, когда появился метод печатного монтажа, удалось уменьшить габариты РЭА и повысить ее надежность. Развитие метода печатного монтажа привело к появлению интегральных микросхем. В печатных платах сначала заменили проволочные проводники — пленочными, резисторы — прокладками из материала с большим удельным электрическим сопротивлением, конденсаторы — разрывами в пленочных проводниках, заполненными соответствующим диэлектриком. Такие платы с подпаянными к ним бескорпусными полупроводниковыми приборами получили название гибридных интегральных микросхем.

Появление на третьем этапе развития РЭА интегральных микросхем открыло перед радиоэлектроникой практически неограниченные возможности.

Развитие технологии изготовления интегральных схем шло по пути возрастания их сложности, увеличения числа элементов, степени интеграции. В результате этого появились сначала большие (БИС), а затем и сверхбольшие (СБИС) интегральные схемы.

Следующим этапом развития РЭА стало создание схем на основе нанотехнологии, что позволило резко расширить возможности РЭА.

Каждый новый этап развития технологии изготовления РЭА дополнял и обогащал ранее разработанную технологию, обеспе-

чивая качественно новый уровень разработки, изготовления и эксплуатации аппаратуры. Поэтому наряду с интегральными микросхемами в новых разработках широко используют в качестве элементов РЭА корпусные транзисторы и электронные лампы.

При выборе элементной базы и соответствующей ей технологии изготовления радиоэлектронного устройства необходимо учитывать достоинства и недостатки каждого поколения РЭА.

В основе критериев выбора той или иной технологии лежат такие характеристики радиоэлектронных устройств, как передаваемая мощность, диапазон используемых частот, быстродействие, требования к надежности, условия эксплуатации и др.

Цель настоящего учебно-методического пособия — формирование у студентов практических навыков изготовления и монтажа радиоэлектронных устройств.

Правила безопасности при работе паяльником и паяльной станцией в лаборатории

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить и выполнить следующие правила.

1. Включить систему вытяжной вентиляции и освещение рабочего места.
2. Соблюдать порядок включения приборов в сеть — электрокабель сначала подключить к прибору, а затем в сеть.
3. Не вставлять вилку в электророзетку мокрыми руками.
4. Не вытягивать за электрокабель вилку из розетки.
5. Не пользоваться паяльником без специальной несгораемой подставки.
6. Не использовать паяльник с поврежденной изоляцией электрокабеля.
7. Не прикасаться к нагреваемой части паяльника.
8. Все паяльные работы проводить на деревянной подставке.
9. При завершении работ паяльник или паяльную станцию отключить — вынуть вилку из розетки.

Лабораторная работа № 1

ОСНОВЫ ПАЙКИ

Цель работы — получение практических навыков выполнения базовых технологических операций электромонтажа, а именно: пайки и лужения.

Краткие теоретические сведения

Монтаж — установка изделия или его составных частей на месте использования.

Электромонтаж — выполнение электрического соединения электрорадиоэлементов (ЭРЭ) или составных частей изделия, имеющих токоведущие элементы в радиоэлектронном устройстве.

В процессе электромонтажа при соединении электрических цепей или включении в них ЭРЭ (транзисторов, ламп, резисторов, конденсаторов, реле, выключателей, тумблеров, предохранителей и др.) для получения контактного соединения чаще всего применяют пайку.

Пайка — образование соединения с помощью расплава припоя, при котором создаются межатомные связи после нагрева соединяемых элементов деталей ниже температуры их плавления, смачивания их припоем, затекания припоя в зазор и последующей его кристаллизации.

Припой — материал для пайки и лужения с температурой плавления ниже температуры плавления паяемых материалов.

В табл. 1 приведены наиболее часто применяемые при электромонтаже марки припоев и области их применения. Пайка возможна только в том случае, если припой смачивает соединяемые детали. При хорошем смачивании происходит молекулярное взаимодействие жидкости с поверхностью твердого тела, если силы притяжения между атомами припоя и металла больше, чем между атомами внутри самого припоя. Если капля припоя не смачивает поверхность, то она имеет приблизительно сферическую форму (рис. 1, а). Сила сцепления припоя с поверхностью детали в этом случае очень мала, и капля припоя легко скатывается по уклону, не оставляя следов на поверхности. Капля смачивающего припоя в том же объеме имеет большую поверхность соприкосновения с поверхностью детали (рис. 1, б–г); сила ее сцепления значительная, и припой нельзя полностью удалить стряхиванием.

Таблица 1

Марки припоев и области их применения

Наименование и марка припоя	Температура плавления, °С	Область применения
Припой Sn—Ag—Cu	217	Пайка в приборостроении — экологически чистая и безвредная
Оловянно-свинцовый ПОС 18	277	Пайка деталей неответственного назначения из стали, меди, латуни
Оловянно-свинцовый ПОС 40	235	Лужение и пайка монтажных деталей, проводов
Оловянно-свинцовый ПОС 61	190	Ответственная электромонтажная пайка — для вторичных паек, расположенных рядом с пайками, выполненными более тугоплавкими припоями
Оловянно-свинцово-кадмиевый ПОСК 50	145	Пайка и лужение ответственных соединений, не допускающих местного перегрева (детали из керамики, стекла и т. д., покрытые серебром)
Сплав Розе (олово, свинец, висмут); сплав Вуда (олово, свинец, висмут, кадмий)	94 60,5	Применяют в тех случаях, когда требуется понижение температуры пайки ввиду опасности перегрева деталей, а также для вторичных паек

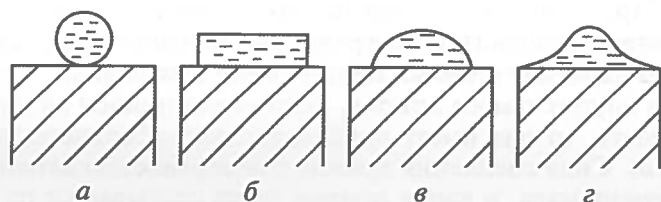


Рис. 1. Смачиваемость поверхности металла:

a — отсутствие смачиваемости; *b* — полное смачивание; *v* — частичное смачивание; *g* — хорошее смачивание

Важное свойство припоя — затекание в узкие зазоры под действием капиллярных сил. Затекание припоя в зазор — заполнение расплавленным припоем паяемого зазора.

При наличии загрязнений соединяемых поверхностей растекаемость припоя ухудшается и возможно образование несмачиваемых зон, что снижает качество пайки.

Подготовка поверхностей деталей, подлежащих пайке, заключается в удалении загрязнений, оксидных и жировых пленок. На смачиваемость (см. рис. 1) и растекаемость припоя существенное влияние оказывает форма шероховатостей поверхности. Если неровности образуют сеть пересекающихся канавок, то смачиваемость и растекаемость припоя будет усиливаться капиллярным действием канавок.

Существуют механические и химические способы очистки поверхностей.

Способ очистки может оказать решающее влияние на качество пайки. Очистку с образованием пересекающихся канавок проводят с помощью наждачной шкурки (это дает лучший результат, чем травление).

Как правило, соединяемые детали перед пайкой подвергают лужению. Лужение — покрытие поверхностей соединяемых деталей тонкой пленкой припоя. Горячее лужение выполняют паяльником, паяльной станцией или путем погружения в ванну с расплавленным припоем.

При лужении припой покрывает основной металл, поэтому при пайке луженых поверхностей соединение происходит при более низкой температуре.

Для устранения пленки оксидов с поверхностей металлов и припоя при пайке, а также для защиты поверхности металлов и припоя от оксидирования в процессе пайки и уменьшения сил поверхностного натяжения расплавленного припоя на границе металл — припой служат специальные материалы — флюсы. Правильный выбор флюса обеспечивает качественное соединение и существенно влияет на скорость пайки. Выбранный флюс должен растворять оксиды паяемых элементов, быть термически стабилен без испарения и разложения, проявлять химическую активность в заданном интервале температур.

Все флюсы можно подразделить на четыре группы:

- 1) активные или кислотные, применение которых при электрическом монтаже РЭА запрещено;
- 2) антикоррозионные;

Марки флюсов и области их применения

Тип флюса	Марка	Состав	Область применения
Кислотные	Хлористый цинк	Водный раствор хлористого цинка	Детали из черных и цветных металлов, допускающие промывку
Антикоррозийные	ФИМ	Ортофосфорная кислота, спирт, вода	Детали из черных металлов, меди и ее сплавов
	ВТС	Вазелин, триэтилоламин, салициловая кислота, спирт	Детали из меди и ее сплавов, серебра, платины
Бескислотные	Канифоль	Канифоль натуральная	Для пайки деталей из цветных металлов и их сплавов
Активированные	КЕЦ	Канифоль, хлористый цинк, спирт	Для пайки черных, цветных металлов
	Паста № 4	Канифоль, хлористый цинк, вазелин	Для улучшения качества пайки черных и цветных металлов

3) бескислотные — на основе канифоли. Эта группа флюсов нашла наиболее широкое применение при электрическом монтаже. Остатки бескислотных флюсов легко удаляются спиртом. Такой флюс обладает низкой химической активностью, поэтому требует особо хорошей очистки соединяемых поверхностей от оксидных пленок перед пайкой;

4) активированные — на основе канифоли, имеющие в своем составе различные катализаторы (вещества, повышающие активность флюса).

Подготовленные поверхности покрывают флюсом непосредственно перед горячим лужением или пайкой.

Механизм действия флюса (рис. 2) заключается в том, что оксидные пленки металла и припоя под действием флюса растворяются, разрыхляются и всплывают на его поверхности. Вокруг очищенного металла образуется защитный слой флюса, препятствующий возникновению оксидных пленок. Жидкий припой замещает флюс и взаимодействует с основным металлом. Слой припоя постепенно увеличивается и при прекращении нагрева затвердевает.

Марки флюсов и области их применения приведены в табл. 2.

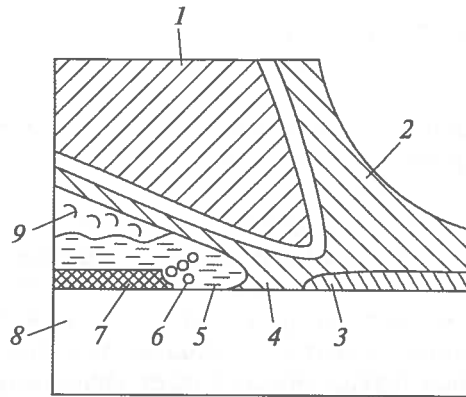


Рис. 2. Схема зоны лужения с помощью жала паяльника:

1 — жало паяльника; 2 — припой; 3 — сплав припоя с основным металлом; 4 — зона взаимодействия припоя с основным металлом; 5 — флюс; 6 — растворенный оксид; 7 — оксид на поверхности основного металла; 8 — основной металл; 9 — газообразный флюс

Для улучшения качества пайки и повышения производительности труда при монтаже электрических цепей рекомендуется применять трубчатый припой с канифольным наполнителем. Формы сечения трубчатых припоев показаны на рис. 3. Припой представляет собой трубку из оловянно-свинцового сплава (припоя), внутри которой помещен канифольный флюс. Измененная

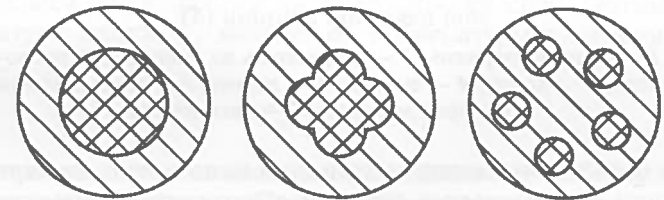


Рис. 3. Трубчатый припой с флюсом

форма сердцевины припоя с флюсом уменьшает вероятность образования пустот в трубчатом припое и перерывов в подаче флюса в процессе пайки.

Для пайки в единичном и мелкосерийном производстве применяют электрический паяльник или паяльную станцию (рис. 4).

