

БФУ

**БАЛТИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИММАНУИЛА КАНТА**

М. Ю. Буланов, Е. Н. Рак

**ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ**

**Калининград
2026**

БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. ИММАНУИЛА КАНТА

М. Ю. Буланов, Е. Н. Рак

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Учебно-методическое пособие

Издательство
Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
2026

УДК 621.395.741.06+623.613 (076)

ББК 32.882.2-08я73

Б907

Рецензенты

В. В. Бодренков, канд. техн. наук, доц.,
Балтийское высшее военно-морское училище
им. адмирала Ф. Ф. Ушакова;

П. П. Петров, канд. техн. наук, доц.,
Балтийское высшее военно-морское училище
им. адмирала Ф. Ф. Ушакова

Буланов, М. Ю.

Б907 Технология монтажа кабельных линий связи : учебно-методическое пособие / М. Ю. Буланов, Е. Н. Рак. — Калининград : Издательство БФУ им. И. Канта, 2026. — 83 с.
ISBN 978-5-9971-1049-9

Изложены сведения по монтажу легких кабелей связи, операциям сборки и демонтажа радиоэлементов блоков и приборов различных видов радиоэлектронной техники. После каждой темы даны контрольные вопросы для самопроверки. В конце пособия приведены задания для практической подготовки студентов, способных использовать технологии, техническое оснащение и оборудование для монтажа и демонтажа устройств и линий связи.

Предназначено для студентов, осваивающих учебный модуль «Военно-техническая (военно-специальная) подготовка».

УДК 621.395.741.06+623.613 (076)

ББК 32.882.2-08я73

© Буланов М. Ю., Рак Е. Н., 2026

ISBN 978-5-9971-1049-9

© Оформление, БФУ им. И. Канта, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Конструкторско-технологическая документация	5
Единая система конструкторской документации.	5
Единая система технологической документации.	6
Оборудование и инструмент для монтажа	14
Инструменты и принадлежности.....	15
Меры безопасности при выполнении электромонтажных соединений	21
Методы выполнения электромонтажных соединений	23
Требования, предъявляемые к электрическому монтажу	41
Монтаж низкочастотных разъемов.....	52
Разъемы RJ.	52
Разъемы XLR.	55
Разъемы USB.....	57
Внутриблочные разъемы.	58
Штепсельные разъемы типа ШР.	59
Монтаж высокочастотных разъемов	62
Задания для практической работы.....	65
Заключение	81
Список рекомендуемой литературы.....	82

ВВЕДЕНИЕ

Технология монтажа устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники относится к учебному модулю «Военно-техническая (военно-специальная) подготовка».

Операции сборки и монтажа кабельных линий являются наиболее важными в технологическом процессе изготовления электрических соединений, поскольку они оказывают определяющее влияние на технические характеристики изделий и отличаются высокой трудоемкостью (до 50—60% от общей трудоемкости изготовления). При этом доля подготовки изделий электронной техники (радиокомпонентов) к монтажу составляет около 10%, установки их на печатную плату — более 20%, пайки — 30%.

Цель пособия — предоставить студентам, обучающимся по модулю «Военно-техническая (военно-специальная) подготовка», теоретические и практические сведения по использованию технологий, технического оснащения и оборудования для монтажа и демонтажа устройств, блоков и приборов различных видов радиоэлектронной техники. Студенты научатся самостоятельно создавать действительно нужные полноценные устройства, которые можно реально использовать в быту или с учетом специфики принципов построения конкретной техники двойного назначения.

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

В современном мире для разработки и изготовления радиоэлектронных аппаратов, используемых в самых разных областях, необходимо наличие технической документации. Для длительной и бесперебойной работы радиоэлектронная техника нуждается в своевременном обслуживании и ремонте, а качественные ремонт и обслуживание можно проводить, только хорошо зная необходимую для этого документацию. Поэтому предварительное важно изучить все имеющиеся технические документы.

Все процессы разработки и производства радиоэлектронных средств осуществляются согласно положениям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД) и Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП).

Радиотехник должен помнить: ГОСТ — это закон, знание его — обязанность, выполнение — стиль жизни.

Единая система конструкторской документации.

ЕСКД — это комплекс стандартов, устанавливающих взаимосвязанные нормы и правила по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, изготовлении, эксплуатации, ремонте и др.).

Основное назначение стандартов ЕСКД состоит в установлении единых оптимальных правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации, которые обеспечивают:

- 1) применение современных методов и средств при проектировании изделий;
- 2) возможность взаимобмена конструкторской документацией без ее переоформления;
- 3) оптимальную комплектность конструкторской документации;

- 4) механизацию и автоматизацию обработки конструкторских документов и содержащейся в них информации;
- 5) наличие в конструкторской документации требований, обеспечивающих безопасность использования изделий для жизни и здоровья потребителей, окружающей среды, а также предотвращение причинения вреда имуществу;
- 6) возможность расширения унификации и стандартизации при проектировании изделий;
- 7) возможность проведения сертификации изделий;
- 8) сокращение сроков и снижение трудоемкости подготовки производства;
- 9) правильную эксплуатацию изделий;
- 10) оперативную подготовку документации для быстрой перенастройки данного производства;
- 11) упрощение форм конструкторских документов и графических изображений;
- 12) возможность создания единой информационной базы автоматизированных систем проектирования (САПР).

Единая система технологической документации.

ЕСТД — это комплекс государственных стандартов и рекомендаций, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий.

ЕСТД предназначена:

- для установления единых унифицированных машинно-ориентированных форм документов, обеспечивающих совместимость информации, независимо от применяемых методов проектирования документов (на ЭВМ и без нее);
- создания единой информационной базы для внедрения средств механизации и автоматизации, применяемых при проектировании технологических документов и решении инженерно-технических задач;
- установления единых требований и правил по оформлению документов на все типы технологических процессов и операций;

— создания предпосылок по снижению трудоемкости инженерно-технических работ, выполняемых в сфере технологической подготовки производства и в управлении производством.

Технологическая документация состоит из маршрутных карт, операционных карт, карт эскизов, технологических эскизов, комплектовочных карт, ведомостей расцеховки, ведомостей оснастки, ведомостей материалов, ведомостей деталей (сборочных единиц) к типовому технологическому процессу, карт типового технологического процесса, операционных типовых карт, ведомостей операций, ведомостей технологических документов.

Так как работа любого радиоэлектронного устройства может быть уяснена лишь на основе рассмотрения его схемы, то радиомонтажник должен овладеть техникой черчения и умением читать схемы, а также чертежи, дающие представление о механическом устройстве узлов и деталей.

Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяются на пять видов: электрические (Э); гидравлические (Г); пневматические (П); кинематические (К); оптические (О) — и семь типов схем, с которыми приходится сталкиваться радиотехнику в его практике: структурная схема (1); функциональная схема (2); принципиальная (полная) схема (3); схема соединений (монтажная схема) (4); схема подключения (5); общая схема (6); схема расположения (7).

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязь. Структурные схемы используются при предварительной разработке изделия или для общего ознакомления с ним.

Структурная схема отображает принцип работы изделия в самом общем виде. На схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства, функциональные группы), а также основные взаимосвязи между ними. Действительное расположение составных частей изделия не учитывают и способ связи (проводная, индуктивная, количество проводов и т. п.) не раскрывают (рис. 1).

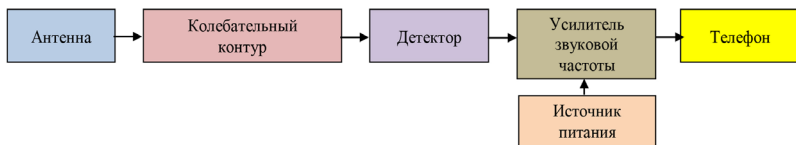


Рис. 1. Структурная схема радиоэлектронного устройства (вариант 1)

Построение схемы должно давать наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. Направление хода процессов, происходящих в изделии, обозначают стрелками на линиях взаимосвязи.

При большом количестве функциональных частей вместо наименований, типов и обозначений допускается проставлять порядковые номера, которые наносят справа от изображения или над ним, как правило, сверху вниз в направлении слева направо (рис. 2).

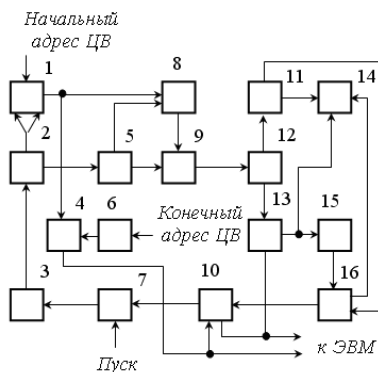


Рис. 2. Структурная схема радиоэлектронного устройства (вариант 2)

В этом случае наименования, типы и обозначения указывают на поле схемы в таблице произвольной формы.

Функциональной схемой называется такое графическое изображение, которое служит для иллюстрации процессов, происходящих в отдельных функциональных цепях (блоках) конструкции.

На схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и связи между ними. Графическое построение схемы должно наглядно отражать последовательность функциональных процессов, иллюстрируемых схемой. Действительное расположение в изделии элементов и устройств может не учитываться.

Функциональные части и связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД (рис. 3).

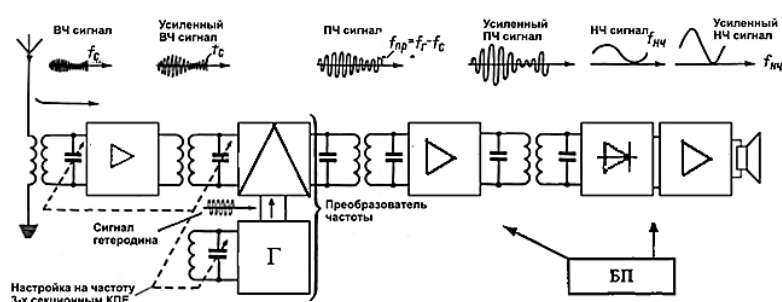


Рис. 3. Функциональная схема радиоэлектронного устройства (вариант 1)

Отдельные функциональные части на схеме допускается изображать в виде прямоугольников. В этом случае части схемы с поэлементной детализацией изображают по правилам выполнения принципиальных схем, а при укрупненном изображении функциональных частей — по правилам структурных схем (рис. 4).

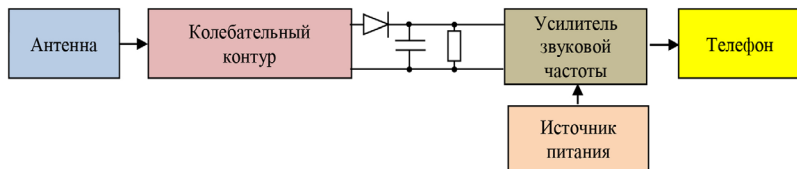


Рис. 4. Функциональная схема радиоэлектронного устройства (вариант 2)

На функциональной схеме радиоэлектронного устройства по сравнению с его структурной схемой раскрыто содержание детекторного каскада, представленного принципиальной схемой; остальные элементы схемы изображены в виде прямоугольников, как на структурной схеме.

Принципиальной схемой называется схема, дающая полное представление о радиоэлектронном устройстве. На принципиальной схеме радиотехнического устройства или отдельного его блока изображают все электрические детали (резисторы, конденсаторы, лампы, полупроводниковые приборы и т. д.), входящие в состав конструкции, а также указывают их номиналы (рис. 5). Принципиальная схема позволяет детально разобраться в принципе работы устройства.

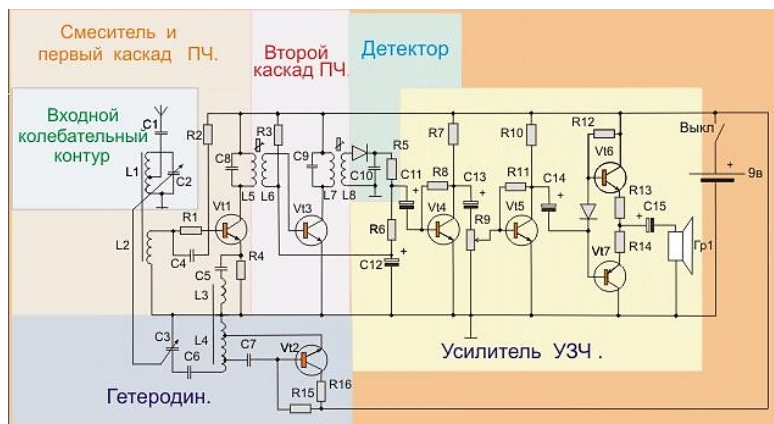


Рис. 5. Принципиальная схема радиоэлектронного устройства

В состав схемы, кроме изображения, входят надписи, характеризующие входные и выходные цепи, позиционные обозначения элементов и перечень элементов.