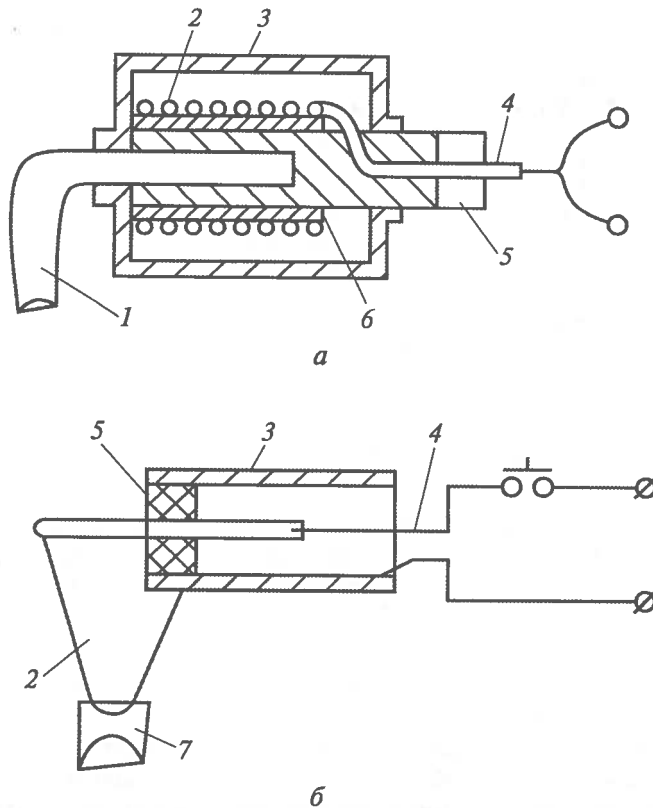


Рис. 4. Схемы электрического паяльника (а) и импульсной паяльной станции (б):

1 — медный стержень; 2 — нагреватель из нихромовой проволоки; 3 — кожух; 4 — выводы; 5 — корпус; 6 — слюдяная или асбестовая изоляция; 7 — наконечник

Для пайки монтажных соединений используют электрические паяльники или паяльные станции с нагревательным элементом в виде спирали или петли из нихромовой проволоки. Требуемую

мощность паяльника или паяльной станции выбирают в зависимости от массы и марки соединяемых деталей.

Для пайки припоем ПОС 40 применяют электрический паяльник или паяльную станцию мощностью 50, 75 или 120 Вт с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В или от источника постоянного тока напряжением не более 36 В. Паяльник или паяльную станцию на 75 и 120 Вт используют для пайки соединений со значительной массой металла (провода большого сечения, кабельные наконечники, корпусные лепестки и др.). В приборостроении для пайки припоем ПОС 61 применяют электрический паяльник или паяльную станцию мощностью 35 Вт.

По конструкции жала электрических паяльников бывают трех типов: молотковые, торцевые и Г-образные. Они имеют существенные недостатки: большие потери времени на разогрев жала, окисливание жала, так как оно постоянно нагрето, непроизводительный расход электроэнергии. Кроме того, паяльные станции не применяют в среднесерийном и массовом производстве при пайке печатных плат.

От указанных недостатков свободна импульсная паяльная станция (см. рис. 4, б), жало которой представляет собой V-образный медный теплопровод, нагреваемый петлей (на рис. 4, б не показана) из нихромовой проволоки в течение 0,5...2 с, соединенный со вторичной обмоткой понижающего трансформатора.

Конструктивно паяльная станция может быть оформлена в виде пистолета, в кожухе которого находится трансформатор. При нажатии на курок включается в сеть первичная обмотка трансформатора, а во вторичной обмотке индуцируется ток низкого напряжения в несколько сот ампер и нагревает жало паяльной станции до необходимой температуры.

При проведении пайки важно выдерживать необходимую температуру. Пониженная температура приводит к плохой жидкотекучести припоя и плохому смачиванию соединяемых поверхностей. Значительное увеличение температуры вызывает обугливание флюса до активации им поверхностей спая. Оптимальная температура пайки $T_{п}$ зависит от температуры плавления припоя $T_{пл}$:

$$T_{п} = T_{пл} + (40...80) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В зависимости от теплоемкости соединения выбирают мощность паяльной станции. При правильно подобранной мощности значение отклонения рабочей температуры жала T_c паяль-

форма сердцевины припоя с флюсом уменьшает вероятность образования пустот в трубчатом припое и перерывов в подаче флюса в процессе пайки.

Для пайки в единичном и мелкосерийном производстве применяют электрический паяльник или паяльную станцию (рис. 4).

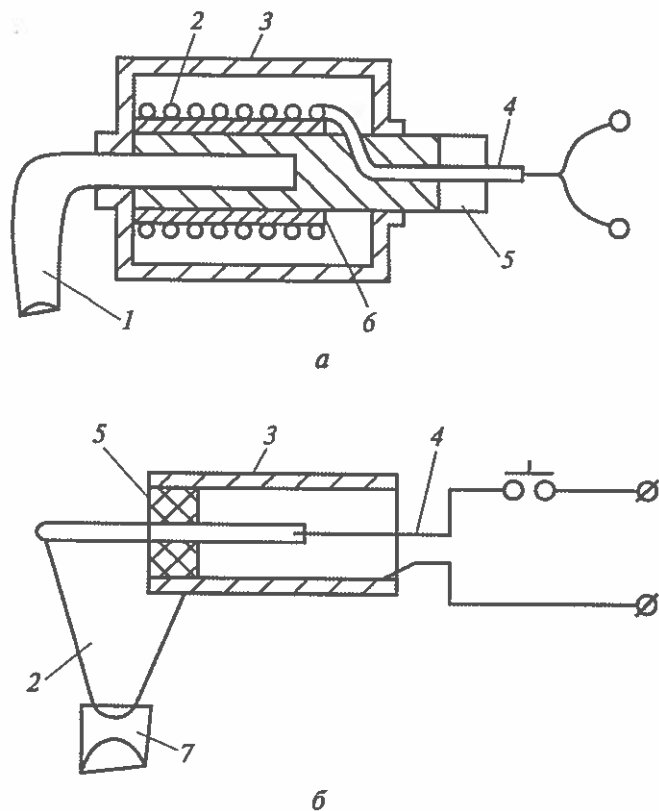


Рис. 4. Схемы электрического паяльника (а) и импульсной паяльной станции (б):

1 — медный стержень; 2 — нагреватель из нихромовой проволоки; 3 — кожух; 4 — выводы; 5 — корпус; 6 — слюдяная или асбестовая изоляция; 7 — наконечник

Для пайки монтажных соединений используют электрические паяльники или паяльные станции с нагревательным элементом в виде спирали или петли из нихромовой проволоки. Требуемую

мощность паяльника или паяльной станции выбирают в зависимости от массы и марки соединяемых деталей.

Для пайки припоем ПОС 40 применяют электрический паяльник или паяльную станцию мощностью 50, 75 или 120 Вт с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В или от источника постоянного тока напряжением не более 36 В. Паяльник или паяльную станцию на 75 и 120 Вт используют для пайки соединений со значительной массой металла (провода большого сечения, кабельные наконечники, корпусные лепестки и др.). В приборостроении для пайки припоем ПОС 61 применяют электрический паяльник или паяльную станцию мощностью 35 Вт.

По конструкции жала электрических паяльников бывают трех типов: молотковые, торцевые и Г-образные. Они имеют существенные недостатки: большие потери времени на разогрев жала, окислирование жала, так как оно постоянно нагрето, непроизводительный расход электроэнергии. Кроме того, паяльные станции не применяют в среднесерийном и массовом производстве при пайке печатных плат.

От указанных недостатков свободна импульсная паяльная станция (см. рис. 4, б), жало которой представляет собой V-образный медный теплопровод, нагреваемый петлей (на рис. 4, б не показана) из нихромовой проволоки в течение 0,5...2 с, соединенный со вторичной обмоткой понижающего трансформатора.

Конструктивно паяльная станция может быть оформлена в виде пистолета, в кожухе которого находится трансформатор. При нажатии на курок включается в сеть первичная обмотка трансформатора, а во вторичной обмотке индуцируется ток низкого напряжения в несколько сот ампер и нагревает жало паяльной станции до необходимой температуры.

При проведении пайки важно выдерживать необходимую температуру. Пониженная температура приводит к плохой жидкотекучести припоя и плохому смачиванию соединяемых поверхностей. Значительное увеличение температуры вызывает обугливание флюса до активации им поверхностей спаев. Оптимальная температура пайки $T_{п}$ зависит от температуры плавления припоя $T_{пл}$:

$$T_{п} = T_{пл} + (40...80) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В зависимости от теплоемкости соединения выбирают мощность паяльной станции. При правильно подобранной мощности значение отклонения рабочей температуры жала T_c паяль-

ной станции от температуры пайки должно лежать в диапазоне 20...40 °С:

$$T_c = T_n + (20...40) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Для проведения высококачественной пайки температуру жала паяльной станции необходимо контролировать и регулировать. Для этого в промышленности применяют паяльную станцию с автоматическим регулятором температуры или автоматической подачей припоя.

При правильно выбранной температуре паяльной станции припой должен быстро плавиться, но не стекать с рабочей части жала, а канифоль должна не сторгать мгновенно, а оставаться на жале в виде кипящих капелек.

Качество монтажных соединений во многом зависит от правильности заточки жала. Наиболее удобной формой жала считается четырехгранная. Поверхность рабочей части жала должна быть ровной, без раковин, очищенной от нагара и хорошо облуженной.

Пайка монтажных соединений должна обеспечивать надежность электрического контакта и необходимую механическую прочность.

Поверхность деталей, подлежащих пайке, перед монтажом подвергают горячему лужению предпочтительно припоем, применяемым при пайке. Припой и флюс для пайки выбирают в зависимости от подвергаемых пайке материалов, допускаемого нагрева элементов монтажа и рабочих температур. Количество флюса, наносимого на место пайки, должно быть минимальным. Обильное смачивание флюсом недопустимо. Время пайки и лужения выводов не должно превышать указанное в руководящих технических условиях на элементы конкретных типов. При отсутствии указаний длительность процесса пайки или лужения не должна превышать 5 с.

Поверхность паяных соединений следует очищать тканью из безворсового материала (например, хлопчатобумажной бязью) или кисточкой, смоченной спиртом или спиртобензиновой смесью. Очищать паяные соединения следует после каждой пайки. В случае применения спиртобензиновой смеси должны быть приняты меры, исключающие возможность воспламенения паров бензина.

Для улучшения качества пайки, повышения производительности труда и экономии производственных материалов применяют монтажные рамки.

Контроль качества пайки выполняют визуально по габаритам, внешнему виду паяного изделия обычно путем сравнения с эталоном (недопустимо наличие сколов, царапин, вмятин) и инструментально (контроль параметров изделия — сопротивления, емкости и др.).

Для получения в процессе выполнения лабораторной работы практических навыков пайки сетки используют монтажный провод. Эскиз паяного изделия — сетки — представлен на рис. 5.

В процессе пайки сетки проводят раскладку монтаж-

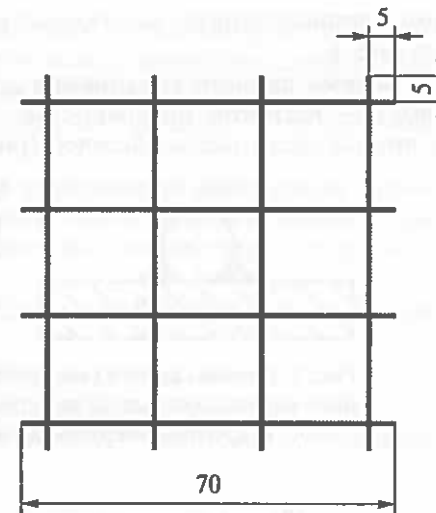


Рис. 5. Эскиз паяного изделия — сетки

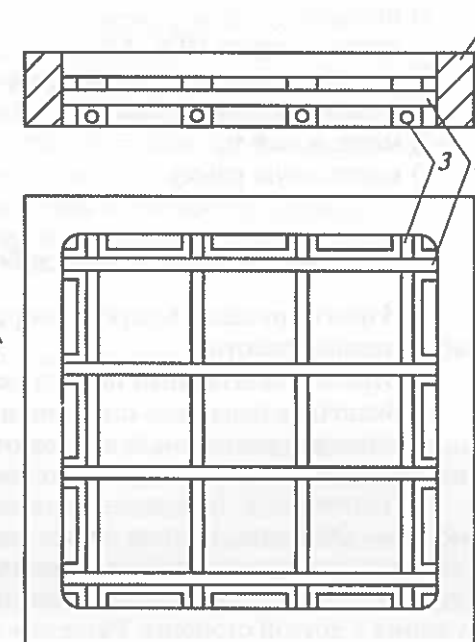


Рис. 6. Эскиз раскладки монтажных проводов сетки в монтажной рамке:

1 — рамка; 2 — горизонтальные элементы сетки; 3 — вертикальные элементы сетки

ного провода в пазах монтажной рамки в соответствии с эскизом на рис. 6.

Форма паяного соединения должна быть скелетной с галтелями — вогнутой поверхностью припоя от одной поверхности к другой соединяемых деталей (рис. 7).



Рис. 7. Форма галтели (закругления) припоя в местах плавного перехода от одной поверхности соединяемых деталей к другой поверхности соединяемых деталей

Используемые материалы и инструменты

Для выполнения лабораторной работы используют:

- 1) паяльную станцию;
- 2) кусачки;
- 3) пинцет;
- 4) припой марки ПОС 61;
- 5) канифоль сосновую кусковую;
- 6) шлифовальную шкурку;
- 7) монтажный провод;
- 8) монтажную рамку.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить раздел «Краткие теоретические сведения» данной лабораторной работы.
2. Отрезать монтажный провод необходимой длины: 560 мм.
3. Включить паяльную станцию или паяльник.
4. Очистить монтажный провод от изоляции и возможных оксидов шлифовальной шкуркой по всей длине (560 мм).
5. Подготовить монтажный провод к электромонтажным работам. Облудить провод путем протягивания его под жалом паяльной станции через ванну расплавленного припоя и флюса. Затем повторить этот переход после поворота провода на 180° для лужения с другой стороны. Разрезать монтажный провод на куски

длиной 70 мм каждый в соответствии с эскизом рис. 5 и выпрямить эти куски путем их прокатки между двумя плоскими поверхностями (стекла и подставки под паяльник).

6. Провести раскладку монтажных проводов в соответствии с эскизом на рис. 6.

7. Пайку проводить в узлах пересечения монтажных проводов. При пайке допустимы только легкие прикосновения флюса с припоем на жале паяльной станции с узлами пересечения монтажных проводов.

8. Извлечь сетку из рамки. Снять избыток припоя в узлах пайки.

9. Выключить паяльную станцию (обязательно!).

10. Оформить отчет о лабораторной работе.

11. Защитить лабораторную работу, ответив на контрольные вопросы.

Требования к отчету о лабораторной работе

Отчет оформляет каждый студент самостоятельно, качество составления и полноту информации, изложенной в отчете, оценивает преподаватель на защите лабораторной работы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель лабораторной работы;
- 2) используемые материалы и инструменты;
- 3) краткий конспект раздела «Краткие теоретические сведения» данной лабораторной работы;
- 4) эскиз паяного изделия и шва монтажного провода;
- 5) дополнительные эскизы по указанию преподавателя;
- 6) выводы.

Контрольные вопросы

1. Что входит в понятие «электрический монтаж»?
2. Какие физические явления лежат в основе процесса пайки?
3. Как качество и состояние соединяемых поверхностей деталей влияют на качество паяного соединения?
4. Каково назначение флюса? Какие требования предъявляют к флюсу для получения качественного соединения?
5. В чем заключается технологический процесс лужения? Каково его назначение?

6. Какие типы жал паяльных станций вы знаете?
7. Для чего необходимо контролировать температуру пайки? Каким образом может осуществляться этот контроль?
8. Каково допустимое время пайки и лужения выводов ЭРЭ?
9. Каким образом можно определить качество смачивания поверхности припоем?
10. Что обеспечивает лучшую подготовку поверхности к пайке: механическая очистка поверхности или химическое травление?
11. В чем преимущество импульсной паяльной станции?
12. Какие флюсы применяют при электрическом монтаже в приборостроении?
13. Что такое припой?
14. Какие характеристики припоя наиболее важны при пайке?
15. Что такое трубчатый припой? В чем его достоинства?
16. Припой какой марки наиболее часто применяют при электромонтажной пайке?
17. Как определяют необходимую температуру нагрева жала паяльника?
18. Как определяют требуемую температуру жала паяльной станции.
19. С какой целью используют монтажную рамку?
20. Имеются ли преимущества в монтаже сетки при использовании монтажной рамки? Если есть, то в чем они состоят?
21. Что такое галтель паяного шва?

Критерии оценки результатов лабораторной работы

Для оценки выполнения лабораторной работы используют следующие критерии:

- 1) правильно составленный отчет;
- 2) качество выполнения пайки сетки;
- 3) правильные ответы на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 2

МОНТАЖ ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТОВ НА МОНТАЖНОЙ ПЛАТЕ

Цель работы — получение практических навыков проведения электромонтажных работ, а именно: навесного монтажа ЭРЭ на монтажной плате.

Краткие теоретические сведения

Монтажные платы изготавливают из стеклотекстолита — серийного материала для печатных плат — или из гетинакса. На монтажных платах из стеклотекстолита предусмотрено использование опорных приспособлений для обеспечения возможности многократной пайки — перепайки навесных ЭРЭ.

По способу установки элементов РЭА различают навесной и печатный монтаж.

При навесном монтаже выводы малогабаритных деталей (резисторы, конденсаторы, дроссели) укорачивают и припаивают непосредственно к лепесткам переключателей, ламповых панелей, контактам разъемов и крепежным элементам других контактных соединений (рис. 8), ранее установленных в монтируемом устройстве в условиях опытного производства.

В опытном макетном производстве в настоящее время обычно используют монтажные диэлектрические основания — платы с отверстиями для установки навесных ЭРЭ или в соответствии с принципиальной электрической схемой соединений. Плата

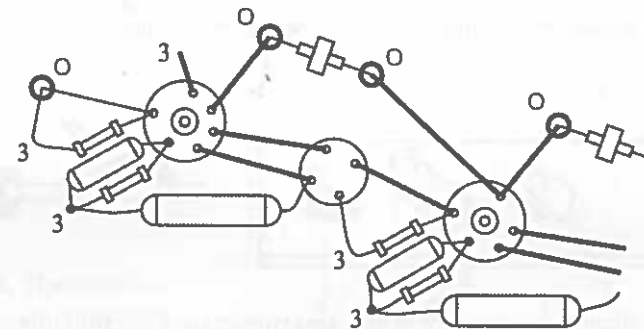


Рис. 8. Пример выполнения навесного монтажа

в этом случае представляет собой диэлектрическое основание из гетинакса или стеклотекстолита с отверстиями.

Для соединения и закрепления выводов деталей и монтажных проводников используют специальные опорные приспособления (штырьки, лепестки, пистоны), смонтированные на изоляционных основаниях.

Варианты опорных приспособлений для навесного монтажа представлены на рис. 9. Контакты опорных приспособлений, штырьки, показанные на рис. 9, а, б, изготовлены из медной проволоки, запрессованной в пластмассу. Для соединения монтажного провода с корпусом (шасси) провод припаивают или приваривают непосредственно к шасси, предварительно пропустив его для прочности через отверстие шасси (рис. 10), или соединяют провод с лепестком, вырезанным из материала шасси, со шпилькой либо с лепестком, привернутым к шасси.

При контроле качества паяных, подпаянных или перепаянных соединений допускается:

а) применять метод сравнения с эталонными образцами паяных соединений;

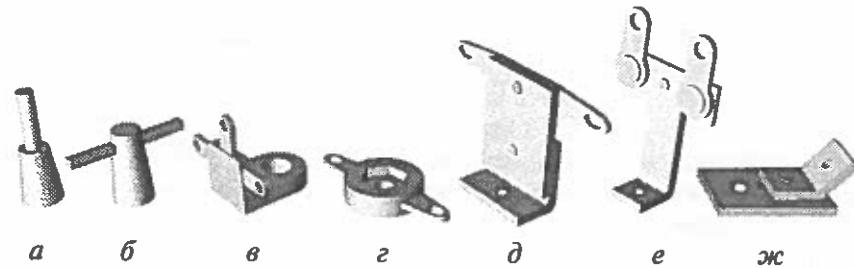


Рис. 9. Варианты опорных приспособлений для навесного монтажа



Рис. 10. Варианты элементов для электрического соединения провода с корпусом (шасси) прибора

б) использовать при визуальном осмотре паяных швов лупы, очки-бинокли и другие оптические приборы с увеличением до 8^x;

в) по требованиям заказчика проводить дополнительный выборочный контроль в целях выявления в соединениях скрытых дефектов с помощью рентгенотелевизионного микроскопа;

г) проверять механическую прочность паяных соединений при наличии в технических условиях на изделие требований к их прочности;

д) применять контроль сопротивления контактного перехода паяных соединений зондовым методом.

Механическую прочность паяных соединений испытывают на разрывных машинах. Проверку проводят выборочно на контрольных образцах.

Критерием оценки механической прочности является сопротивление срезу или отрыву паяного соединения, значение которого должно составлять не менее 0,5 кг.

В отдельных случаях допускается проводить проверку механической прочности специальным пинцетом непосредственно на изделиях, при этом усилие должно быть направлено вдоль оси припаянного провода.

Монтажные провода, соединяющие ЭРЭ электрически, должны быть расположены по кратчайшим расстояниям или связаны в жгуты.

В условиях единичного производства при опытном изготовлении аппаратуры электрический монтаж ведут по принципиальным электрическим схемам электронного устройства (рис. 11). При этом требуется высокая квалификация монтажника.

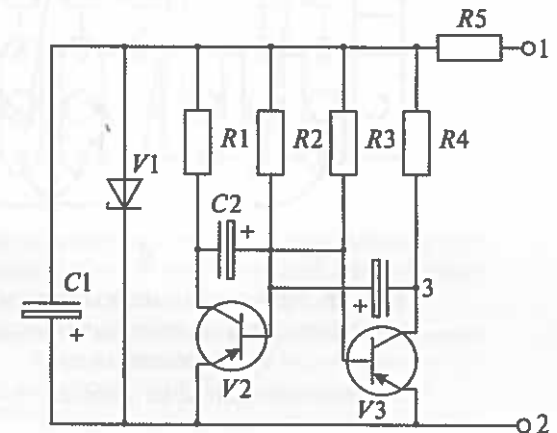


Рис. 11. Принципиальная электрическая схема электронного устройства

В серийном производстве монтаж выполняют по монтажной схеме, которая отражает размещение схемных элементов и проводников (рис. 12). При монтаже по монтажным схемам получают идентичные электрические характеристики. В случае большого количества соединений рекомендуется использовать таблицу

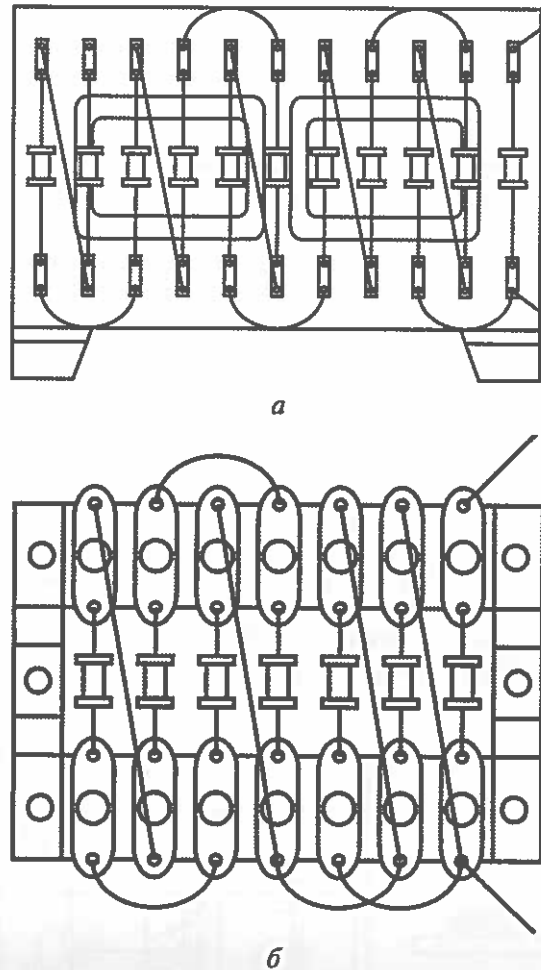


Рис. 12. Примеры монтажных схем при монтаже элементов на опорных приспособлениях монтажных плат:
a — навесной монтаж на штырьках; *б* — навесной монтаж на лепестках

соединений (таблицу проводов), представленную в технологической документации. В этой таблице указаны данные о проводах, кабелях, а также адреса их присоединения.

Для электрического монтажа выводы навесных элементов готовят к их механическому монтажу на плате согласно принципиальным электрическим схемам (рис. 13, *a* и 14).

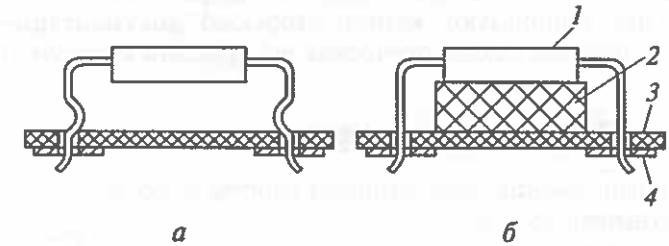


Рис. 13. Варианты механического крепления выводов навесных ЭРЭ и монтажных проводников:
a — пружинное соединение; *б* — посадка ЭРЭ на картонную полосу (*1* — ЭРЭ; *2* — картонная полоса — прокладка; *3* — монтажная плата; *4* — контактная площадка)

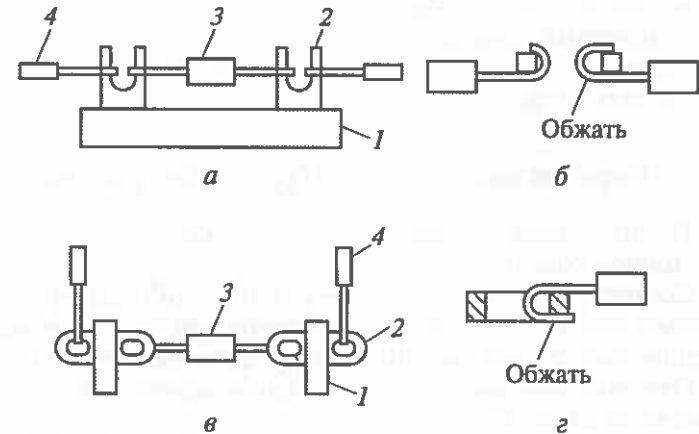


Рис. 14. Варианты механического крепления выводов элементов и монтажных проводов на монтажной плате с опорными элементами:
a, б — крепление выводов с использованием штырьевых опорных приспособлений; *в, г* — крепление выводов с использованием лепестковых опорных приспособлений; *1* — монтажная плата; *2* — опорное приспособление; *3* — элемент; *4* — монтажный провод

В условиях массового производства электрический монтаж ведут по операционным технологическим картам, представленным в технологической документации. Монтаж сложных устройств всегда разделяют на отдельные операции.