Всем электрорадиоэлементам (ЭРЭ), устройствам и изделиям функциональной микроэлектроники, изображенным на схеме, присваивают позиционные обозначения, содержащие информацию об этих элементах, их порядковый номер в пределах этого вида.

Данные части записывают без разделения пробелами и разделительными знаками одинаковым по размеру шрифтом.

В первой части позиционного обозначения указывается вид элемента согласно ГОСТ 2.710-81 буквенным кодом из одной или нескольких букв. Во второй части записывают порядковый номер элемента в пределах данного вида, например R1, R2, R3, ... или C1, C2, C3, ...

Порядковые номера присваивают в пределах группы с одинаковыми позиционными обозначениями начиная с единицы в соответствии с расположением элементов на схеме, считая сверху вниз в направлении слева направо. Проставляют позиционные обозначения рядом с условными графическими обозначениями (УГО) с правой стороны или над ними (рис. 6).

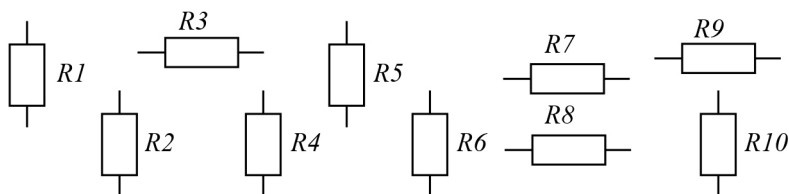


Рис. 6. Порядок присвоения порядковых номеров радиоэлементам

Кроме буквенно-цифрового обозначения возле символов элементов часто ставят значение их основного параметра (емкость конденсатора, сопротивление резистора, индуктивность дросселя или катушки индуктивности и т. д.) и некоторые другие сведения.

Монтажная схема — это схема, которая показывает либо внешние соединения между отдельными устройствами, входящими в состав изделия, либо соединения деталей в условно графическом виде, а иногда в виде прямоугольников или внешних очертаний. Кроме того, на монтажной схеме воспроизводятся в точном соответствии с действительностью все провода и соединения. В отличие от других видов схем, на монтажной схеме часто изображают также элементы крепежных соединений, с помощью которых достигается механическая жесткость монтажа (рис. 7).

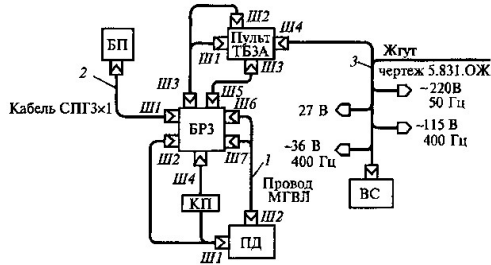


Рис. 9. Общая схема радиоэлектронного устройства

Эту схему используют при сборке и наладке комплексов, их контроле и эксплуатации.

На схеме приводятся изображения устройств и элементов, входящих в комплекс, а также проводов, жгутов и кабелей, соединяющих эти устройства и элементы. Провода, жгуты и кабели показываются на схеме в виде отдельных линий и обозначаются порядковыми номерами в пределах изделия.

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости также проводов, жгутов и т. д. (рис. 10).

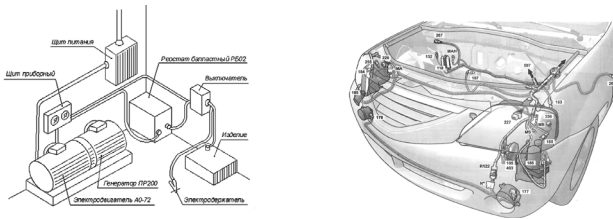


Рис. 10. Схемы расположения радиоэлектронного устройства

Контрольные вопросы

1. Чем отличается структурная схема от принципиальной?
2. Какие элементы изображают на функциональной схеме?
3. Что понимается под единой системой конструкторской документации?

ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОНТАЖА

Рабочее место — это часть производственной площади, предназначенная для выполнения электромонтажных и радиотехнических работ. Оно оснащается необходимым оборудованием, инструментами, приспособлениями, технической документацией и другими материально-техническими средствами и должно обеспечивать максимальные удобства для работы, так как от этого зависят качество и сроки выполнения работ.

Чтобы произвести техническое обслуживание, выпайку, установку любого нового радиоэлектронного устройства, кроме знаний радиотехники и электроники нужны определенные умения работы, приборы и инструменты.

Важнейшей частью рабочего места радиомонтажника является рабочий стол. Конструкция стола может быть самой разной (рис. 11).



Рис. 11. Варианты конструкции рабочего стола монтажника радиоаппаратуры

Рабочий стол должен иметь хорошее освещение, ровную поверхность для производства работ, место для инструмента и приспособлений, возможность размещения измерительной аппаратуры и приборов.

Все подводимые питающие напряжения рекомендуется вывести на щиток питания, откуда они распределяются по потребителям. Розетки для электропитания измерительных приборов

размещают непосредственно под полками. Если общего освещения недостаточно, над столом устанавливают дополнительный светильник.

Стол, как и рабочий инструмент, требует соблюдения определенных правил обращения. На рабочем столе, например, никогда не следует производить тяжелые работы — рубить металлизированные оболочки кабеля и т. п. Для этих работ имеются соответствующие рабочие места.

Для предохранения поверхности стола от механических повреждений, капель припоя и канифоли желательнее покрыть его резиновым или иным ковриком или иметь металлизированную поверхность.

Для хранения мелких радиодеталей, припоев, флюсов, изоляционных материалов, коннекторов, с которыми приходится работать на занятиях, необходимо использовать ящик с ячейками.

Инструменты и принадлежности.

В комплект основных инструментов рабочего места для выполнения радиомонтажных работ входят паяльник или паяльная станция, плоскогубцы, круглогубцы (утконосы), кусачки (бокорезы), монтажный нож (скальпель), пинцет и шило. Для ряда работ в мастерской имеется групповой инструмент: бытовые тиски, набор отверток различного размера, набор гаечных ключей различных номеров (в том числе торцовые), набор напильников и надфилей, ножницы, зубило, молоток и другой слесарный инструмент.

Паяльник является самым главным рабочим инструментом радиомонтажника. В настоящее время имеется большое разнообразие электрических паяльников с медным жалом (рис. 12).



Рис. 12. Виды электрических паяльников

Мощность электрического паяльника для монтажа электронных и радиотехнических устройств обычно составляет **30—40 Вт**. Более мощные паяльники (60 Вт и более) используются для пайки элементов к массивной металлической поверхности. Несмотря на большое разнообразие, все электрические паяльники устроены одинаково (рис. 13).

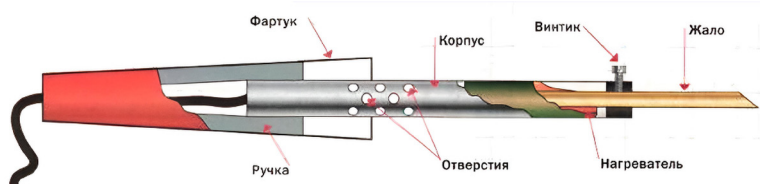


Рис. 13. Устройство электрического паяльника

Кроме электрического паяльника, рабочее место укомплектовывается паяльной станцией, имеющей съемные жала с никелевым покрытием (рис. 14, 15).



Рис. 14. Монтажно-демонтажная паяльная станция АТР-4302:

- 1 — демонтажный блок; 2 — монтажный блок; 3 — блок для пайки горячим воздухом; 4 — держатель паяльника-термофена;
- 5 — паяльник-термофен; 6 — выключатель питания станции;
- 7 — регулятор температуры вакуумного паяльника; 8 — разъем воздуховода; 9 — разъем для вакуумного паяльника; 10 — регулятор температуры монтажного паяльника; 11 — разъем для монтажного паяльника; 12 — регулятор скорости воздушного потока;
- 13 — регулятор температуры паяльника-термофена;
- 14 — разъем паяльника-термофена



Рис. 15. Комплект паяльников и принадлежностей монтажно-демонтажной паяльной станции АТР-4302

Существует большое разнообразие паяльных станций.

В комплекте инструмента радио-омонтажника обязательно имеется индивидуальный набор инструментов. В первую очередь это плоскогубцы, которые используют для изгибания проводов и вывода деталей при подготовке их к монтажу, во время монтажа и для многих других операций. Круглогубцы используют для изготовления колечек на концах проводов при креплении их под зажимы, винты и т. п. (рис. 16). Кусачки и бокорезы применяют для откусывания проводов, тонких лепестков и лишних выводов радиоэлементов.



Рис. 16. Виды кусачек, плоскогубцев, круглогубцев и бокорезов

Монтажный нож (скальпель) (рис. 17) используют при монтаже для зачистки проводов.



Рис. 17. Вариант монтажного ножа



Рис. 18. Пинцет

Также транзисторных устройств возможен перегрев при пайке, в этом случае пинцет будет выполнять функцию теплоотвода.



Рис. 19. Шило

Для проделывания отверстий в бумаге и увеличения диаметров отверстий для выводов некоторых радиоэлементов в печатных платах удобно пользоваться шилом (рис. 19).



Рис. 20. Бытовые тиски

Бытовые тиски (рис. 20) необходимы для зажима печатной платы при демонтаже, при обработке поверхностей напильником и фиксации кабеля для разделки пар, а также в других случаях, когда требуется жесткое закрепление обрабатываемой детали.

Групповой инструмент используется по необходимости.



Рис. 21. Набор отверток

Отвертки для электромонтажных работ (рис. 21) должны иметь длинную ручку из изоляционного материала (дерева, эбонита, пластмассы и т. д.), чтобы предотвратить опасность случайного поражения электрическим током. Отвертки подбираются по размеру шлица на головке винта.

Гаечные ключи (рис. 22) применяют для завинчивания шестигранных гаек и болтов на корпусах радиоаппаратуры.



Рис. 22. Набор гаечных ключей

Для выравнивания кромок обрабатываемых деталей, расширения отверстий и опилки печатных плат используют напильники с различной формой поверхности и величиной насечки (рис. 23). Они необходимы и при подготовке паяльников к работе.



Рис. 23. Набор напильников

Ножницы с усиленными ручками (рис. 24) служат для обрезания изолирующих оплеток проводов и резки тонких листовых материалов: термоусадочных трубок, лакоткани, фольги, электрокартона.



Для обрезки бронированного кабеля используется ножовка по металлу. Чистовую обработку изделий производят наждачной бумагой, спиртом или ацетоном и ветошью.

Рис. 24. Ножницы с усиленными ручками

Для проведения радиоизмерений на рабочем столе могут быть измерительные приборы, прежде всего **осциллографы** (рис. 25), предназначенные для визуального наблюдения сигнала и сохранения его с целью дальнейшей обработки.



Рис. 25. Осциллограф цифровой

Также используются приборы электроизмерительные комбинированные стрелочные (рис. 26) и цифровые (рис. 27), предназначенные для измерений постоянного и переменного тока и напряжения, сопротивления постоянному току и других измерений.

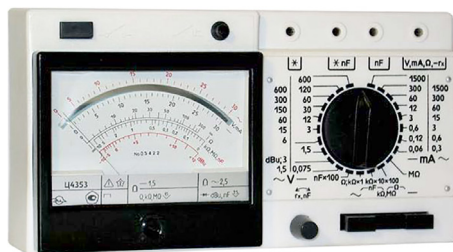


Рис. 26. Прибор электроизмерительный
комбинированный стрелочный



Рис. 27. Прибор электроизмерительный
комбинированный цифровой

Таким образом, правильно подобранный инструмент, легкость и быстрота его применения на рабочем месте влияют на качество и надежность работы электротехнических изделий и радиоэлектронной аппаратуры, а также на безопасность при использовании этих устройств.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит электрический паяльник?
2. Какой прибор применяется для визуального наблюдения сигнала?
3. Для чего применяются электроизмерительные приборы?

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Основные меры безопасности при электромонтажных работах включают обязательное обесточивание сетей, проверку отсутствия напряжения, использование изолированного инструмента (при напряжении до 1000 В) и средств индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, коврики). Работы проводятся в спецодежде, с заземлением оборудования и по наряду-допуску, исключая работу под дождем или на неисправных лесах.