Операционные технологические карты содержат эскизы и описания монтажных работ и порядок их выполнения.

Технологическая документация носит название оперативной. Кроме нее используют конструкторскую документацию, куда входят различные технологические инструкции и документы.

Используемые материалы и инструменты

Для выполнения лабораторной работы используют:

- 1) монтажную плату;
- 2) набор резисторов;
- 3) паяльную станцию;
- 4) кусачки;
- 5) круглогубцы;
- 6) припой марки ПОС 61;
- 7) канифоль сосновую кусковую;
- 8) шлифовальную шкурку;
- 9) монтажный провод;
- 10) пинцет;
- 11) мультиметр.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить раздел «Краткие теоретические сведения» данной лабораторной работы.

2. Составить монтажную схему соединений (пример монтажной схемы приведен на рис. 12) в соответствии с принципиальной электрической схемой, заданной преподавателем (табл. 3).

3. Отрезать монтажный провод необходимой длины: 120 мм с запасом по длине 15...20 мм.

4. Очистить концы монтажных проводов шлифовальной шкуркой.

5. Включить паяльную станцию.

6. Облудить концы монтажных проводов, изогнув их в соответствии с монтажной схемой.

7. Очистить монтажные отверстия опорных приспособлений на монтажной плате от наплывов припоя нагретым паяльником.

Таблица 3

Варианты заданий для выполнения лабораторной работы

Номер варианта	Принципиальная электрическая схема
1	
2	
3	
4	
5	

Окончание табл. 3

Номер варианта	Принципиальная электрическая схема
6	

8. Очистить выводы навесных элементов от загрязнений и окисной пленки с помощью мелкозернистой шлифовальной шкурки.

9. Залудить выводы навесных элементов.

10. Провести формовку выводов навесных элементов с помощью круглогубцев в соответствии с учетом расположения отверстий на монтажной плате.

11. Облуженные концы монтажных проводов механически закрепить в отверстиях платы.

12. Установить и механически закрепить навесные элементы и провода на монтажной плате в соответствии с эскизом на рис. 14, а, б.

13. Провести пайку навесных элементов и монтажных проводов.

14. Выключить паяльную станцию (обязательно!).

15. Рассчитать номинальное сопротивление схемы между входом и выходом, а также возможный разброс значений эквивалентного сопротивления соединения.

16. Измерить с помощью мультиметра фактическое значение сопротивления схемы. Выключить мультиметр.

17. Предъявить монтажную плату, расчетные данные и результаты измерения, полученные с помощью мультиметра, преподавателю.

18. Включить паяльную станцию, распаять монтажную схему, сдать инструменты и материалы учебному мастеру. Выключить паяльную станцию.

19. Оформить отчет о лабораторной работе.

20. Защитить лабораторную работу, ответив на контрольные вопросы.

Требования к отчету о лабораторной работе

Отчет оформляет каждый студент самостоятельно, качество составления и полноту информации, изложенной в отчете, оценивает преподаватель на защите лабораторной работы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель лабораторной работы;
- 2) используемые материалы и инструменты;
- 3) краткий конспект раздела «Краткие теоретические сведения» данной лабораторной работы;
- 4) электрическую принципиальную и монтажную схемы соединения навесных элементов;
- 5) последовательность и результаты расчета общего сопротивления схемы, результаты измерений общего сопротивления схемы, полученные с помощью мультиметра, а также расчет абсолютной и относительной ошибки схемы;
- 6) дополнительные эскизы по указанию преподавателя;
- 7) выводы.

Контрольные вопросы

1. Какое назначение имеет опорное приспособление при проведении электромонтажных работ?
2. Из чего состоят специальные опорные приспособления, играющие роль дополнительных монтажных проводов, при соединении и закреплении выводов деталей и монтажных проводов?
3. Какую документацию используют при проведении электромонтажных работ в единичном производстве?
4. Какую документацию используют при проведении электромонтажных работ в серийном производстве?
5. Какую документацию используют при проведении электромонтажных работ в массовом производстве?
6. Чем отличается принципиальная электрическая схема прибора от монтажной схемы?
7. Какие существуют методы контроля качества соединений при проведении электромонтажных работ?
8. Какие варианты опорных приспособлений вы можете предложить?
9. Каково назначение разрывной машины?
10. Как соединяют монтажные провода с корпусом?
11. Из чего состоит монтажная плата при навесном монтаже?

12. Какая документация содержит эскизы и описания монтажных работ и порядок их выполнения?

13. Как должны быть расположены монтажные провода, соединяющие ЭРЭ, при навесном монтаже?

Критерии оценки результатов лабораторной работы

Для оценки выполнения лабораторной работы используют следующие критерии:

- 1) правильно составленный отчет;
- 2) правильно составленная монтажная схема (эскиз);
- 3) качественный навесной монтаж и демонтаж схемы методом пайки;
- 4) правильные ответы на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 3

МОНТАЖ ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

Цель работы — получение практических навыков проведения электромонтажных работ, а именно: навесного монтажа ЭРЭ на печатной плате.

Краткие теоретические сведения

Печатный монтаж — способ соединения радиоэлементов без проводов. Вместо них используют тонкие проводящие полоски, закрепленные на непроводящем основании, называемом платой (рис. 15). При монтаже ЭРЭ устанавливают на печатные платы.

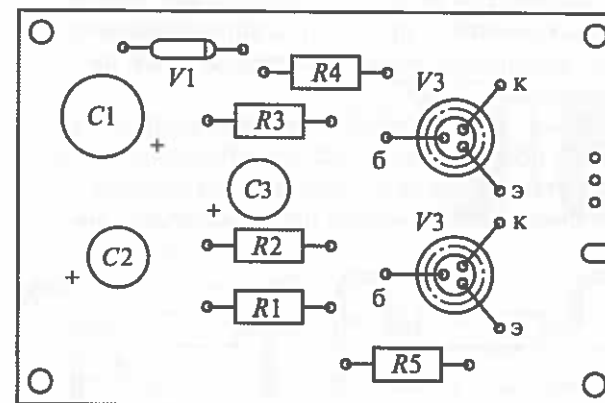


Рис. 15. Пример монтажной схемы электронного устройства на печатной плате

Формовку выводов и установку ЭРЭ на печатные платы проводят в соответствии с рекомендуемыми в технологической документации вариантами (рис. 16). Расстояние от корпуса элемента до места изгиба должно соответствовать требованиям государственного стандарта или технических условий на элемент. При отсутствии требований устанавливают следующие стандартные расстояния: от корпуса до места пайки не менее 2,5 мм; от кор-

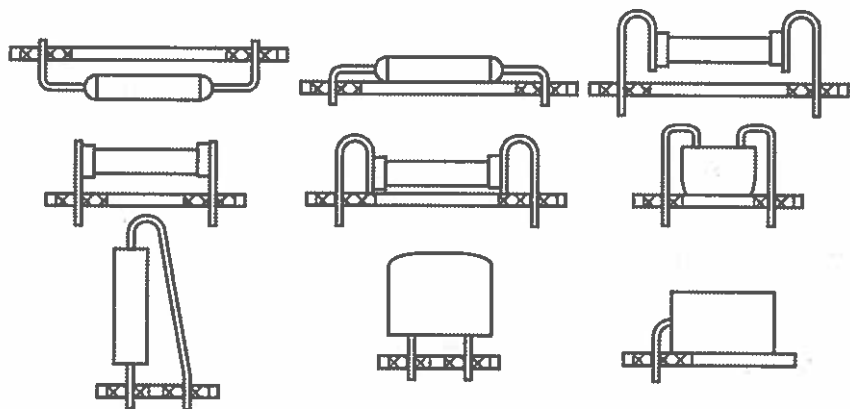


Рис. 16. Рекомендуемые варианты формовки выводов и установки элементов типа *R, L, C* на печатные платы

пуса до оси изогнутого вывода не менее 2 мм. Формовку круглых или планарных выводов проводят с помощью технологической оснастки, исключающей механические нагрузки на места крепления ввода и вывода.

В отдельных случаях для элементов, формовка которых (см. рис. 16) не обеспечивает расстояний до места пайки по государственному стандарту или техническим условиям, допускаются варианты формовки выводов, представленные на рис. 17.

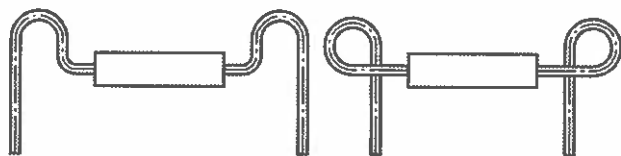


Рис. 17. Допустимые варианты формовки выводов элементов

Корпуса элементов должны располагаться параллельно или перпендикулярно друг другу. Предпочтительное расположение элементов — рядами.

Навесные элементы крепят к печатной плате с помощью собственных выводов. В случае необходимости применяют дополнительное механическое крепление. Установку элемента с зазором между его корпусом и платой используют при двустороннем мон-

таже; при этом монтажные провода могут располагаться под навесным элементом. Лучшим способом с точки зрения восприятия механических нагрузок является установка элементов вплотную к плате, выполняемая с помощью собственных выводов и дополнительного крепления за корпус с использованием проволоочных скоб, которые впаяются в отверстия платы.

Маркировка ЭРЭ должна быть нанесена в соответствии с их обозначениями на принципиальных электрических схемах и легко считываться. Разрешается маркировать сами элементы, если это не повлияет на их работу и не закроет маркировку изготовителя ЭРЭ, которая в любом случае должна быть отчетливо видна.

Форма паяных соединений должна быть по возможности скелетной с вогнутыми галтелями (закруглениями) припоя по шву и без его избытка. Она должна позволять визуально просматривать через тонкий слой припоя контуры входящих в соединение отдельных монтажных элементов. Поверхность галтелей припоя по всему периметру паяного шва — вогнутая, непрерывная, гладкая, глянцевая, без темных пятен и посторонних включений.

Вогнутая и выпуклая галтели паяного шва представлены на рис. 18. Рекомендуемые формы паяных соединений на печатных платах с неметаллизированными и металлизированными отверстиями показаны на рис. 19 и 20.

Не допускается растекание припоя за пределы контактных площадок, так как это уменьшает расстояние между соседними паяными соединениями.

Пустотелые заклепки металлизированных отверстий печатных плат должны заполняться припоем на всю высоту.

Допускаются к приемке следующие паяные соединения печатного монтажа:

а) с заливной формой пайки, при которой контуры отдельных монтажных элементов, входящих в соединение, полностью скрыты под припоем со стороны пайки соединения;

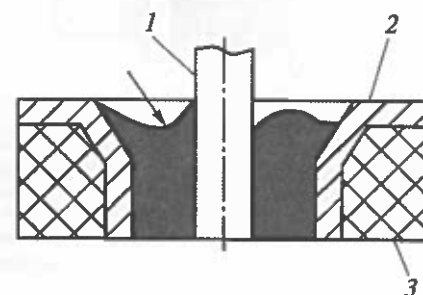


Рис. 18. Форма паяного соединения с дефектом в виде выпуклой галтели:

1 — вывод; 2 — металлизированное отверстие в плате; 3 — основание печатной платы; —> — форма галтели

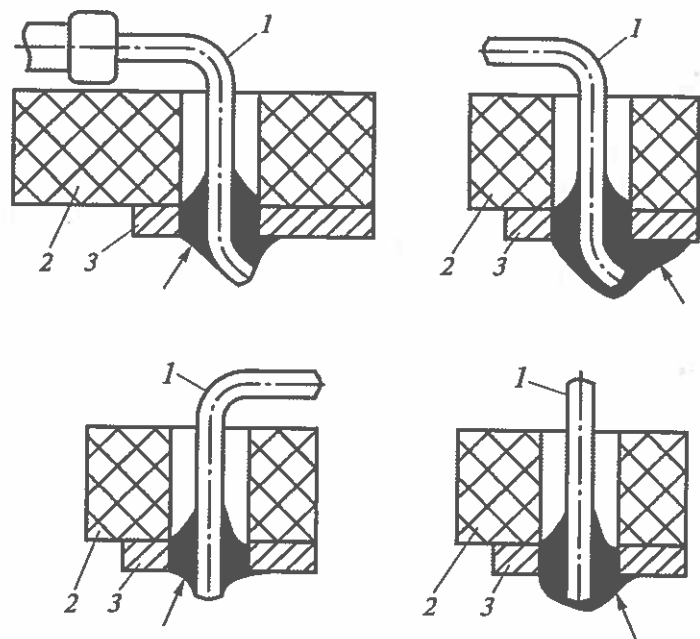


Рис. 19. Рекомендуемые формы паяных соединений на печатных платах с неметаллизированными отверстиями:

1 — вывод электрорадиоэлемента; 2 — основание печатной платы; 3 — неметаллизированное отверстие в плате; —> — форма галтели

б) с частичным незаполнением металлизированных отверстий печатного монтажа припоем, если высота заполнения составляет не менее $2/3$ всей высоты отверстия;

в) с растеканием припоя по выводам, печатным проводникам и контактным площадкам с обеих сторон платы, если припой не затекает под корпус радиоэлементов, микросхем и не уменьшает минимально допустимого расстояния между соседними площадками или проводниками, оговоренными в чертеже;

г) с наличием отдельных мелких газовых или усадочных пор.