Основные правила и этапы обеспечения безопасности.

Подготовка. Обесточить прибор или участок, повесить предупреждающие плакаты («Не включать! Работают люди») и проверить отсутствие тока индикатором.

Организация места. Убрать посторонние предметы, обеспечить хорошее освещение, заземлить оборудование. При работе на кабельной линии в обязательном порядке проверить наличие напряжения в жилах кабеля (на полумуфтах). При необходимости снять остаточное напряжение путем заземления жил кабеля. Организовать связь (радио-, служебную проводную) с линейным надсмотрщиком, проводящим работы на противоположном конце кабеля или кроссового оборудования.

Инструмент и одежда. Использовать ручной инструмент с диэлектрическими ручками, исправную спецодежду, исключая свисающие концы.

Защита. Использовать диэлектрические перчатки и обувь при напряжении (до 1000 В).

Работа на высоте. Применение стремянок, лесов, монтажных поясов (выше 5 м).

Пожарная безопасность. Наличие огнетушителей (порошковых / углекислотных), запрет на использование открытого огня, особенно при работе в аккумуляторных.

Завершение работ. Проверка работоспособности, уборка рабочего места, сдача инструмента.

Запрещается:

- работать под напряжением без специального допуска;
- использовать неисправный или непроверенный инструмент.

При обнаружении поврежденного кабеля следует производить его полную замену, а не частичный ремонт.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к инструментам и оборудованию?
2. Что включает в себя организация рабочего места?
3. В каких случаях применяются монтажные пояса?

МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В результате электромонтажных работ создается электрический контакт между отдельными элементами. На практике реализуются несколько методов выполнения электромонтажных соединений: на основе пайки, сварки, пластической деформации контактируемых деталей, а также с использованием токопроводящих клеев (рис. 28).

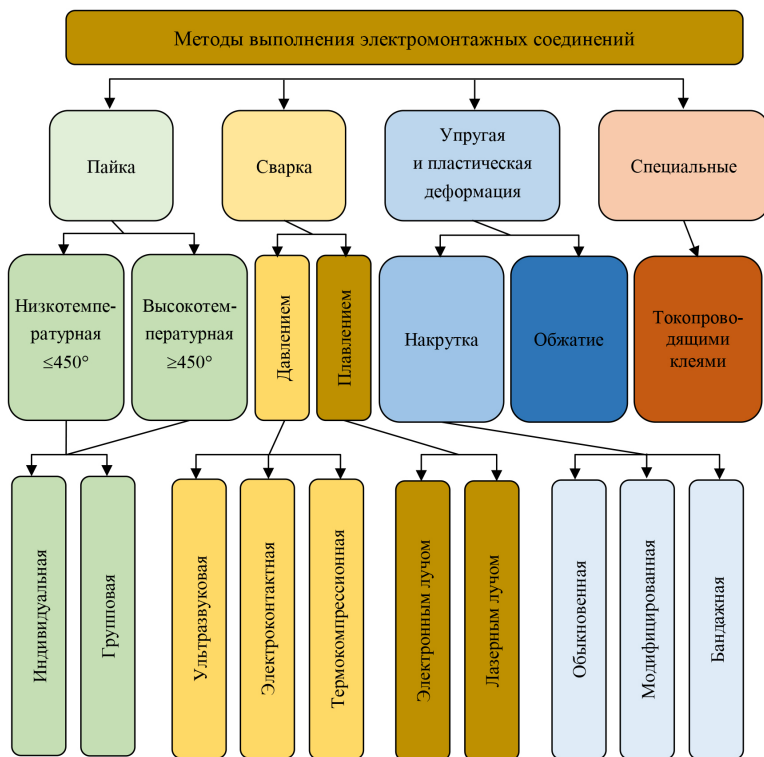


Рис. 28. Методы выполнения электромонтажных соединений

Пайка (рис. 29) — процесс соединения металлов в твердом состоянии путем введения в зазор между ними расплавленного припоя, взаимодействующего с основным металлом и образующего жидкую металлическую прослойку, кристаллизация которой приводит к образованию паяного шва. Пайка с использованием расплавленного припоя и флюса является надежным методом соединения жил кабеля и радиоэлементов.

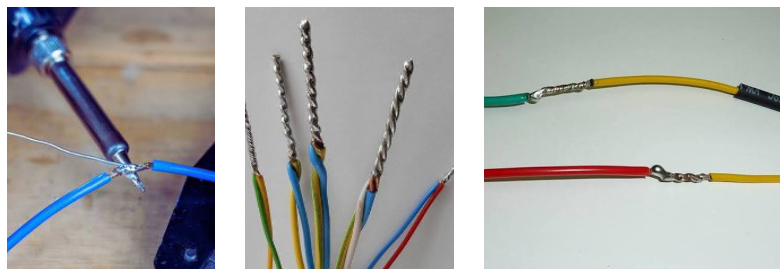


Рис. 29. Пайка электромонтажных соединений

Паяные электрические соединения широко применяют при монтаже электронной аппаратуры из-за низкого и стабильного электрического сопротивления, универсальности, простоты работ, контроля и ремонта.

Однако для этого метода характерны и существенные недостатки: относительно высокая стоимость используемых цветных металлов и флюсов, длительное воздействие высоких температур. Возможна коррозионная активность остатков флюсов, выделение вредных веществ.

В процессе хранения и транспортирования все радиоэлектронные компоненты подвергаются воздействию внешних климатических факторов, которые оставляют на поверхности элемента и его выводах оксидную (окисную) пленку.

Оксидная пленка препятствует взаимодействию поверхностей паяемого металла и расплавленного припоя. Для удаления оксидной пленки в процессе пайки применяют флюсы, самофлюсующие припои, контролируемые газовые среды, вакуум, физико-механические средства. Наиболее давним и самым распространенным из этих средств удаления оксидной пленки яв-

ляются флюсы. Удаление происходит в результате проникания флюса через микропоры и микротрещины в оксидной пленке и развития реакций под ее поверхностью.

Флюсом называется неметаллическое вещество, которое предназначено для удаления оксидных и жирных пленок с поверхности паяемого металла и припоя и предотвращения образования их при пайке на воздухе. Также используется для изменения поверхностного натяжения на границе контакта твердой и жидкой фаз.

В общем случае флюс должен соответствовать следующими требованиями:

— температура плавления флюса должна быть на **50—100°С** ниже температуры плавления припоя;

— флюс должен хорошо растекаться по поверхности паяемого металла и припоя с образованием сплошной пленки, которая защищает эти поверхности от вредного влияния окружающей среды;

— флюс должен уменьшать поверхностное натяжение расплавленного припоя, обеспечивая наиболее полное смачивание им паяемого металла;

— флюс не должен изменять своего состава при нагревании в интервале температур пайки;

— флюс должен сохранять флюсующие свойства на протяжении всего процесса пайки;

— флюс должен легко удаляться из поверхности детали после пайки и не вызвать коррозии.

Процесс флюсования при пайке включает в общем случае три действия:

1) смачивание паяемого металла и припоя флюсом;

2) удаление оксидных пленок с поверхности паяемого металла и припоя;

3) вытеснение флюса из соединительного зазора расплавленным припоем.

Разнообразие физико-химических свойств металлов и сплавов, применяемых в паяных изделиях, а следовательно, различия в составе и свойствах образующихся на их поверхности оксидных пленок обусловили необходимость применения различных флюсующих веществ.

Флюсы для пайки бывают активные (кислотные) и нейтральные (некислотные). Активный флюс обычно активно взаимодействует с широким спектром растворяемых жиров и оксидных пленок. При этом могут выделяться ядовитые продукты взаимодействия. Нейтральные флюсы более безопасны, но их «волшебные» свойства подготовки паяемых поверхностей не такие яркие.

В настоящее время для пайки радиоэлектроники применяют большое разнообразие флюсов (рис. 30). Одни из них обладают определенной степенью универсальности, то есть могут применяться для ряда металлов и сплавов, другие имеют узко специализированное назначение.



Рис. 30. Паяльные флюсы:

а — ортофосфорная и паяльная кислота; *б* — тетраборат натрия (бура); *в* — паяльный жир; *г* — флюсы для пайки различной направленности; *д* — живичная канифоль; *е* — сосновая канифоль; *ж* — спирто-канифольный флюс; *з* — канифольно-жировая паста

Флюсы на основе ортофосфорной и паяльной кислоты (рис. 30, а) просто разъедают любые жировые пленки на поверхности металла и поэтому обеспечивают прекрасную паяемость очищенных поверхностей.

Также флюсы применяются для пайки меди, серебра, стали, никеля, чугуна, бронзы и латуни. Они обладают резким запахом, очень токсичны при попадании на кожу и (особенно!) на слизистые оболочки. Этими флюсами нельзя паять печатные платы, потому что кислота, даже в небольших количествах оставшаяся на тонких медных дорожках, их разъест.

Применение данных флюсов возможно только в хорошо проветриваемых помещениях или на улице. Требуется обязательная промывка плат растворителем, бензином или спиртом.

Бура, она же тетраборат натрия, представляет собой соль борной кислоты в виде белого порошка (рис. 30, б). Буру часто смешивают с борной кислотой и водой, чтобы получить жидкий активный флюс. Бура применяется при высокой температуре $700\text{—}900^\circ\text{C}$, то есть с этим флюсом можно паять горелкой. Флюс применяется для пайки золота, серебра, меди, латуни, чугуна и стали.

Этот активный флюс нужно обязательно смывать лимонной кислотой и спиртом или удалять механически.

Флюс — паяльный жир бывает активный и нейтральный и состоит из канифоли, вазелина, парафина или стеарина, хлорида цинка, деионизованной воды и хлорида аммония (рис. 30, в).

Эта смесь очень хорошо справляется с сильнозагрязненными поверхностями металла благодаря парафину, который как бы «приподнимает» всю грязь наверх, подальше от эпицентра пайки.

Данный флюс применяется для пайки толстых окисленных проводов и небольших металлических деталей. При пайке испаряется медленно с жала паяльника, оставляет мало нагара. Лучше всего флюс смывается растворителем или бензином.

Флюсы различной направленности применяются для пайки железа, нержавеющей стали, меди, бронзы, цинка, никрома, серебра, никеля и чугуна. Данные флюсы выпускаются в стеклянных или пластиковых флаконах и имеют кисточки для нанесения (рис. 30, г).

Эта большая группа включает следующие жидкие флюсы:

— ЛТИ (с индексами 1, 2, 3 и 120 включают в себя воду, спирт, канифоль, аммиак, хлористый цинк, нашатырь, солянокислый анилин);

— ТАГС (глицерин, анилиновый активатор);

— ЗИЛ (с индексами 1, 2 и 4 изготавливаются на основе хлоридов цинка, аммония, железа, соляной кислоты и воды);

— Ф-38Н (ортофосфорная кислота, диэтиламин солянокислый);

— ФКДТ (канифоль, спирт, трибутилфосфат);

— Kester 959t (для пайки волной припоя без образования шариков);

— ФИМ (вода, спирт, ортофосфорная кислота);

— ЛК-2 (спирт, канифоль, хлориды аммония и цинка);

— ПВ (с индексами 200, 201, 284 и 209 на основе кислот применяется для высокотемпературной пайки);

— ФП 1 и 2 (вазелин, хлористый цинк, канифоль, нашатырь);

— КЭЦ (спирт, канифоль, хлористый цинк);

— ГК (спирт с глицерином и канифолью);

— КЗ (спирт с канифолью);

— Прима-1 (вода, спирт, глицерин, хлористый цинк).

Также применяются флюсы-гели:

— флюс-паста ВТС (спирт, вазелин, салициловая кислота, триэтилоламин);

— флюс-гель ТТ (обязательно смываемый флюс с индикацией активных остатков состоит из вазелина, эмульгатора и тетраэтиленгликоля).

Большинство указанных флюсов смываются спиртом, растворителем, ацетоном, бензином и даже водой.

Самый популярный флюс — это **канифоль** (рис. 30, д). Канифоль бывает живичная (из живицы хвойных пород деревьев, почти не имеет жирных кислот), экстракционная (получают путем экстрагирования бензином хвойных опилок, содержит больше жирных кислот, чем живичная) и таловая (остатки после сульфато-целлюлозного производства мыла).

В магазине в баночках продается «канифоль сосновая» (рис. 30, е). Обычно это живичная канифоль с минимальным содержанием жирных кислот. Чем светлее канифоль, тем меньше жирных кислот. А значит, такая канифоль, даже если останется

после пайки на контактах, не будет их разъедать. Обычно канифоль не подвержена поглощению влаги, но поглощает кислород. Остатки жирных кислот в некачественной канифоли могут быть опасны для паяных контактов, поэтому канифоль лучше все-таки отмывать после пайки ответственных соединений.

Доступный и популярный неактивный **спирто-канифольный флюс** СКФ или ФКСп (флюс паяльный спирто-канифольный) состоит на **60—80 %** из спирта и **20—40 %** — из канифоли (рис. 30, *ж*). Данный флюс удобно применять в шприце с иглой. Но при хранении в неплотно закрытом шприце он начинает подсыхать на иголке и перестает течь.

Спирто-канифольную смесь можно приготовить своими руками. Для этого канифольную крошку разбавляют спиртом в соотношении примерно **1:3**. Бывает также канифоль-гель или канифольно-жировая паста (канифольная крошка, замешанная с растворителем), которые удобно наносить перед процессом пайки (рис. 30, *з*).

Канифоль и флюсы на ее основе применяются для пайки медных проводов, контактов микросхем и радиоэлементов, золота, серебра, латуни и цинка. Для смыва канифоли используют спирт, спирто-бензиновую смесь, бензин и растворители.

К профессиональным гелевым флюсам относят **Amtech RMA-223**, **Kingbo RMA-218** и **EFD FluxPlus**, которые представляют собой смесь измельченной канифоли, растворителя, активатора и отдушки (рис. 31, *а, б, в*).



Рис. 31. Гелевые флюсы для пайки: *а* — флюс Kingbo RMA-218; *б* — флюс Amtech RMA-223; *в* — флюс EFD 6-412-A FluxPlus; *з* — флюс Interflux 8300

Гелевые флюсы применяются для пайки контактов микросхем, выводных радиоэлементов и SMD-компонентов (surface-mount devices — устройства для поверхностного монтажа) — миниатюрных электронных элементов, монтируемых непосредственно на поверхность печатной платы, а не в отверстия (рис. 32).

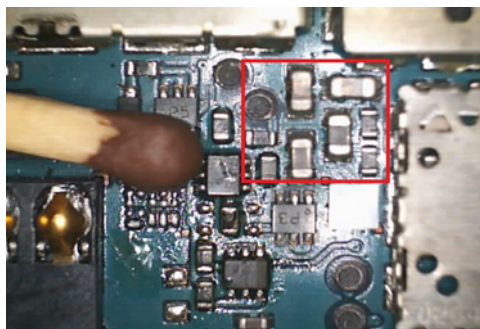


Рис. 32. Размещение SMD-компонентов на печатной плате

Данные гели можно не смывать. В настоящее время самыми лучшими считаются флюсы компании Interflux (рис. 31, з).

Большой ассортимент флюсов для свинцовой и бессвинцовой пайки в сочетании с хорошими эксплуатационными характеристиками по праву выдвигает их на первое место в практике электромонтажных работ. Применяются для ответственных работ с корпусами BGA (Ball Grid Array — массив шариковых выводов), где выводы скрыты под корпусом микросхемы, а не выходят по ее бокам (как в устаревших корпусах). Монтаж осуществляется на печатную плату методом оплавления припоя.

Гелевые флюсы можно не отмывать, при их использовании образуется мало дыма. Они отличаются прекрасной паяемостью и легконаносимы, особенно с помощью пистолета-дозатора.

Припой называют металл или сплав, который служит для соединения деталей в расплавленном состоянии. Припой применяется при пайке для соединения заготовок и имеет температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы. Применяют сплавы на основе олова, свинца, кадмия, меди, никеля, серебра и др.

Выбирают припой с учетом физико-химических свойств соединяемых металлов (например, по температуре плавления), требуемой механической прочности спая, его коррозионной устойчивости и стоимости. При пайке токоведущих частей необходимо учитывать удельную проводимость припоя.

Виды припоя можно разделить на два больших подвида:

- 1) легкоплавкие (мягкие);
- 2) тугоплавкие (твердые).

Мягкие припои применяются в большинстве случаев для выполнения монтажа или ремонта всевозможных электронных плат радиоаппаратуры. Максимальная температура плавления таких припоев равна максимум **450°C**.

Наиболее распространенный вид припоя — это **ПОС** (припой оловянно-свинцовый). Цифрами в марке изделия указывается процентное содержание олова.

Припои марки ПОС (рис. 33) имеют широкий спектр применения.



Рис. 33. Припои для пайки: *а* — ПОС-90; *б* — ПОС-40; *в* — ПОС-30; *г* — ПОС-61; *д* — ПОССу; *е* — ПОСу-95-5; *ж* — ПОСК-50-18; *з* — ПОСВ-50 «Сплав Розе»; *и* — П-200А

ПОС-90 (олово 90%, свинец 10%). Такой припой используется при ремонте посуды для приема пищи и различного медицинского оборудования.

ПОС-40 (олово 40%, свинец 60%). Широко используется при ремонте электроаппаратуры и для разнообразных деталей из оцинкованного железа. Также применяется для восстановления рабочего состояния радиаторов и медных (латунных) трубопроводов.

ПОС-30 (олово 30%, свинец 70%). Применяем в кабельной промышленности и для осуществления пайки и лужения листового цинка.

У припоев ПОС-30, ПОС-40 и ПОС-90 температура плавления лежит в диапазоне **от 220 до 265°C**. Важно понимать, что такая температура для многих радиоэлементов является предельно допустимой.

ПОС-60 (ПОС-61) (олово 59—61%, свинец 40%). Применяется для пайки печатных плат радиоэлектроники. Это основной припой для пайки радиоэлектроники. Такой припой начинает плавиться при температуре в **183°C**, а температура его полного расплавления — **190°C**.

ПОССу (припой оловянно-свинцовый с сурьмой). Такой припой отлично подходит для пайки оцинкованных изделий, активно применяется для пайки автомобильных цепей и ремонта холодильного оборудования.

ПОСу 95-5 (олово 95%, сурьма 5%) — припой, не содержащий свинца. Температура плавления припоя лежит в диапазоне **234—240°C**.

ПОСК-50-18 (олово 50%, кадмий 18%, свинец 32%). Температура плавления — **145°C**. Припой применяют с канифольно-спиртовым флюсом при пайке проводов и деталей из меди и ее сплавов и деталей, покрытых серебром. Кадмий добавляет износостойкость к коррозии, но делает припой токсичным.

ПОСВ-50 «Сплав Розе» (олово 25%, свинец 25%, висмут 50%). Основное предназначение — пайка медных и латунных компонентов. Это отличный сплав для лужения только что созданной печатной платы. Также активно используется в плавких предохранителях.

П-200А (цинк 10%, олово 90%, толченая канифоль 0,015%). Температура плавления **200°С**. Применяют с флюсом Ф59А для лужения и мягкой пайки алюминиевых проводов.

К бессвинцовым припоям относится *паяльная паста* БПР-3Т и др. (рис. 34). Паяльная паста состоит из мельчайших шариков сплава олова, свинца и серебра (олово 62%, свинец 36%, серебро 2%) и безотмывочного флюса и применяется для пайки SMD-элементов и безвыводных микросхем в BGA-корпусах.



Рис. 34. Виды паяльной пасты

Паяльная паста на воздухе быстро пересыхает за счет испарения флюса и поэтому хранится в тюбиках.

При пайке алюминия оловянно-свинцовые припои не применяют, так как они вызывают коррозию.

Существуют другие виды мягких и твердых припоев и паяльных паст, однако они используются гораздо реже, и в будущей службе вы вряд ли с ними столкнетесь.

При ремонте теплоизмерительных и электроизмерительных приборов и регуляторов тепловых процессов применяют мягкие (низкотемпературные) оловянно-свинцовые припои ПОС-40, ПОС-61, ПОС-90, олово или твердый припой ПСР-45 (серебряный).

Процесс пайки мягкими припоями.

При работе с трубчатыми припоями пайка осуществляется с двух рук. Для того чтобы при пайке получить наилучшие результаты, рекомендуется строго придерживаться следующих этапов и правил:

1. Поднесите жало паяльника к рабочей поверхности. Жало паяльника должно контактировать одновременно с контактной площадкой платы и выводом компонента, чтобы прогреть обе паяемые поверхности. Избыток на жале припоя, нанесенного

во время лужения, будет способствовать процессу теплопередачи путем увеличения площади контакта между контактной площадкой и выводом. Необходимо не более доли секунды, чтобы прогреть соответствующим образом обе поверхности.

2. Поднесенный в это время к месту соединения с противоположной от жала паяльника стороны прутки трубчатого припоя позволит образовать галтель (застывшее соединение) припоя. Для этого необходимо около **0,5 с**.

Внимание! Если припой подавать непосредственно на жало паяльника, активные компоненты флюса будут преждевременно выгорать, а его эффективность резко уменьшится. Не подавайте избыточное количество припоя на паяное соединение. Это может привести к увеличению количества остатков флюса и ухудшению внешнего вида изделия (рис. 35).

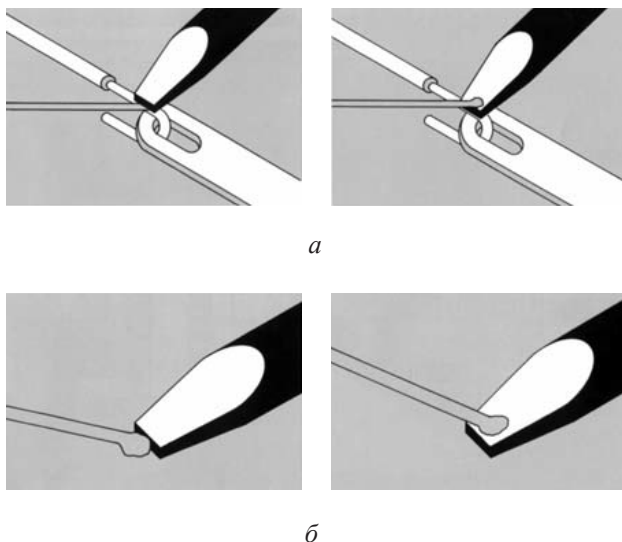


Рис. 35. Подача припоя к месту пайки:
а — правильно; б — неправильно

3. Удалите припой от паяемого соединения, и затем удалите жало паяльника. Весь процесс пайки должен занимать от **0,5**

до **2,0 с** на одно паяное соединение в зависимости от массы, температуры и конфигурации жала паяльника, а также паяемости поверхностей. Избыточное время или температура, во-первых, могут истощить флюс до смачивания припоя, что приведет к увеличению количества остатков, а во-вторых, повышают хрупкость паяного соединения.

Пайка компонентов, монтируемых в отверстия.

Для пайки штырьковых компонентов, монтируемых в отверстия, необходимо соблюдать следующую технологию и правила:

Вначале паяются дискретные габаритные элементы (трансформаторы, дроссели, реле и т. д.), затем резисторы и конденсаторы, после этого полупроводниковые элементы и наконец микросхемы.

Этапы процесса:

1. Установить компонент в монтажные отверстия, если необходимо, то загнуть выводы.

2. Поднести жало паяльника так, чтобы был обеспечен одновременный контакт с контактной площадкой монтажного отверстия и выводом компонента, прогреть в течение **0,5—1,0 с** (рис. 36).

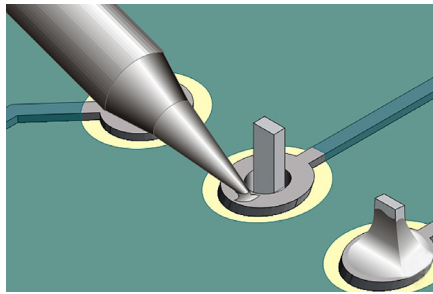


Рис. 36. Прогрев контактной площадки и вывода радиоэлемента

Правило №1. Необходимо обеспечить хороший тепловой контакт между жалом паяльника и паяемыми поверхностями.

3. Подать небольшое количество припоя на жало паяльника, так чтобы образовался мостик припоя между контактной площадкой и выводом радиоэлемента (рис. 37).

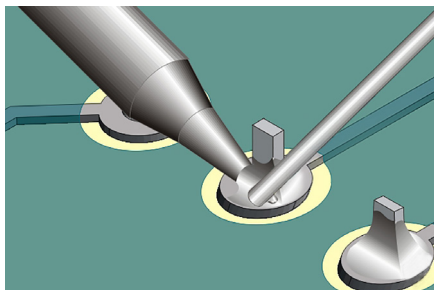


Рис. 37. Подача припоя к месту пайки

4. Переместить трубчатый припой по кругу вдоль контактной площадки в противоположном направлении от жала паяльника (рис. 38).