Качество паяных, подпаянных и перепаянных соединений контролируется визуально у 100 % монтажных соединений. Контроль линейных величин допустимых дефектов проводится с помощью любого мерительного инструмента, обеспечивающего требуемую точность.

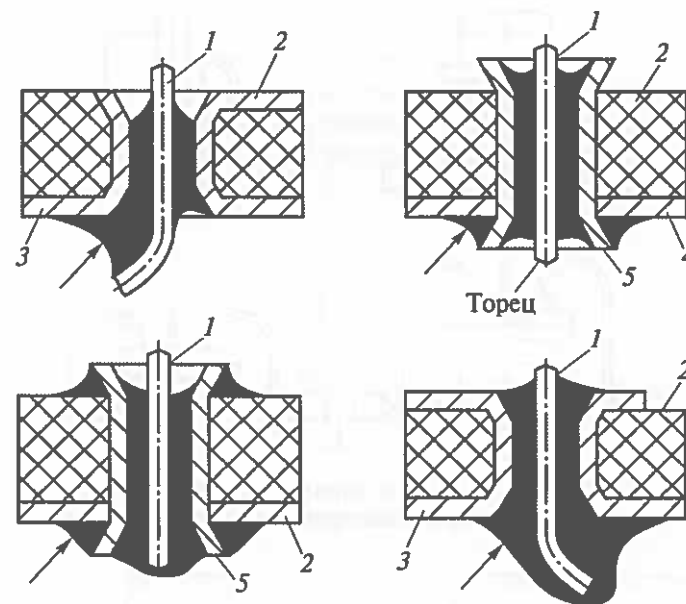


Рис. 20. Рекомендуемые формы паяных соединений на печатных платах с металлизированными отверстиями:

1 — вывод ЭРЭ; 2 — основание печатной платы; 3 — контактная площадка; 4 — печатный проводник; 5 — пустотелая заклепка

При монтаже полупроводниковых приборов руководствуются следующими правилами.

1. Проволочные выводы электродов корпусных транзисторов малой мощности, германиевых и кремниевых диодов и стабилитронов можно изгибать на расстоянии не менее 5 мм от корпуса (от стеклянного изолятора). Изгиб должен быть плавным. Варианты формовки выводов транзисторов представлены на рис. 21 и 22. Варианты формовки маломощных диодов и стабилитронов аналогичны вариантам формовки выводов сопротивлений (см. рис. 16).

2. Недопустимо изгибать жесткие выводы (лепестки) транзисторов и диодов средней и большой мощности, поскольку это может привести к растрескиванию их стеклянных изоляторов и нарушению герметичности приборов.

3. Нельзя допускать перегрев полупроводникового прибора во время пайки, для чего:

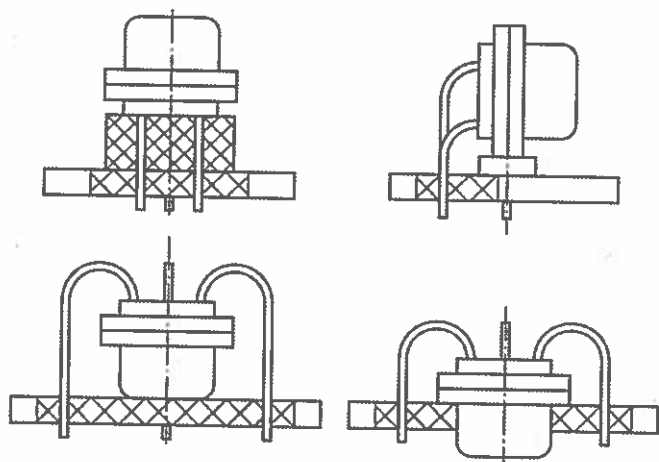


Рис. 21. Рекомендуемые варианты формовки выводов корпусных транзисторов

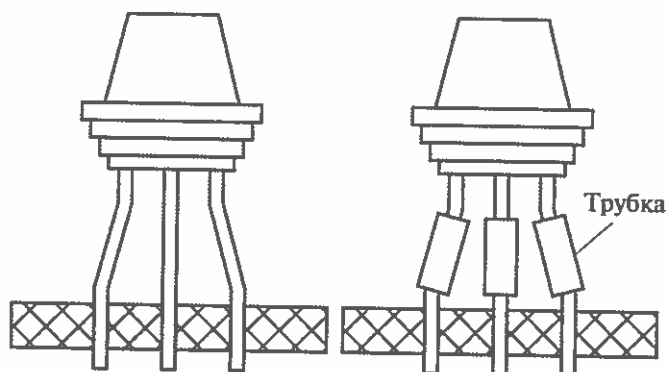


Рис. 22. Допустимые варианты формовки выводов корпусных транзисторов

а) пайку гибких выводов выполнять на расстоянии не ближе, чем оговорено в технических условиях на ЭРЭ, от корпуса прибора (изолятора);

б) проводить процесс пайки выводов по возможности не более 5...10 с; если пайка не удалась, ее можно повторить не ранее чем через 2...3 мин;

в) при навесном монтаже вывод во время пайки плотно зажимать теплоотводом между корпусом прибора и местом пайки, ко-

торый представляет собой пинцет с медными насадками на губках (рис. 23) или плоскогубцы без насечек;

г) при пайке строго следить за тем, чтобы жало паяльной станции даже на короткое время не прикасалось к корпусу полупроводникового прибора и на него не попадали капли припоя и флюса.

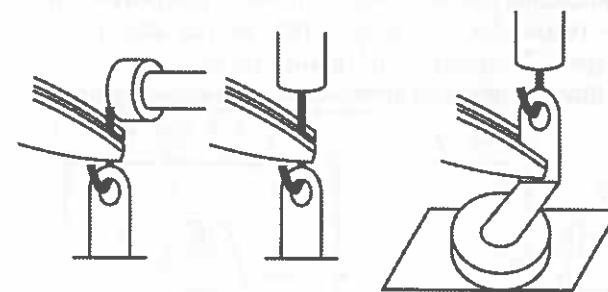


Рис. 23. Теплоотвод в процессе монтажной пайки

Для маркировки выводов полупроводниковых и электровакуумных приборов (со стороны монтажных выводов) рекомендуется пользоваться цветным кодом.

Одно из важнейших условий надежной и стабильной работы электронной аппаратуры с полупроводниковыми приборами — эффективная отдача ими тепла в окружающее пространство.

Нормальная работа диодов и транзисторов малой мощности (до 200 мВт) автоматически обеспечивается, если их режимы и температура окружающей среды не превышают максимально допустимых для конкретных приборов значений.

Эффективное использование транзисторов большой мощности (свыше 1 Вт) возможно, если они смонтированы на радиаторах — металлических пластинах или металлических конструкциях особой формы, способствующих отдаче тепла от транзисторов в окружающую среду. При этом тепло от электронно-дырочного перехода передается корпусу транзистора, он отдает тепло радиатору, а последний рассеивает его в окружающее пространство.

Эффективность отдачи транзистором тепла радиатору зависит от качества теплового контакта между транзистором и радиатором и оценивается по тепловому сопротивлению перехода корпус транзистора — радиатор. Это сопротивление тем меньше, чем лучше обработаны прилегающие поверхности транзистора и радиатора. Заполнение зазора между транзистором и радиатором компаундом (различными смолами, кремнийорганическими со-

ставами и т. п.) снижает тепловое сопротивление контакта. Аналогичный эффект дают прокладки из свинцовой фольги.

По технологическим условиям часто необходимо изолировать корпус транзистора (коллектор) от корпуса прибора (шасси). Помещаемая с этой целью между транзистором и радиатором изоляционная прокладка увеличивает тепловое сопротивление перехода корпус — радиатор. В связи с этим всегда желательно крепить транзистор (рис. 24) непосредственно на радиаторе, изолируя последний от шасси прибора изоляционной прокладкой.

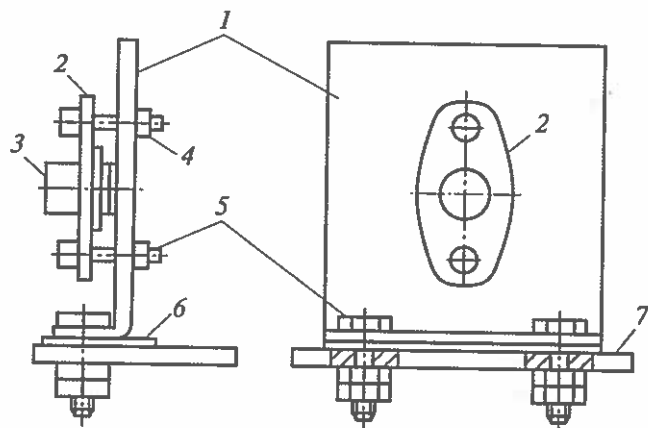


Рис. 24. Монтаж транзисторов на радиатор:

1 — радиатор; 2 — накладной фланец; 3 — транзистор; 4 — гайка; 5 — крепежные винты; 6 — изолирующая прокладка; 7 — шасси прибора

Интегральная микросхема (ИМС) — микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования и обработки сигнала и имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов, которые, согласно требованиям к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации, рассматривают как единое целое. На рис. 25–27 представлены внешний вид и принципиальные электрические схемы ИМС.

Коммутацию ИМС осуществляют с помощью печатных плат. Формовку выводов ИМС применяют для увеличения расстояния между выводами, совмещения выводов с отверстиями и контактными площадками печатной платы, фиксации расстояния от корпуса ИМС до платы. Также используют установку ИМС без формовки выводов.

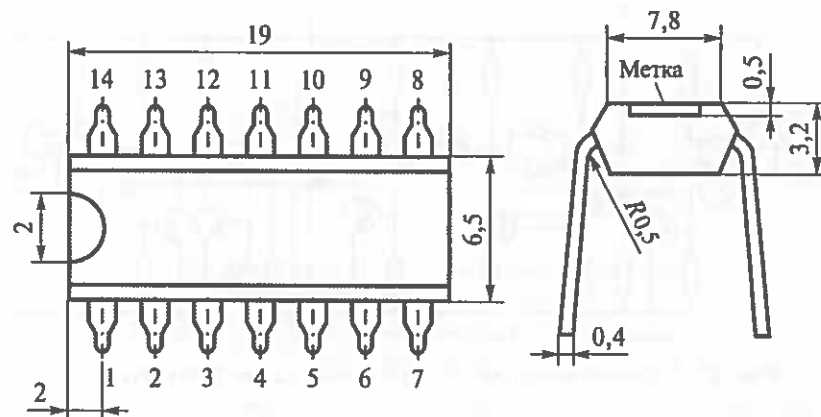


Рис. 25. Корпус ИМС серии К155

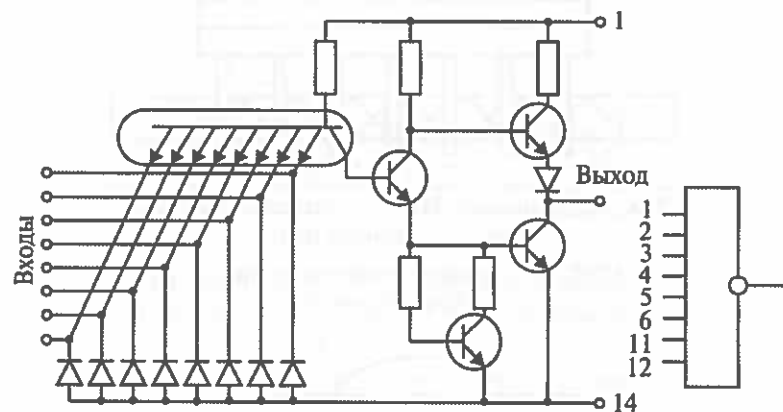


Рис. 26. Принципиальная электрическая схема ИМС К1ЛБ552

Интегральные схемы со штыревыми выводами устанавливают только с одной стороны печатной платы на расстоянии 1...3 мм от монтажной плоскости до корпуса платы (рис. 28). Этот зазор необходим для устранения перегрева ИМС при пайке и для возможности нанесения защитного покрытия. Для дополнительного механического крепления возможна установка ИМС на специальную подставку (рис. 29).