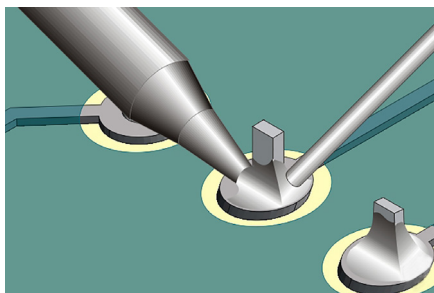


Рис. 38. Пайка вывода радиоэлемента

Правило №2. Необходимо обеспечивать контакт между жалом паяльника и паяемыми поверхностями до тех пор, пока не произойдет формирование галтели припоя.

5. Как только паяное соединение сформировано, отвести пруток припоя.

6. Одновременно отвести жало паяльника.

Для образования правильной формы галтели жало паяльника должно двигаться вверх вдоль вывода компонента (рис. 39).

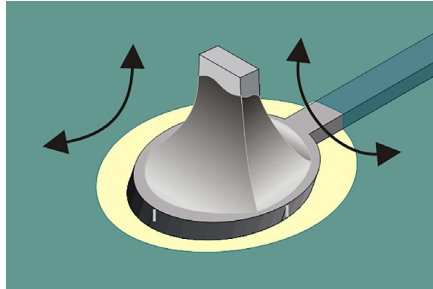


Рис. 39. Паяльная галтель правильной формы

Пайка должна быть ровной, глянцевой, без пор и посторонних вкраплений, и вместе с тем «скелетной», то есть под припоем должен быть виден контур соединяемых выводов или проводов (рис. 40).

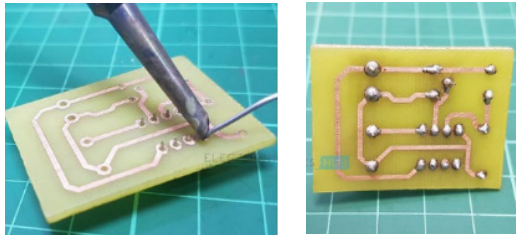


Рис. 40. Пайка радиоэлементов

Должна быть полностью исключена возможность получения «холодной» пайки, при которой существует видимость пайки, но отсутствует электрический контакт.

В процессе пайки транзисторы и микросхемы необходимо защитить от влияния высоких температур. Температура пайки должна быть не более **250°C**. Для пайки диодов и транзисторов применяются теплоотводы, которые устанавливаются на вывод детали между корпусом и пайкой. В качестве теплоотвода можно использовать пинцет без насечки или зажимы с медными насадками.

Внимание! Избегайте сильного давления жалом паяльника на контактную площадку. Не допускайте контакта жала паяльника с галтелью припоя без использования трубчатого припоя, так как это может привести к деградации паяного соединения.

Сварка (рис. 41) — процесс получения неразъемного соединения материалов под действием активирующей энергии теплового поля, деформации при воздействии ультразвуковых колебаний или при их сочетании. При сварке создается монолитный контакт, обеспечивающий долговечность электропроводки.



Рис. 41. Сварка электромонтажных соединений

По сравнению с пайкой сварка характеризуется рядом преимуществ: более высокой механической прочностью получаемых соединений, отсутствием присадочного материала, дозированной тепловой нагрузкой электронных элементов. К недостаткам метода следует отнести критичность при выборе сочетаний материалов, увеличение переходного сопротивления из-за образования полуметаллических слоев, невозможность использования группового метода соединений.

Пластическая деформация (рис. 42) — соединения, основанные на деформации контактируемых деталей, проводов или выводов, выполняемые в холодном состоянии. Под действием значительных механических усилий, приложенных к этим элементам, происходит разрушение оксидных пленок и образование надежного соединения.

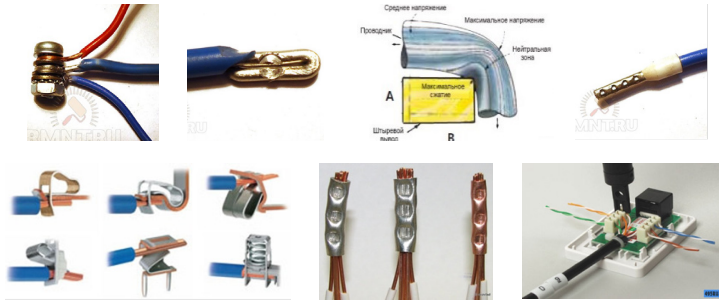


Рис. 42. Пластическая деформация электромонтажных соединений

Пластическая деформация характеризуется высокой механической прочностью, низкой стоимостью, легко поддается механизации и не создает помех в цепях низкого напряжения. Методы пластической деформации при электромонтажных соединениях достаточно распространены, поэтому их нельзя обойти вниманием.

В настоящее время существует инструментарий для реализации соединений, условно называемых непаяными. Наиболее распространены среди них соединения скручиванием и намоткой, под зажим, соединения обжатием (самое распространенное), соединение опрессовыванием.

С точки зрения разрешения проблем надежности самыми оптимальными считаются соединения методом накрутки.

Специфическим методом создания неразъемных соединений является **использование токопроводящих клеев**. Их применяют для крепления кристаллов полупроводников к подложкам, ремонта печатных плат, создания соединений в труднодоступных местах. Электропроводящие клеи представляют собой жидкую смесь из клеевой основы и электропроводящего наполнителя — мелкодисперсионного серебра, золота, палладия, меди, никеля или графита. После отверждения нанесенный слой обеспечивает хорошую проводимость и адгезию к поверхности.

Склеивание не токопроводящими клеями широко применяется в технологии для изготовления фольгированного материала и закрепления компонентов на поверхности плат.

Соединение токопроводящими клеями и пастами, в отличие от пайки и сварки, не вызывает изменения структуры соединяемых материалов, так как проводится при обычных температурах, упрощает конструкцию соединений. Применяется в тех случаях, когда другие способы невозможны: в труднодоступных местах, при ремонте электронной техники и ряде других условий. В серийном производстве метод не используется из-за невысокой проводимости, низкой термостойкости и ненадежности соединений.

Недостатками клеевых соединений являются их низкие прочность и термостойкость.

Контрольные вопросы

1. Назовите преимущества сварки электромонтажных соединений.
2. Что такое пластическая деформация электромонтажных соединений?
3. Какой припой считается основным для пайки радиоэлементов?
4. Что значит «скелетная пайка»?

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ МОНТАЖУ

По результатам исследований, **50—80%** отказов в аппаратуре и на кабельных линиях происходит из-за некачественных электрических соединений. Не зря среди профессионалов бытует поговорка: «Связь — это наука о контактах». Качественные характеристики соединений определяются многими факторами, но во всех случаях должны быть обеспечены самые важные из них:

1. Высокая надежность и долговечность соединения в заданных условиях эксплуатации.
2. Минимальное электрическое переходное сопротивление в зоне контакта и его стабильность при различных климатических воздействиях.
3. Максимально достижимая механическая прочность, близкая к прочности соединяемых материалов.
4. Возможность соединения разнообразных сочетаний материалов и типоразмеров.
5. Стойкость и стабильность электрических и механических параметров во времени при внешних воздействиях.
6. В зоне контакта не должны образовываться материалы, вызывающие деградацию соединения.
7. Качество соединения должно контролироваться простыми и надежными средствами.
8. Экономическая эффективность и производительность процесса.

К качественным соединениям относят соединения, которые имеют низкое переходное сопротивление, маленькую интенсивность отказов и высокую механическую прочность. Выбор метода получения электрических соединений определяется конструкцией контактного узла, материалом контактируемых деталей, требованиями к качеству, а также условиями экономичности и производительности.

Низкое электрическое переходное сопротивление и высокая механическая стабильность соединений достигаются за счет сил атомной связи, при которой атомы контактирующих металлов, оставаясь в узлах кристаллической решетки, отдают со своих внешних оболочек электроны, коллективизируемые в виде электронного газа. Для возникновения металлической связи необходимо сблизить атомы металлов до расстояния **1—10 нанометров** и ввести энергию в зону соединения. Энергия может быть введена посредством нагрева, давления или трения. При нагреве с ростом температуры увеличивается подвижность атомов, а с появлением жидкой фазы значительно возрастает скорость диффузии.

Давление необходимо для сближения взаимодействующих металлических поверхностей на расстояния. При степени деформации больше **50%** благодаря диффузии возникает металлическая связь. При перемещении механических поверхностей относительно друг друга в процессе трения в месте соприкосновения макровыступов поверхности создаются высокие удельные давления, которые приводят к пластическому течению или расплавлению металла.

Серьезным препятствием для контактирования являются жировые пленки и химические оксиды на поверхности соединяемых металлов. Удаление этих пленок химическими (флюсованием, обезжириванием) или физическими (ультразвуком, плазменной очисткой) методами составляет неотъемлемую часть процесса образования соединения.

Требования к монтажу проводов, жгутов и кабелей:

1. Монтажные провода по площади сечения должны соответствовать току нагрузки и допусжаемому падению напряжения, обладать необходимой механической и электрической прочностью. Не допускается применять монтажные провода с поврежденной изоляцией, надрезами жилы провода и другими дефектами, снижающими их механическую и электрическую прочность. Не допускается деформация и повреждение изоляции проводов в момент захвата инструментом, наличие заусенцев на токопроводящих жилах.

2. Неизолированные провода, применяемые при монтаже, должны иметь антикоррозионное покрытие.

3. Минимальный радиус изгиба проводов должен быть не менее значения, указанного в ТУ на них. При отсутствии таких указаний радиус изгиба должен быть не менее двукратной величины наружного диаметра.

4. Монтажные провода, жгуты и кабели должны быть прикреплены к элементам конструкции и не должны располагаться на острых кромках и ребрах шасси, узлов и аппаратуры. В случае если это выполнить невозможно, допускается прокладка проводов, жгутов и кабелей на ребрах и кромках шасси при условии обеспечения мер, предохраняющих провода, жгуты и кабели от повреждений.

5. Монтажные провода, плоские кабели в местах соединения перед пайкой должны быть механически закреплены.

6. Жгуты, кабели или отдельные провода, перемещаемые в процессе работы, должны быть выполнены из гибких многожильных проводов.

7. Минимальная длина электрических связей.

8. Обеспечение надежных электрических и механических контактов.

9. Технологичность при изготовлении и ремонте аппаратуры.

10. Высокая помехоустойчивость за счет применения экранов, заземления каждого экрана в отдельности, пересечения монтируемых высокочастотных цепей под углом, близким к 90° .

11. Соблюдение допустимых расстояний между оголенными участками проводов и металлическими поверхностями конструкций (не менее **3 мм** для цепей с напряжением до **250 В** и **5 мм** для цепей с напряжением выше **250 В**).

12. Подключение не более **2—3** проводов под один зажимный контакт и выбор сечения проводов в зависимости от токовой нагрузки.

13. Антикоррозионное или технологическое покрытие оголенных участков проводов под пайку.

Подготовка проводников к монтажу.

Часть проводов, в первую очередь с резиновой изоляцией, имеет луженые токопроводящие жилы, что ускоряет процесс подготовки проводов к монтажу.

Подготовка проводов к монтажу включает следующие операции: мерную резку, удаление изоляции и заделку концов проводов, маркировку, облуживание и свивание проводов. Мерную резку проводов вручную выполняют ножницами, кусачками, определяя длину провода по шаблону. В мелкосерийном производстве эта операция механизмуется с помощью устройств мерной резки.

Правильное снятие изоляции — одно из важнейших условий качественного монтажа кабеля.

Монтажные провода следует зачищать специальным инструментом или на специальном оборудовании, исключающем надрез жил или отдельных проволочек. Большое количество разнообразных по назначению, конструкции и типу изоляции проводов и кабелей создает необходимость применения специализированного инструмента:

- для снятия изоляции с одножильных и многожильных медных проводов;
- для снятия изоляции и оболочки с силовых кабелей;
- для разделки кабелей из сшитого полиэтилена;
- для разделки коаксиальных кабелей;
- для зачистки оптических кабелей;
- для зачистки «витой пары» и т.д.

Вопрос выбора инструмента решается исходя из типа кабеля, индивидуального предпочтения и опыта монтажника в каждом конкретном случае.

Несмотря на большой выбор специального инструмента для зачистки проводов, иногда его может просто не оказаться под рукой. В таком случае можно воспользоваться минимальным набором инструментария (кусачки, бокорезы, обычный нож). При этом необходимо соблюдать осторожность, чтобы не получить травму и не обрезать жилы кабеля.

Специальный инструмент, который используется для снятия изоляции, представлен на рисунке 43.

После резки монтажных проводов и кабелей производится заделка их концов, заключающаяся в снятии изоляции и лужении освободившейся части провода.

Зачистка проводов от изоляции должна обеспечить технологичность монтажа и надежность контактного соединения.



Рис. 43. Инструмент для снятия изоляции с кабеля и провода

Для большинства соединений пайкой зачистку осуществляют на длину **7—10 мм**, для многожильных проводов — **10—15 мм**, для соединений скруткой — **40—50 мм** (рис. 44).

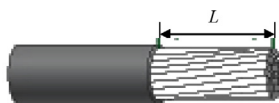


Рис. 44. Правильное снятие изоляции с провода:

L — длина зачистки

Основные ошибки при снятии изоляции показаны на рисунке 45.

Если предполагается дальнейшая пайка проводов, то зачищенные концы целесообразно облудить.

Для обеспечения временного контакта провода соединяют простым скручиванием, для постоянного контакта — пайкой, а при монтаже электрической проводки — скруткой и сваркой.

Места соединения проводов — зона особой опасности. Как правило, **90%** всех неполадок и аварий возникает именно в контактах и кабельных скрутках.

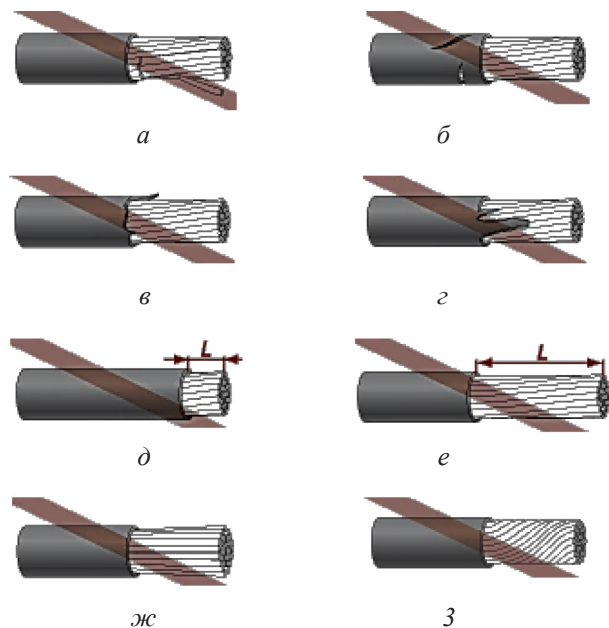


Рис. 45. Ошибки при снятии изоляции с провода:
а — повреждения жил проводника; *б* — порезы, повреждения изоляции; *в* — неровный срез изоляции; *г* — остатки изоляции на жиле; *д* — недостаточно снятая изоляция; *е* — избыточно снятая изоляция; *ж* — жилы слишком выпрямлены; *з* — жилы перекручены

Электромонтажное соединение проводников скручиванием.

Скрутка — самый простой и вместе с тем самый давний, но при этом не потерявший надежности способ соединения проводов. Несмотря на существование большого количества различных зажимов, она по сей день пользуется популярностью и стоит в розетках и распределительных коробках десятилетиями.

Однако для того, чтобы контакт был надежным и не горел, скрутку нужно выполнять правильно. Для скрутки электрических проводов без пайки и сварки нужно зачистить два провода так, чтобы длина «голых» концов составляла примерно по **40 мм**.

При работе с многожильными проводами для того, чтобы жилки проводов не раскручивались, их необходимо немного подкрутить.

Параллельная скрутка.

Для закручивания проводов нужно приложить основание одного зачищенного провода к основанию другого и плотно скрутить сразу два конца, а не один вокруг другого. Закручивать надо в ту же сторону, в которую закручиваются жилки на концах, чтобы в процессе основной скрутки жилки не раскручивались. Для надежности скрутку подтягивают плоскогубцами, а длинный конец обрезают кусачками (рис. 46). В случае с моножильными проводами прикладывают их друг к другу и скручивание начинают не от основания, а с концов.

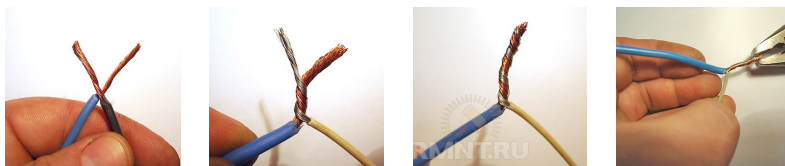


Рис. 46. Параллельная скрутка проводов

Затем на скрутку надевают термоусадочную трубку длиной около **3 см** (так как в процессе скручивания длина концов немного уменьшилась) и нагревают, пока она жестко не зафиксирует соединение. Также можно закрыть соединение изолянтной.

Соединение двух гибких многожильных проводов в виде простой параллельной скрутки обеспечивает надежный контакт между двумя проводами, но при этом скрутка плохо переносит вибрацию и приложенное на разрыв усилие.

С помощью параллельной скрутки можно соединять медный монолитный и многожильный провод. Благодаря дополнительному изгибу монолитного провода данное соединение более надежно, чем при соединении двух многожильных проводов.

Применение параллельной скрутки дает возможность обеспечить электрический контакт одновременно между двумя и более проводами — как медными, так и алюминиевыми.

Последовательная скрутка.

Иногда нужно отремонтировать электрический удлинитель, так чтобы скрутка не торчала из основного кабеля, а шла вдоль. В этом случае используется последовательная скрутка. У нее есть несколько разновидностей, но принцип скручивания для всех одинаков: намотка каждой жилы происходит друг на друга.

Как и в первом случае, зачищаются два конца провода по **40 мм**. На один провод надевается термоусадочная трубка длиной **45—50 мм**, чтобы немного перекрывала зачищенное место. Если будет использоваться изолента, этот этап пропускается.

Затем два провода прикладываются вдоль друг друга, берутся двумя пальцами посередине и наматываются один конец на другой (рис. 47).



Рис. 47. Последовательная скрутка проводов

Необходимо скручивать так, чтобы витки ложились плотно друг к другу без больших зазоров — хотя провод не будет работать на разрыв, все же плотность соединения должна быть хорошей. Затем скрутка подтягивается плоскогубцами, надевается термоусадочная трубка и нагревается либо соединение изолируется при помощи изоленты.

Скрутка с ответвлением.

С помощью ответвления может выполняться электрическое соединение дополнительного провода с основной линией электропроводки без его разрыва. Для этого в нужном месте с него снимается изоляция, после чего с помощью простой скрутки выполняется подключение дополнительного проводника.

Этот же метод соединения может использоваться для соединения вместе отвода из монолитного провода с гибким или монолитным основным проводом (рис. 48).

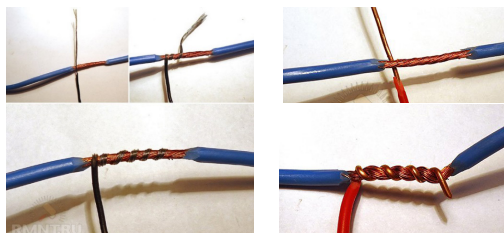


Рис. 48. Скрутка проводов с ответвлением

Скрутка с использованием бандажа.

Соединение жестких проводов между собой может выполняться с помощью бандажной скрутки. Для этого соединяемые провода прикладываются параллельно друг к другу, после чего фиксируются в этом положении с помощью более мягкого провода, который плотно укладывается на оголенную поверхность проводов (рис. 49).



Рис. 49. Скрутка проводов с использованием бандажа

Чем плотнее будет выполнена скрутка или навивка, тем лучше будет электрический контакт между проводниками.

С помощью бандажа можно выполнять соединение из двух и более проводников или организацию отводов. Для улучшения фиксации можно выполнять дополнительный изгиб монолитного провода, тем самым зафиксировав бандаж.

Во время выполнения монтажа необходимо следить, чтобы скручиваемые части проводников были полностью очищены от изоляции, медная или алюминиевая поверхность проводников

должна быть чистой и не содержать следов окисления. Если есть необходимость, перед выполнением скрутки поверхность соединяемых проводов нужно очистить с помощью ножа или наждачной бумаги. Для повышения плотности скрутки и, как следствие, электрического контакта между проводниками допускается выполнение скрутки с помощью плоскогубцев.

Важно помнить главное правило монтажа — нельзя выполнять непосредственное соединение медной и алюминиевой электропроводки.

Подготовка к монтажу и скрутка электрических проводов представлена на рисунке 50.

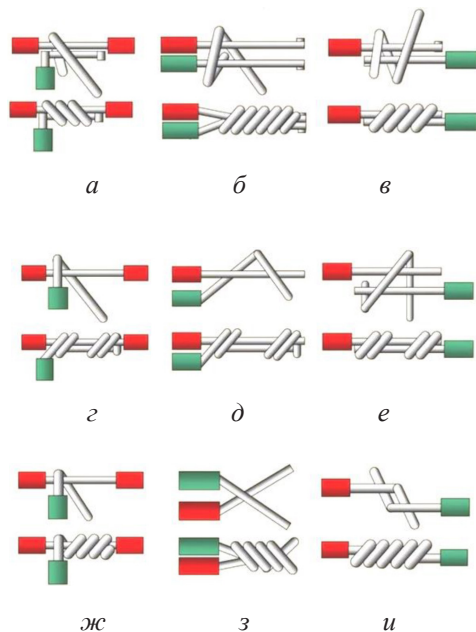


Рис. 50. Скрутка проводов: *а* — ответвление бандажное; *б* — параллельное бандажное; *в* — последовательное бандажное; *г* — ответвление желобком; *д* — параллельное желобком; *е* — последовательное желобком; *ж* — ответвление простое; *з* — параллельное простое; *и* — последовательное простое

Контрольные вопросы

1. Перечислите разновидности электромонтажного соединения проводников скручиванием.
2. В каких случаях применяется скрутка проводов?
3. Как выполняется параллельная бандажная скрутка проводов?

МОНТАЖ НИЗКОЧАСТОТНЫХ РАЗЪЕМОВ

Разъемы RJ.

Данные разъемы представляют собой стандартизированный физический сетевой интерфейс, включающий описание конструкций обеих частей разъема и схемы их коммутаций. Используется для соединения телекоммуникационного оборудования. К таким стандартам относятся RJ11, RJ14, RJ25, RJ45 и др. Названия стандартов в обиходе используются для обозначения разъемов:

— RJ45 — разъем 8P8C (восьмиконтактный, для организации ЛВС);

— RJ25 — разъем 6P6C (шестиконтактный, для телефонной линии);

— RJ14 — разъем 6P4C (четыреконтактный, для телефонной линии);

— RJ9 — разъем 4P4C (четыреконтактный, для телефонной линии)

Разъем RJ45 используют с кабелем витая пара при коммутации компьютеров в локальных вычислительных сетях (рис. 51).

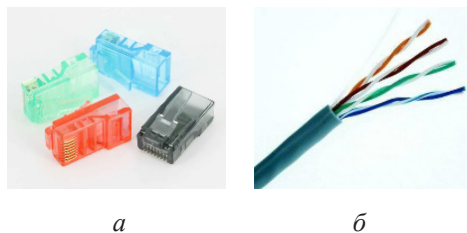


Рис. 51. Монтаж разъема RJ45:
а — разъем RJ45; *б* — кабель витая пара

К разъемам RJ45 провода витой пары не припаиваются, а опрессовываются (обжимаются) специальным инструментом (кримпером) или тонкой отверткой (рис. 52).



Рис. 52. Инструмент для опрессовки разъемов

Для обжатия разъема кримпером необходимо:

1. Откусить старый разъем, который можно использовать как образец распиновки жил. Если такого нет, то можно переходить к следующему шагу.
2. Зачистить жилы от внешней оболочки — отмерить **20—30 мм** от отрезанного края и вставить кабель в зону для зачистки, надрезать оболочку, проворачивая кабель, и снять внешнюю изоляцию.
3. Аккуратно раскрутить скрученные цветные жилы кабеля, выровнять и, не вставляя в разъем, расположить согласно схеме коммутации (рис. 53).