Интегральные микросхемы в корпусах с планарными выводами приклеивают эпоксидным клеем (рис. 30). Если под корпусом

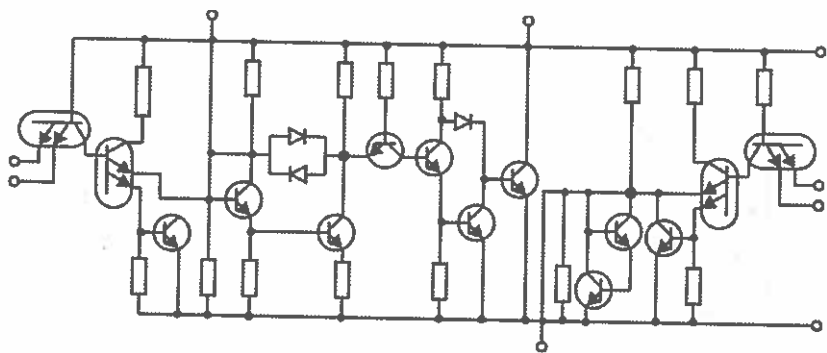


Рис. 27. Принципиальная электрическая схема ИМС К1ЖЛ1551

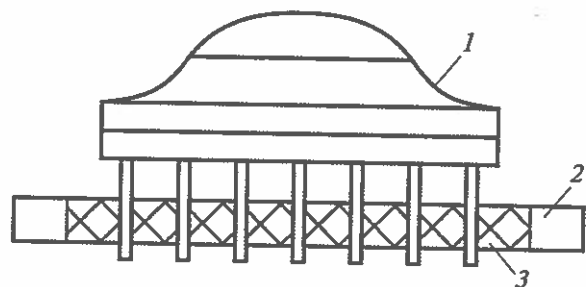


Рис. 28. Установка ИМС со штыревыми выводами на печатной плате:

1 — ИМС; 2 — основание печатной платы; 3 — контактная площадка

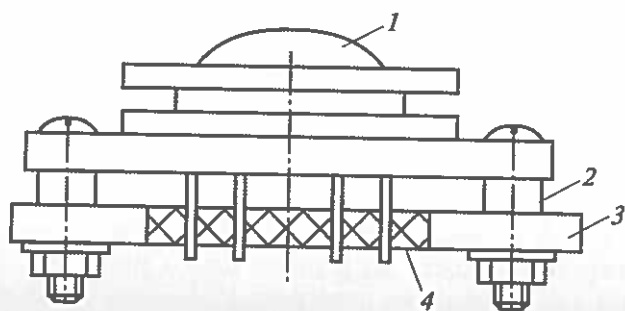


Рис. 29. Установка ИМС со штыревыми выводами на печатной плате с дополнительным механическим креплением:

1 — ИМС; 2 — втулка; 3 — основание печатной платы; 4 — контактная площадка

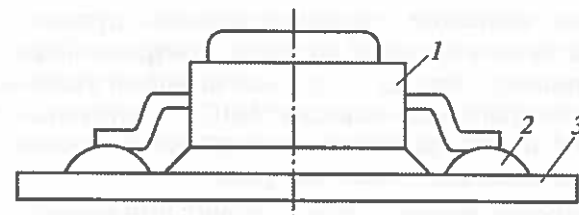


Рис. 30. Установка ИМС с планарными выводами на печатной плате без зазора:

1 — ИМС; 2 — контактная площадка; 3 — основание печатной платы

ИМС проходят проводники, ее устанавливают на плату с зазором (рис. 31) или на прокладку из стеклоткани толщиной 0,2...0,3 мм (рис. 32).

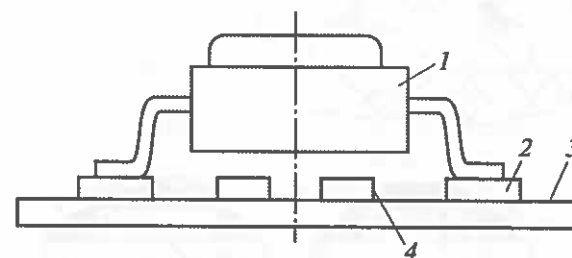


Рис. 31. Установка ИМС с плоскими выводами на печатной плате при наличии под корпусом печатных проводников:

1 — ИМС; 2 — контактная площадка; 3 — основание печатной платы; 4 — печатный проводник

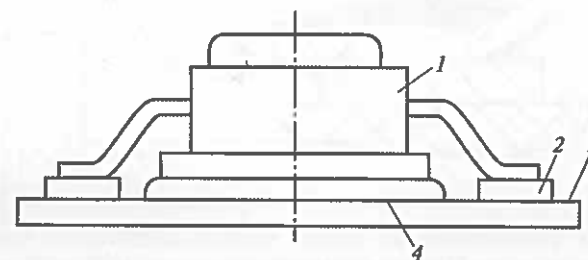


Рис. 32. Установка ИМС на изолирующую прокладку:

1 — ИМС; 2 — контактная площадка; 3 — основание печатной платы; 4 — изолирующая прокладка

Основные операции технологического процесса монтажа ИМС на печатной плате: входной контроль печатных плат и ИМС; формовка, обрезка и лужение выводов; установка ИМС на печатные платы; пайка выводов ИМС к контактным площадкам печатной платы; контроль электрических параметров; покрытие лаком, окончательный контроль.

Рекомендуемые формы паяных соединений планарных выводов ИМС с контактными площадками печатных плат представлены на рис. 33. Требования к качеству паяных соединений аналогичны требованиям, изложенным в лабораторной работе № 2.

Групповые методы пайки обычно применяют при одностороннем расположении навесных деталей на печатной плате. При

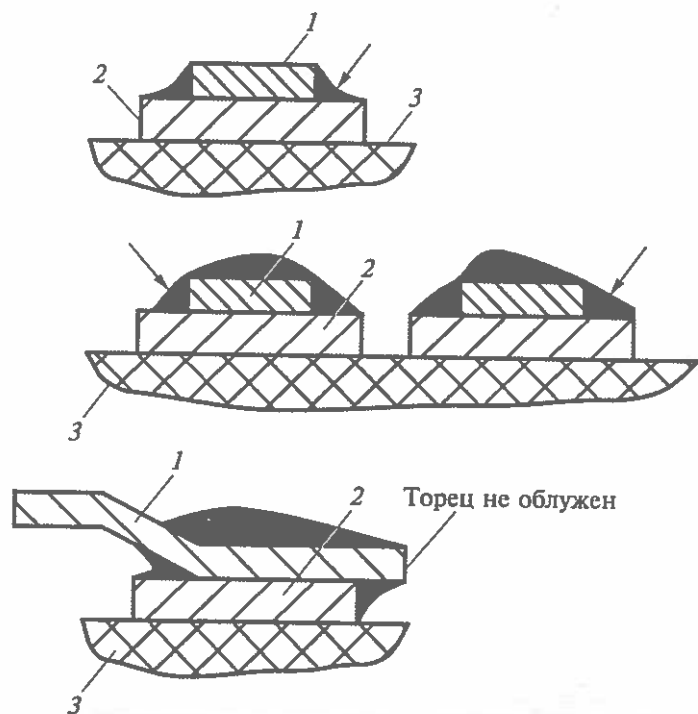


Рис. 33. Рекомендуемые формы паяных соединений планарных выводов ИМС с контактными площадками печатных плат:

1 — планарный вывод ИМС; 2 — контактная площадка; 3 — основание печатной платы; — — галтель паяного шва

двустороннем монтаже групповая пайка возможна только с одной стороны, а пайка с другой стороны проводится вручную паяльником или паяльной станцией.

Различают несколько типов групповой пайки: пайка погружением; пайка волной припоя; каскадная пайка; избирательная пайка.

Технологический процесс пайки печатных плат с односторонним монтажом методом погружения и волной припоя состоит из следующих этапов: обезжиривание; наклейка маски; пайка; удаление маски и остатков флюса; контроль.

Обезжиривание выполняют погружением платы со стороны монтажа в растворитель, состоящий из смеси спирта с бензином. Затем плату обдувают воздухом до полного высыхания. Участки и проводники платы, не подвергаемые пайке, закрывают бумажной маской, которую штампуют из бумажной ленты, покрытой костным клеем. В маске пробивают отверстия против мест пайки и базовые, маску приклеивают так, чтобы места пайки не выходили за пределы отверстий в маске.

При пайке погружением (рис. 34) печатную плату 3 устанавливают в приспособление 4 с вибрационной головкой и погружают на 4...6 с в расплавленный флюс (обычно 40 % канифоли и 60 % этилового спирта), а затем в припой 2 (ПОС 61), расплавленный с помощью нагревателя 1. Через 1 с после погружения включают вибратор 5, что создает условия для проникновения флюса

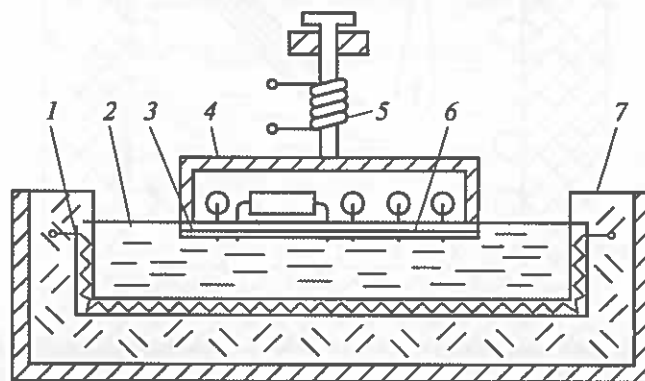


Рис. 34. Схема установки для пайки погружением:

1 — нагреватель; 2 — расплавленный припой; 3 — печатная плата с установленными элементами; 4 — установочное приспособление; 5 — вибратор; 6 — маска; 7 — изоляция

и припоя в отверстия и способствует правильному оформлению пайки.

Амплитуду вибрации устанавливают экспериментально для каждого типа и размера плат в пределах такого максимального значения, при котором не происходит разбрызгивания флюса и припоя. Время выдержки при температуре припоя 240 °С составляет 6...11 с, а при температуре припоя 250 °С — 4...8 с. По окончании пайки плату извлекают из припоя и, не выключая вибратор, выдерживают над ванной 5...7 с.

К недостаткам пайки погружением относятся коробление плат вследствие температурных деформаций, необходимость поддержания постоянной высоты уровня припоя в ванне и быстрое окисливание расплавленного припоя.

Пайка волной припоя (рис. 35) не имеет этих недостатков. В ванне находится припой, расплавленный нагревателем 4. Печатная плата 2 проходит по гребню волны 1, которая создается подачей припоя через сопло крыльчаткой 3. Контакт платы с постоянным притоком припоя обеспечивает быструю передачу тепла, что сокращает время пайки.

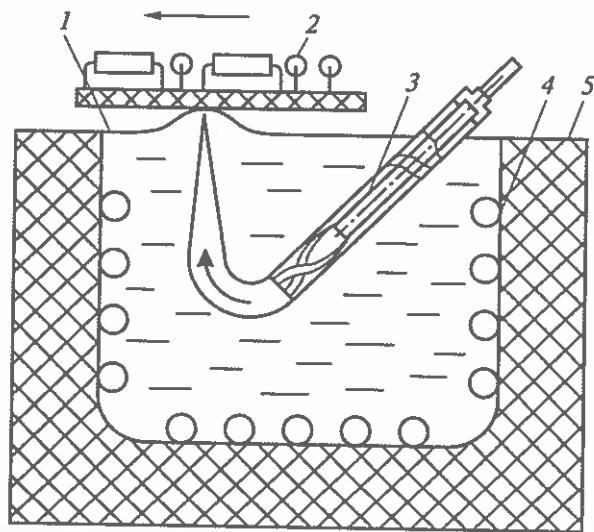


Рис. 35. Схема установки для пайки волной припоя:

1 — волна припоя; 2 — печатная плата с установленными элементами; 3 — крыльчатка; 4 — нагреватель; 5 — ванна

Для удаления маски плату погружают на 0,8–0,9 ее толщины в ванну с горячей (90 °С) водой и выдерживают до тех пор, пока она не отклеится (2...3 мин). Затем плату обдувают горячим воздухом до полного высыхания.

Удаление флюса осуществляют погружением в ванну со смесью бензина (50 %) и спирта (50 %) на 2...4 мин.

Используемые материалы и инструменты

Для выполнения лабораторной работы используют:

- 1) печатную плату;
- 2) набор резисторов;
- 3) паяльную станцию;
- 4) кусачки;
- 5) круглогубцы;
- 6) припой марки ПОС 61;
- 7) канифоль сосновую, кусковую;
- 8) шлифовальную шкурку;
- 9) пинцет;
- 10) монтажный провод в изоляции;
- 11) мультиметр.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить раздел «Краткие теоретические сведения» данной лабораторной работы.
2. Включить паяльную станцию.
3. Очистить монтажные отверстия и контактные площадки печатных плат от наплывов припоя нагретым жалом паяльной станции.
4. Очистить выводы навесных элементов от загрязнений и оксидной пленки с помощью шлифовальной шкурки.
5. Залудить выводы навесных элементов.
6. Провести формовку выводов навесных элементов с помощью круглогубцев в соответствии с заданным преподавателем вариантом формовки (см. рис. 16) и с учетом расположения монтажных отверстий на печатной плате.
7. Выполнить монтаж и пайку навесных элементов в соответствии с монтажной схемой, приведенной на рис. 36.