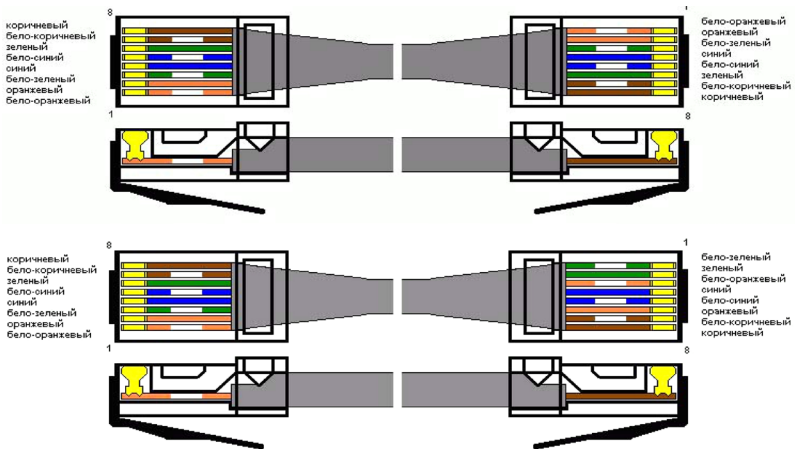


Рис. 53. Схемы коммутации ЛВС

4. Обрезать выровненные жилы на длину не более **12,5 мм** (для фиксации разъема на кабеле).

5. Вставить жилы в коннектор так, чтобы внешняя оболочка была внутри корпуса разъема, за фиксатором (рис. 54).

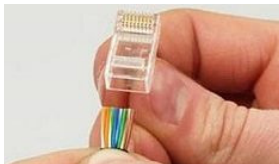


Рис. 54. Установка кабеля в разъем

6. Кабель с разъемом поместить в кримпер (в зону для обжимки) и обжать (рис. 55). При этом происходит прорезание изоляции жил и фиксация разъема на кабеле.



Рис. 55. Обжим разъема

7. Проверить качество работы шевелением кабеля в разьеме и тестером витой пары (LAN-тестером) (рис. 56).



Рис. 56. LAN-тестер

Обжатый шнур устанавливается в порт LAN-тестера и проверяется наличие соединения. Если светодиоды LAN- или WAN-порта замигали, появился интернет или нужное устройство появилось в сети, кабель обжат правильно.

Остальные разъемы стандарта RJ обжимаются аналогичным образом, только с другими кабелями.

Разъемы XLR.

Разъемы XLR предназначены для подключения микрофонов, звукоснимателей и высококачественной аудиотехники (рис. 57).

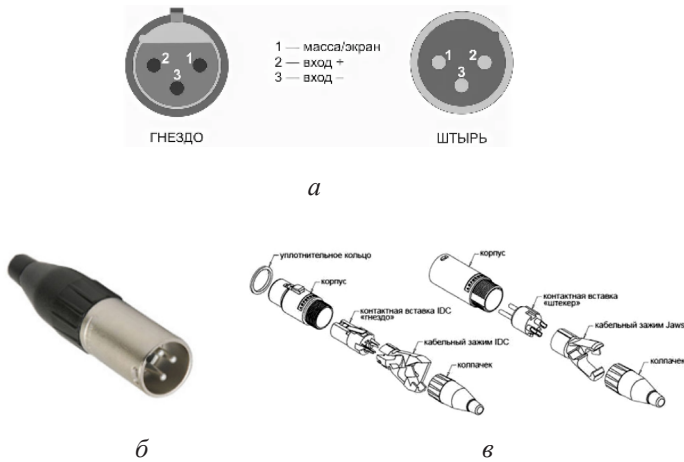


Рис. 57. Разъемы XLR:

а — схема распайки; *б* — внешний вид; *в* — структура разъема

Особенность микрофонных кабелей состоит в том, что сигнал в них передается двух полярностей по скрученной паре проводов. Это делается для лучшей защиты от помех.

Для монтажа разъемов типа XLR необходимо:

1. Разобрать разъем.
2. На кабель надеть колпачок и кабельный зажим.
3. Снять внешнюю изоляцию с кабеля на **20—25 мм**.
4. Расплести и скрутить экранирующую оплетку.
5. Снять изоляцию с жил на **5—7 мм**.
6. Облудить концы жил, оплетки и выводы разъема.
7. Надеть на жилы проводов кембрики.

8. Припаять концы проводов к выводам разъема (рис. 58).

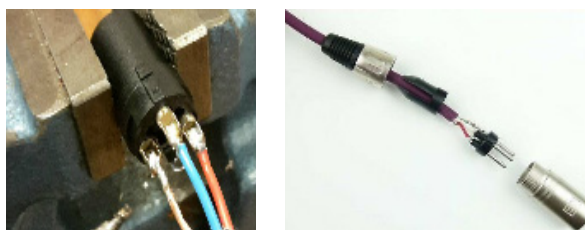


Рис. 58. Пайка разъема XLR

9. Собрать разъем, скрутив колпачок с корпусом.

Современная радиоэлектронная аппаратура предполагает наличие большого разнообразия различных аппаратурных и кабельных разъемов (рис. 59).

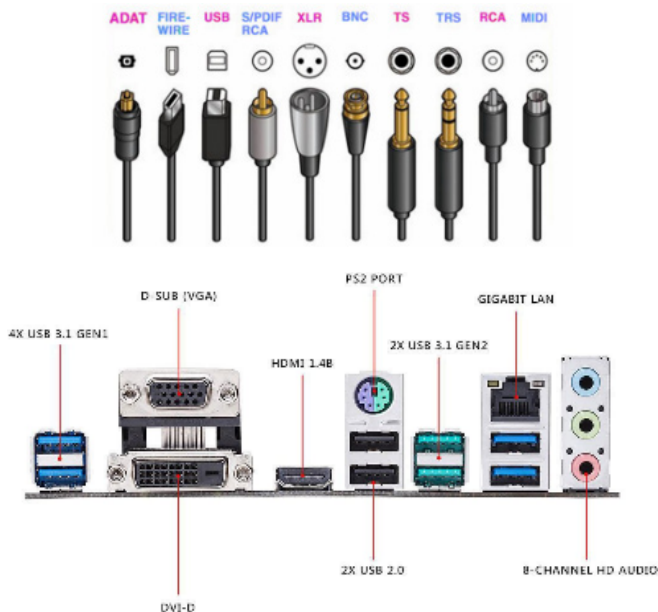


Рис. 59. Кабельные и аппаратурные разъемы

Все подобные штыревые разъемы монтируются в той же последовательности, что разъемы типа XLR. На некоторых разъемах, например типа RCA, имеется дополнительный зажим, фиксирующий кабель, который соединяется с экранной оплеткой (рис. 60).

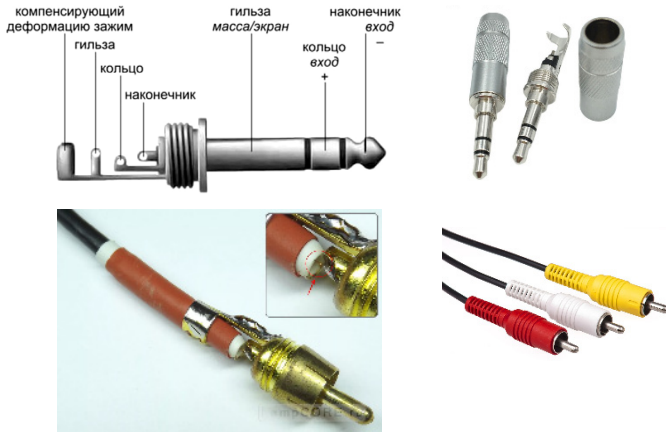


Рис. 60. Кабельные разъемы (штекеры) типа RCA

Припаивать провода к контактам штекера удобно, вставив штекер в розетку (полумуфту) неисправного или отключенного прибора.

Разъемы USB.

USB — наиболее распространенный на сегодня формат разъемов. Первоначально они разрабатывались для соединения компьютеров и периферии, но в настоящее время почти все мобильные устройства используют USB не только для передачи данных, но и для зарядки аккумуляторов.

Существует несколько модификаций разъемов USB (рис. 61).

USB-распайка проводов не сложна, все провода в зависимости от назначения имеют свой цвет. Для распайки необходим паяльник с тонким жалом. Требуется особая и аккуратность, так как контакты расположены близко друг к другу.

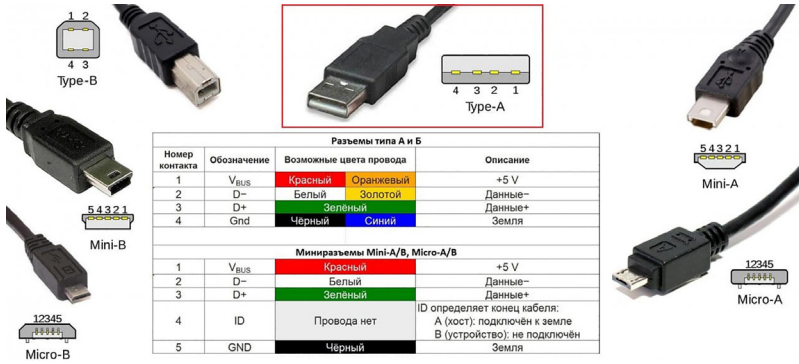


Рис. 61. Кабельные разъемы USB

Внутриблочные разъемы.

Для подключения комплектующих внутри блоков аппаратуры применяются плоские разъемы, показанные на рисунке 62.



Рис. 62. Внутриблочные плоские разъемы для подключения комплектующих

Для монтажа разъемов необходимо:

1. Отжать пружинный контакт тонкой отверткой или иглой и вынуть вывод из корпуса разъема (рис. 63).



Рис. 63. Конструкция разъема

2. Оголить и облудить конец провода.
3. Облудить хвостовую часть вывода разъема.
4. Вставить провод в хвостовую часть вывода и пропаять.
5. Обжать зажим вывода на изоляции провода.
6. Вставить вывод в корпус разъема до щелчка.

Для контроля распайки проводов в разъеме производят прозвонку.

Штепсельные разъемы типа ШР.

Штепсельные разъемы (ШР) предназначены для быстрого электрического и механического соединения и разъединения многопроводных жгутов и кабелей (рис. 64). В большинстве случаев они осуществляют соединение и разъединение цепей в обесточенном состоянии.



Рис. 64. Модификации разъема типа ШР

В радиоэлектронной аппаратуре и приборах штепсельные разъемы осуществляют электрическое соединение между собой отдельных узлов и блоков, а в системах — отдельных устройств. Поэтому от того, как выполнен монтаж разъема, зависит надежная работа аппаратуры, приборов и системы в целом.

Диаметр жилы провода должен быть меньше отверстия хвостовой части контакта. Если в одно отверстие необходимо впасть два или три провода меньшего сечения, жилы всех проводов скручивают, причем их суммарный диаметр должен быть меньше соответствующего отверстия в контакте ШР.

Монтаж ШР разъема выполняют только гибким монтажным проводом.

При монтаже ШР разъема не допускается применять провода, у которых наружный диаметр по изоляции (вместе с надеваемой на провод электроизоляционной трубкой) больше, чем расстояние между контактами в разъеме.

Для монтажа разъема необходимо:

1. Надеть на кабель стягивающий хомут, резиновую трубку, резиновую прокладку и стопорное кольцо.

2. Зачистить провода от изоляции. Зачистку проводов или кабелей от изоляции производят на глубину отверстия контакта с припуском (чуть короче).

3. Скрутить жилы проводов и облудить припоем. Лишнюю длину зачищенных жил откусить. Длина жилы, входящей в отверстие хвостовой части трубчатого контакта, должна быть равна длине внутренней полости контакта или меньше ее на **0,5—2 мм**.

4. Облудить хвостовую часть вывода разъема.

5. Надеть на жилы проводов изолирующие трубки.

6. Припаять провода к хвостовикам разъема. Пайку проводов производят начиная с нижнего ряда контактов или с ряда, наиболее удаленного от монтажника. Разъем в процессе монтажа располагают так, чтобы контакты были близки к вертикальному положению.

7. После остывания припоя надвинуть изоляционные трубки на контакты до упора.

8. Для повышения механической прочности и защиты от влаги (герметизации) внутреннюю полость ШР рекомендуется после монтажа заливать герметиками. Жгуты, заделываемые в негерметизированные разъемы, обертывают под хомутом резиной в один или несколько слоев до плотного вхождения жгута в гайку ШР. В некоторых случаях вместо резины применяют резиновые втулки.