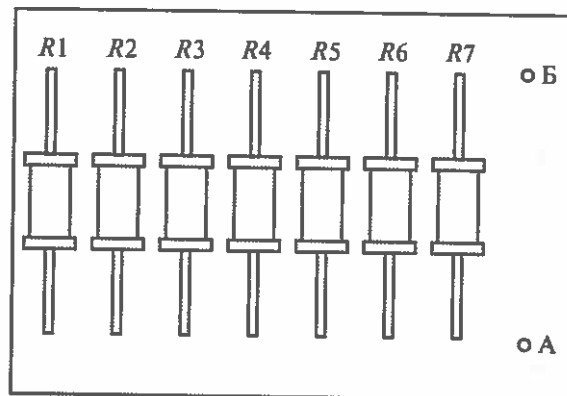


Рис. 36. Монтажная схема

8. Отрезать два монтажных провода длиной 5–6 см.
9. Очистить концы монтажных проводов шлифовальной шкуркой.
10. Облудить концы монтажных проводов.
11. Облуженные концы монтажных проводов пропустить в отверстие печатной платы и провести пайку со стороны контактной площадки.
12. По расположению навесных элементов и печатных проводников на плате составить принципиальную электрическую схему соединений.
13. Рассчитать номинальное сопротивление электрической схемы, а также возможный разброс значений сопротивления схемы.
14. В соответствии со схемой измерения сопротивления, приведенной на рис. 37, измерить с помощью мультиметра фактическое значение сопротивления схемы и сравнить его с расчетным.
15. Предъявить преподавателю печатную плату, расчетные данные и результаты измерения, полученные с помощью мультиметра.
16. Распаять монтажную схему, сдать инструменты и материалы учебному мастеру.
17. Выключить паяльную станцию и мультиметр (обязательно!).
18. Оформить отчет о лабораторной работе.
19. Защитить лабораторную работу, ответив на контрольные вопросы.

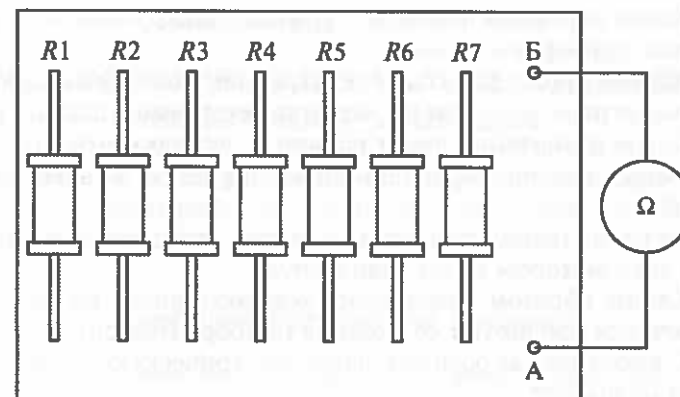


Рис. 37. Схема измерения сопротивления

Требования к отчету о лабораторной работе

Отчет оформляет каждый студент самостоятельно, качество составления и полноту информации, изложенной в отчете, оценивает преподаватель на защите лабораторной работы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель лабораторной работы;
- 2) используемые материалы и инструменты;
- 3) краткий конспект раздела «Краткие теоретические сведения» данной лабораторной работы;
- 4) принципиальную электрическую и монтажную схемы соединения навесных элементов;
- 5) последовательность и результаты расчета общего сопротивления схемы, результаты измерений общего сопротивления схемы, полученные с помощью мультиметра, а также расчет абсолютной и относительной ошибки схемы;
- 6) дополнительные эскизы по указанию преподавателя;
- 7) выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое печатный монтаж электрорадиоаппаратуры? Какие еще виды монтажа электрических цепей вы знаете?
2. Какие требования предъявляют к качеству паяных соединений ЭРЭ при монтаже устройства на печатной плате?

3. Какие варианты формовки выводов электродов полупроводниковых приборов вы знаете?

4. Какие меры защиты предохраняют полупроводниковые приборы от перегрева при проведении электромонтажных работ?

5. Какое назначение имеет радиатор, используемый при установке мощного полупроводникового прибора в электронный прибор?

6. От каких технологических факторов зависит эффективность отдачи транзистором тепла радиатору?

7. Каким образом транзистор, установленный на радиаторе, электрически изолируют от корпуса прибора (шасси)?

8. С какой целью осуществляют электрическую изоляцию радиатора от шасси?

9. Что представляет собой ИМС? В чем особенности электрического монтажа ИМС?

10. Что представляет собой групповая пайка?

11. Какие методы групповой пайки вы знаете?

12. Какие недостатки у пайки погружением?

13. Из каких этапов состоит технологический процесс пайки печатных плат с односторонним монтажом методом погружения и волной припоя?

14. Для чего используют вибратор при пайке погружением?

15. Как устанавливают ИМС со штыревыми выводами?

16. Каковы принцип и достоинства пайки волной припоя?

17. Как устанавливают ИМС в корпусах с планарными выводами?

18. Как удаляют остатки флюса после пайки?

19. Для чего используют маску при групповой пайке?

20. Как удаляют маску после пайки в условиях мелкосерийного производства?

Критерии оценки результатов лабораторной работы

Для оценки выполнения лабораторной работы используют следующие критерии:

- 1) правильно составленный отчет;
- 2) качество выполнения формовки и монтажа элементов на печатной плате;
- 3) правильные ответы на контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 4

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖГУТОВОГО МОНТАЖА

Цель работы — получение практических навыков проведения электромонтажных работ, а именно: жгутового монтажа соединительных проводов.

Краткие теоретические сведения

При электрическом монтаже РЭА, кроме пайки, применяют соединения сваркой, накруткой и проводящими клеящими составами.

Сварка — получение неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединенными частями при их нагреве и плавлении и совместной кристаллизации и (или) пластическим деформированием.

Электрическое соединение сваркой имеет ряд преимуществ перед пайкой соединений: отсутствуют затраты на припой и флюсы; нет операции предварительной очистки поверхностей; минимальны вредные воздействия на человека; ниже трудоемкость; выше надежность соединения. Замена пайки сваркой приводит к необходимости изменения конструкции монтажных деталей, главным образом лепестков. При сварке применяют лепестки в виде полутрубочки (рис. 38, а) с отверстиями сбоку. Проводник

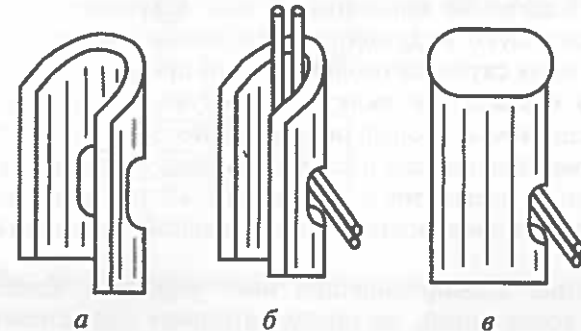


Рис. 38. Получение контактного соединения при электромонтаже сваркой:

а — лепесток в виде полутрубочки; б — проводник в листке; в — конструкция монтажной детали

вставляют через боковое отверстие лепестка так, чтобы конец выступал на 5...6 мм, затем полутрубочку обжимают в трубочку и сваривают (рис. 38, б, в).

Недостаток соединения сваркой в том, что его нельзя ремонтировать.

Контактное соединение накруткой (рис. 39) обеспечивает высокую надежность электромонтажных соединений. Несколько витков одножильного луженого медного провода навивают с определенным усилием на опорное приспособление, предварительно закрепив на нем выводы элементов.

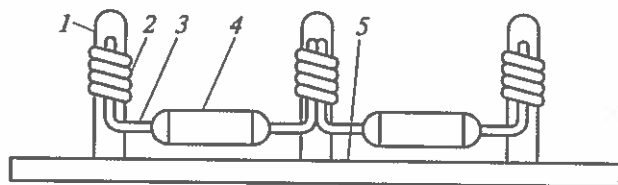


Рис. 39. Получение контактного соединения при электромонтаже накруткой:

- 1 — опорное приспособление; 2 — бандажная проволока;
3 — вывод навесного элемента; 4 — навесной элемент;
5 — монтажная плата

Недостатки контактного соединения накруткой: увеличение объема и массы монтажного соединения.

Для формирования контактных соединений возможно применение токопроводящих паст на основе эпоксидных смол или нитроклея. В качестве наполнителя для получения электропроводности используют мелкий порошок серебра, золота или других металлов. В этом случае технологический процесс формирования контактного соединения включает следующие операции: подготовка соединяемых поверхностей; нанесение на контактную площадку токопроводящей пасты; установка на контактную площадку навесных элементов с определенным усилием; нанесение на соединяемые поверхности дополнительной дозы пасты; сушка соединения.

Применение токопроводящих паст упрощает конструкцию контактных соединений, не предусматривает существенного нагрева деталей, но не обеспечивает значительной механической прочности. Соединение склеиванием при электромонтаже используют в тех случаях, когда другие способы невозможны или недопустимы.

При жгутовом монтаже два и более параллельно идущих по одной трассе изолированных провода длиной более 50 мм должны быть связаны в жгут. Жгутом называют конструкцию, состоящую из двух или более изолированных проводов, скрепленных нитками, лентами или каким-либо другим способом, и предназначенную для электрической связи между элементами аппарата, прибора или устройства.

Технологический процесс жгутового монтажа состоит из следующих этапов: нарезка монтажных проводов; разделка проводов; вязка жгута; маркировка концов проводов; укладка; распайка проводов.

Разделка состоит из мерной резки, удаления изоляции и разделки концов проводов, маркировки, облуживания концов и свивания проводов.

Резку проводов вручную выполняют простыми инструментами (ножницы, кусачки), определяя длину провода по образцу или с помощью линейки. Очистку одножильных проводов для монтажа осуществляют на 7...10 мм, для многожильных — на 10...15 мм. В зависимости от вида изоляции применяют различные способы очистки: надрез, электрообжиг или терморазмягчение с последующим механическим стягиванием изоляции. Варианты конструкций наконечников электрообжигалок представлены на рис. 40.

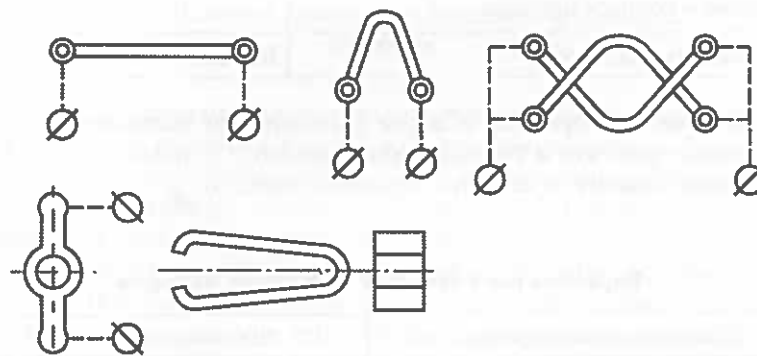


Рис. 40. Конструкции наконечников электрообжигалок

После снятия изоляции оголенные концы проводов очищают, а многожильный провод, кроме того, скручивают. Подготовленные таким образом концы проводов подвергают горячему облуживанию.

Маркировка проводов необходима для облегчения монтажа, нахождения неисправностей и контроля. Применяют провода с цветной изоляцией, их маркируют с помощью бирок, липких лент или путем нанесения маркировочных обозначений на изоляцию провода. Рекомендуемые в технологической документации цвета проводов для различных цепей электронной аппаратуры приведены в табл. 4.

Таблица 4

Цветной код электрических цепей

Целевое назначение электрических цепей	Цвет провода	
	Основной	Заменитель
Для цепей, находящихся под положительным потенциалом	Красный	Розовый
Для цепей, находящихся под отрицательным потенциалом	Синий	Желтый
Для цепей питания переменным током, цепей нагрева электровакуумных приборов, для искроопасных цепей	Зеленый	Голубой
Для цепей с нулевым потенциалом относительно корпуса прибора	Черный	Фиолетовый
Для остальных цепей	Белый	Бесцветный

Монтажные провода в жгуте свивают для исключения электрических наводок и уменьшения взаимного влияния цепей. Шаг свивания зависит от сечения провода (табл. 5).

Таблица 5

Варианты шага свивания монтажных проводов

Площадь сечения провода, мм ²	Шаг свивания, мм
0,05...0,12	10...15
0,12...0,2	15...20
0,35	20...25
0,5	25...30
0,75	30...40
1,0...2,0	40...45

Конструктивно-технологическая обработка жгута дает возможность изготовить его вне прибора путем раскладки монтажных проводов на шаблоне.

В зависимости от конфигурации жгутов применяют плоские или объемные шаблоны. Плоский шаблон (рис. 41) представляет собой основание, на котором в соответствии с трассировкой и конфигурацией жгута расположены металлические шпильки, между которыми укладывают монтажные провода.

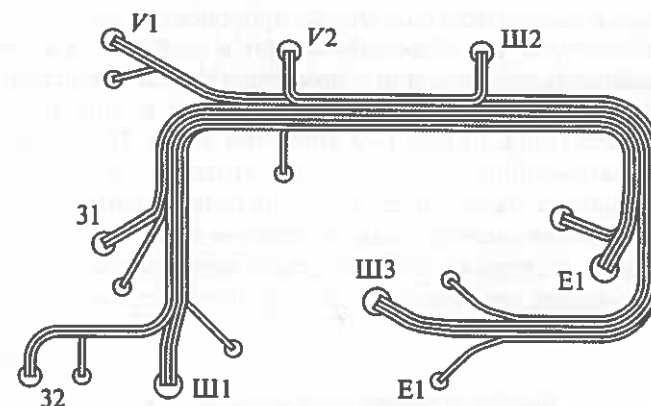


Рис. 41. Плоский шаблон для раскладки монтажных проводов

Чтобы предохранить монтажные провода от повреждений, на металлические шпильки надеты изоляционные трубки. Для фиксации концов монтажных проводов в конструкции шаблона предусмотрены отверстия, расположенные рядом с металлическими шпильками, или специальные зажимы.

Существуют универсальные плоские шаблоны, которые имеют отверстия, расположенные с определенным шагом и предназначенные для установки шпилек. Схема размещения металлических шпилек на шаблоне может быть изменена в зависимости от трассировки и конфигурации жгута.

При раскладке монтажных проводов на шаблонах необходимо соблюдать некоторые общие правила. Если при монтаже применяют провода разных сечений, рекомендуется изготавливать несколько жгутов так, чтобы в одном жгуте находились провода, сечения которых близки к наружным диаметрам изоляции.

Раскладку жгута на шаблоне выполняют по взаимно перпендикулярным направлениям.

Если провода различных сечений укладывают в один жгут, то провода с площадью сечения $0,14 \text{ мм}^2$ и менее должны быть уложены внутри жгута. Провода в жгуте, основной ствол и ответвления которого расположены в одной плоскости, должны быть уложены так, чтобы провода ответвлений выходили из-под жгута, а провода основного ствола жгута лежали ровным слоем сверху.

Провода в жгуте следует плотно связать. Варианты вязки жгута выбирают в зависимости от марки проводов и условий эксплуатации аппаратуры. Вязку осуществляют в одну, две и более ниток с натяжением вручную или с помощью приспособлений. Шаг вязки выбирают с учетом сечения проводов и в зависимости от диаметра жгута (табл. 6) или $1-2$ диаметра жгута. Шаг вязки должен быть равномерным. На криволинейных участках шаг вязки следует уменьшить на $30...50\%$. В местах разветвления жгута, до и после разветвления должны быть наложены бандажи из двух-трех рядом лежащих петель. В начале и конце вязки жгута необходимо наложить бандажи, имеющие от двух до пяти петель вязки.

Таблица 6

Варианты выбора шага вязки жгутов

Сечение проводов менее $0,35 \text{ мм}^2$		Сечение проводов более $0,35 \text{ мм}^2$	
Диаметр жгута, мм	Шаг вязки, мм	Диаметр жгута, мм	Шаг вязки, мм
5	5...10	10	15...20
5...8	10...12	10...30	20...30
8...10	12...18	30	30...40
10	25...30		

Схемы вязки жгута представлены на рис. 42.

Жгуты в аппаратуре укладывают согласно монтажной схеме и чертежу прибора. Жгут на шасси прибора крепят металлическими скобами (рис. 43) с установкой под ними изоляционных трубок или прокладок. Расстояние между скобами зависит от диаметра жгута. При прокладывании жгутов из неэкранированных проводов через отверстия в металлических корпусах (шасси) предусматривают изоляционные проходные втулки (рис. 44).

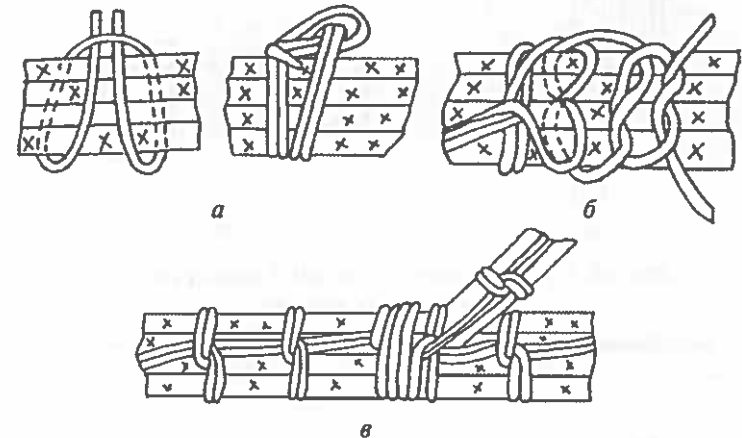


Рис. 42. Схемы вязки жгута:

a — начало вязки; *b* — конец вязки; *v* — разветвление жгута

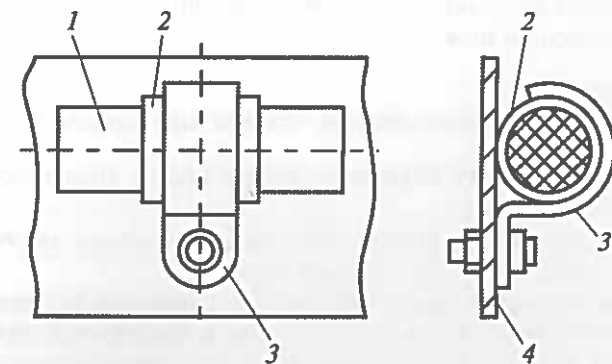


Рис. 43. Крепление монтажного жгута металлической скобой на шасси прибора:

1 — жгут; 2 — прокладка; 3 — скоба; 4 — панель

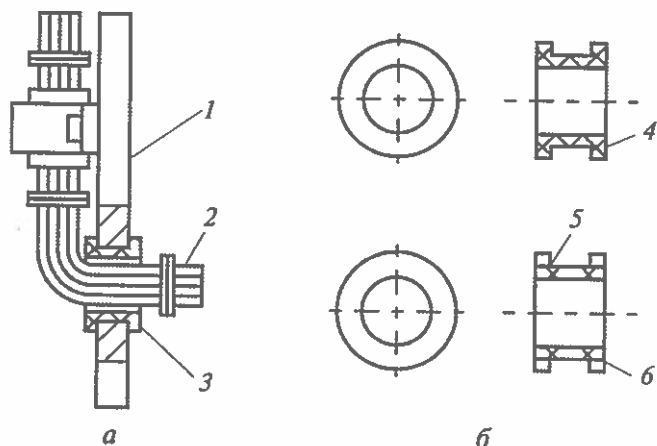


Рис. 44. Пример применения (а) и конструкции (б) проходных втулок:

1 — корпус (шасси); 2 — жгут; 3 — втулка; 4 — резина;
5 — место клейки; 6 — пластмасса

Используемые материалы и инструменты

Для выполнения лабораторной работы используют:

- 1) монтажные провода;
- 2) хлопчатобумажные нитки;
- 3) шаблон для раскладки и вязки жгута;
- 4) монтажный нож.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить раздел «Краткие теоретические сведения» данной лабораторной работы.
2. Выровнять и нарезать монтажные провода необходимых цвета и длины, используя данные табл. 7.
3. Провести раскладку монтажных проводов на универсальном шаблоне (рис. 45) в соответствии с маршрутом прокладки, указанным в табл. 7. Наиболее длинные провода расположить в жгуте сверху.
4. Ориентировочно с помощью линейки определить диаметр жгута и, используя данные, приведенные в табл. 6, определить шаг вязки.

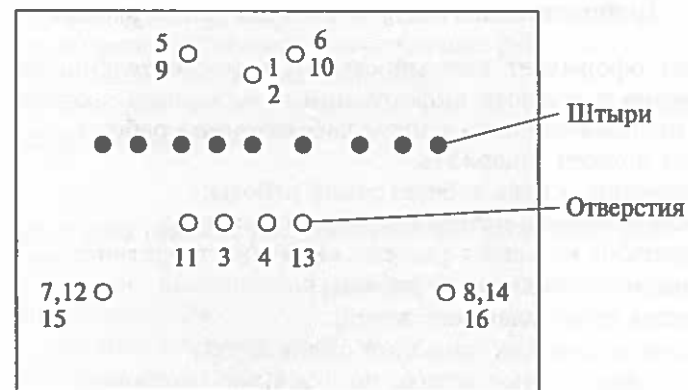


Рис. 45. Эскиз универсального шаблона

Таблица 7

Маршруты прокладки и типовые длины монтажных проводов

Откуда	Куда	Длина провода, мм
1	3	110
1	5	125
1	6	160
2	4	115
2	15	130
2	16	239
11	12	180
13	14	190
7	9	210
8	10	200

5. Провести вязку жгута в соответствии со схемами, представленными на рис. 42.
6. Связанный жгут снять с шаблона.
7. Разобрать жгут.
8. Оформить отчет о проделанной работе.
9. Защитить лабораторную работу, ответив на контрольные вопросы.

Требования к отчету о лабораторной работе

Отчет оформляет каждый студент самостоятельно; качество составления и полноту информации, изложенной в отчете, оценивает преподаватель на защите лабораторной работы.

Отчет должен содержать:

- 1) название и цель лабораторной работы;
- 2) используемые материалы и инструменты;
- 3) краткий конспект раздела «Краткие теоретические сведения» данной лабораторной работы;
- 4) эскиз изготовленного жгута;
- 5) эскизы типовых операций вязки жгута;
- 6) дополнительные эскизы по указанию преподавателя;
- 7) выводы.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой жгутовой монтаж электронной аппаратуры?
2. Какие операции включает в себя технологический процесс изготовления жгутового монтажа? Какова их последовательность?
3. Каким образом осуществляют маркировку монтажных проводов в жгуте?
4. В чем преимущество вязки жгута на шаблоне?
5. Каким образом жгут крепят на шасси прибора?
6. Для чего применяют изоляционные проходные втулки в местах прокладки жгута через отверстия в стенках шасси и экранов?
7. От каких факторов зависит шаг вязки жгута?
8. Какие способы очистки монтажных проводов от изоляции вы знаете?
9. Как готовят к монтажу многожильный провод?
10. Для чего проводят маркировку монтажных проводов в жгуте?
11. Для чего монтажные провода в жгуте свивают?
12. Каким образом определяют шаг свивания?
13. Какой должен быть цвет провода, находящегося под отрицательным потенциалом?
14. Что представляет собой универсальный шаблон?
15. Какие монтажные провода должны быть в центре жгута: толстые или тонкие?
16. Как выбирают шаг вязки на криволинейных участках?

17. Какие существуют методы получения контактных соединений при проведении электромонтажных работ, кроме пайки?

18. Что такое соединение накруткой?

19. В чем достоинства и недостатки получения контактного соединения сваркой?

Критерии оценки результатов лабораторной работы

Для оценки выполнения лабораторной работы используют следующие критерии:

- 1) правильно составленный отчет;
- 2) качество вязки жгута;
- 3) правильные ответы на контрольные вопросы.

Литература

Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учебник для вузов / К.И. Библибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева [и др.]. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 563 с. URL: <http://ebooks.bmstu.ru/catalog/188/book1149.html>

Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат : учебник для вузов. М.: Форум, Инфра-М, 2005. 559 с.

Руденко Н.Р. Электромонтаж в приборостроении: учеб. пособие по выполнению работ в учебных электромонтажных мастерских / под ред. П.В. Сыроватченко. М.: МВТУ, 1988. 54 с.

Содержание

Предисловие	3
Введение	4
Правила безопасности при работе паяльником и паяльной станцией в лаборатории	6
Лабораторная работа № 1. Основы пайки	7
Лабораторная работа № 2. Монтаж электрорадиоэлементов на монтажной плате	19
Лабораторная работа № 3. Монтаж электрорадиоэлементов на печатных платах	29
Лабораторная работа № 4. Технологический процесс изготовления жгутового монтажа	47
Литература	58

Учебное издание

Ветрова Наталия Александровна
Назаров Владимир Васильевич
Пчелинцев Кирилл Петрович
Селезнева Маргарита Сергеевна
Толокнов Юрий Олегович

Основы электромонтажа

Редактор *О.М. Королева*
Художник *Я.М. Асинкритова*
Корректор *Ю.Н. Морозова*
Компьютерная графика *Т.К. Сегеды*
Компьютерная верстка *Т.В. Батраковой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 30.07.2019. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 3,75. Тираж 300 экз. Изд. № 630-2018. Заказ 563

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
press@bmstu.ru
www.baumanpress.ru

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
baumanprint@gmail.com