9. Затянуть хомут винтом с натягом.

При заделке в ШР экранированных проводов недопустимо, чтобы экранная оплетка этих проводов входила в изоляционные трубки, надеваемые на контакты ШР.

Заделка жгутов в ШР приведена на рисунках 65 и 66. Натяжение проводов около мест пайки не допускается.

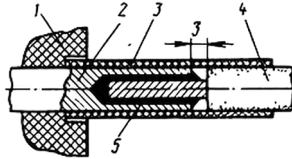


Рис. 65. Пайка проводов в контакты разъема ШР:

1 — корпус разъема; 2 — контакт; 3 — изоляционная трубка;
4 — монтажный провод; 5 — припой

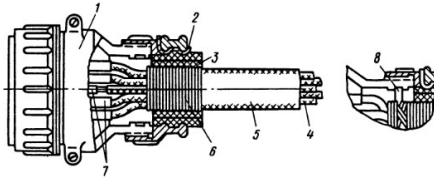


Рис. 66. Заделка жгутов в ШР: 1 — ШР; 2, 3 — резиновые прокладки толщиной 1,5 и 2 мм; 4 — монтажные провода, образующие жгут; 5 — резиновая трубка; 6 — бандажные нитки; 7 — припой; 8 — стопорное кольцо

Для контроля распайки проводов в ШР производят прозвонку жгута.

Контрольные вопросы

1. Как называется инструмент для обжатия разъемов RJ?
2. Что применяют для проверки наличия соединения обжатого шнура?
3. Какие разъемы используют для подключения микрофонов, звукоснимателей и высококачественной аудиотехники?
4. Для чего предназначены штепсельные разъемы?

МОНТАЖ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ РАЗЪЕМОВ

Распайка высокочастотного разъема на коаксиальном кабеле осуществляется следующим образом:

1. Накинуть фиксирующую гайку, шайбу, прокладку и втулку на кабель и удалить внешнюю оболочку кабеля, как показано на рисунке 67.

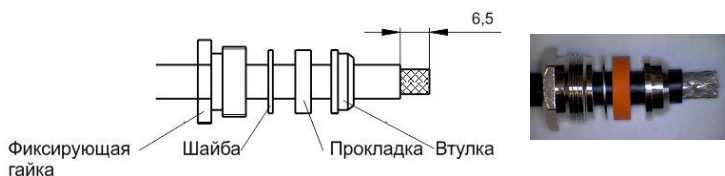


Рис. 67. Удаление внешней оболочки

2. Экранирующую оплетку расплести, отогнуть на 90° и распределить по окружности. Оплетку укоротить по окружности на 1,5 мм. Медно-лавсановую ленту удалить (рис. 68).

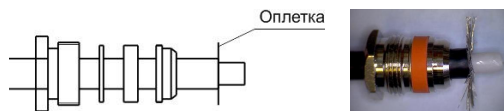


Рис. 68. Подготовка экранирующей оплетки

3. Удалить часть диэлектрика, выдерживая размер, указанный на рисунке 69. Нанести бескислотный флюс на центральный проводник.

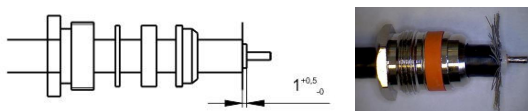


Рис. 69. Подготовка центрального проводника

4. Надеть контакт на центральный проводник, удерживая плотно кабель и контакт, и затем припаять контакт припоем ПОС-61 (рис. 70).

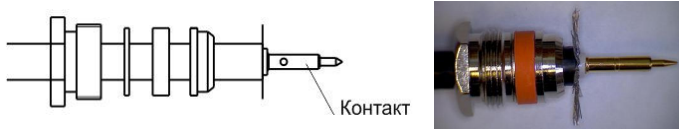


Рис. 70. Монтаж центрального контакта

Контакт при пайке должен плотно прилегать к диэлектрику (при необходимости доработать центральный проводник).

5. Продвинуть втулку к оплетке. Оплетку распределить по поверхности втулки. Выступление оплетки за внешний диаметр втулки не допускается (рис. 71).

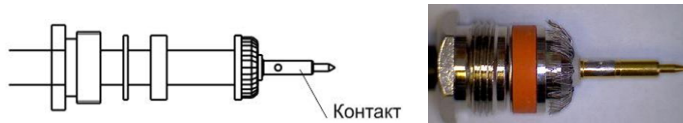


Рис. 71. Монтаж оплетки

6. Придвинуть прокладку и шайбу к втулке и вставить в корпус соединителя (рис. 72).



Рис. 72. Одевание корпуса

7. Затянуть фиксирующую гайку в корпусе соединителя (рис. 73).

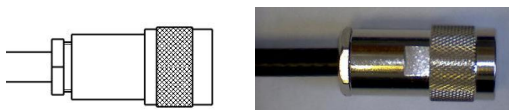


Рис. 73. Смонтированный разъем

8. Проверить на отсутствие замыкания между центральным контактом и корпусом.

Для контроля распайки проводов в разъеме производят прозвонку жгута.

При заделке высокочастотных кабелей не допускается натяжение проводов около мест пайки.

Контрольные вопросы

1. Для чего производится прозвонка жгута?
2. Почему не допускается натяжение проводов при заделке высокочастотных кабелей?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Сращивание жил легкого полевого кабеля связи (ЛПКС) П-274М различными способами.

Выполнение норматива № 214 «Изготовление временных сращков на полевых кабелях».

Номер норматива	Наименование норматива	Объем выполняемых работ	Оценка	Время (мин)
214	Изготовление временных сращков на полевых кабелях	Изготовить временный сращок на легком кабеле П-268 (П-274М) вручную с применением изоляционной ленты	Отл.	4
			Хор.	5
			Уд.	6

Для изготовления временного сращка необходимо:

1. Укоротить концы кабеля так, чтобы одна жила была короче другой на 6—7 см (на одном и другом сращиваемых концах).
2. С обоих жил кабеля снять изоляцию на 10 и 18 см, не повреждая токоведущие провода.
3. Отобрать медные проволоки в каждой жиле (можно свить их жгутами) и отогнуть в сторону (рис. 74).



Рис. 74

4. Связать прямым узлом стальные проволоки, чтобы расстояние между изоляцией сращиваемых жил после затягивания узла составило 2—2,5 см (рис. 75).

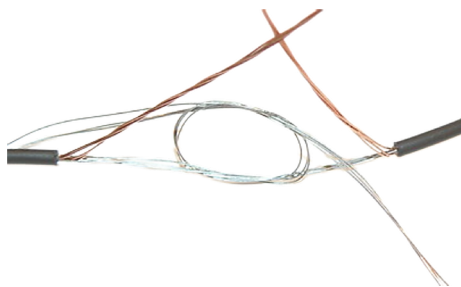


Рис. 75

5. Концы стальных проволок после затягивания узла откусить на расстоянии 2—3 мм от оболочки изоляции.

6. Медными проводками левой токопроводящей жилы сделать 1—2 витка вокруг узла по ходу часовой стрелки, а медными проволоками правой жилы — против хода часовой стрелки, а затем концы стальных проволок обвить медными жилами, виток к витку, на их длину с переходом на токопроводящую жилу (рис. 76).

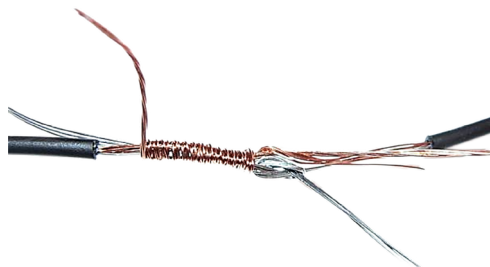


Рис. 76

7. Свить жилы кабеля до нормального шага скрутки и сращить таким же способом второй провод (рис. 77).



Рис. 77

8. На сrostок каждого провода наложить 4—5 слоев липкой полиэтиленовой ленты в кабеле П-274М. Ленту накладывать так, чтобы она захватывала изоляционную оболочку кабеля с каждой стороны на 10—15 мм и чтобы каждый новый виток перекрывал предыдущий на половину ширины ленты.

9. Наложить 2—3 слоя изоляционной ленты между сrostками жил, чтобы сrostки не смещались один относительно другого.

Сращивание жил полевого кабеля дальней связи (ПКДС) П-296 различными способами.

Выполнение норматива № 214 «Изготовление временных сrostков на полевых кабелях».

Номер норматива	Наименование норматива	Объем выполняемых работ	Оценка	Время (мин)
214	Изготовление временных сrostков на полевых кабелях	Изготовить временный сrostок на кабеле П-296	Отл. Хор. Уд.	45 50 55

Инструменты и материалы (рис. 78):

- нож или кабельный нож;
- бокорезы / кусачки;
- стриппер;
- фен и паяльник или газовая горелка с футоркой;
- припой и флюс;
- плоскогубцы;
- ножовка по металлу;
- изоляционная лента или термоусадочная трубка (термоусадочная лента);
- перчатки.



Рис. 78

Для изготовления временного сростка необходимо:

1. Надеть на один из концов кабеля термоусадочную трубку.
2. На концах кабеля отмерить участок разделки и сделать кольцевой надрез внешней изоляции.
3. Сделать продольный надрез внешней изоляции и аккуратно ее снять на длину примерно 180—220 мм (рис. 79).



Рис. 79

4. Точно так же снять наружную оболочку на втором сращиваемом конце кабеля.
5. Стальные проволоки экрана расправить и отогнуть назад (рис. 80).



Рис. 80

6. Отогнуть назад фольгу и обмотать ее поверх проволоки. Закрепить хомутом или изолянтной (рис. 81).

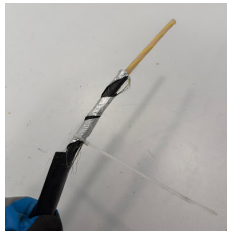


Рис. 81

7. Разогреть внутреннюю изоляцию жил: в стационарных условиях при наличии напряжения 220 В — с помощью строительного фена, в полевых условиях — с помощью газовой горелки (паяльной лампы) (рис. 82).



Рис. 82

8. Сделать надрез для дальнейшего разделения жил (рис. 83).



Рис. 83

9. Разделить жилы. Оставить целыми (неразрезанными) 10—15 мм внутренней изоляции у места, где начинается внешняя изоляция (рис. 84).



Рис. 84

10. Сформировать ступенчатую разделку жил (рис. 85). Для этого на первом конце оставить жилы разной длины с перепадом примерно 5 см, а на втором конце сделать такую же разделку в зеркальном порядке.

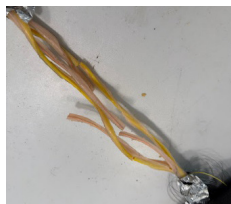


Рис. 85

11. Убедиться, что после соединения сростки четырех жил не окажутся в одном месте, а будут смещены друг относительно друга по длине кабеля.

12. Надеть термоусадки на все 4 жилы.

13. Снять изоляцию с жил первого конца на длину 15—20 мм, не повреждая медные проволоки.

14. Снять изоляцию с жил второго конца также на 15—20 мм.

15. Слегка подкрутить медные проволоки жил, чтобы концы были ровными и удобными для соединения.

16. Соединить пары жил холодным способом: наложить зачищенные концы навстречу друг другу и плотно скрутить их между собой (рис. 86).



Рис. 86

17. Подкрутить скрутки плоскогубцами (рис. 87).

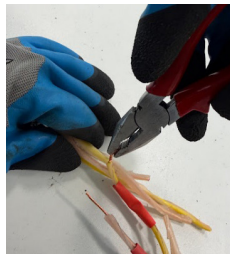


Рис. 87

18. Обрезать концы скруток так, чтобы скрутка составила 10—14 мм (рис. 88).



Рис. 88

19. Произвести пайку скруток: в стационаре — при помощи паяльника, в полевых условиях использовать футорку (рис. 89).

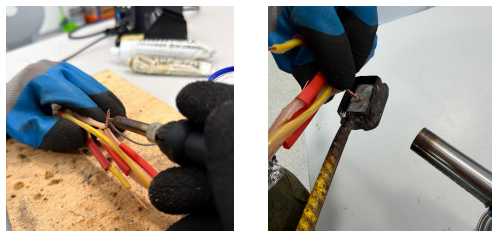


Рис. 89

20. Прижать скрутки к жилам.

21. Надеть на сращенные участки термоусадки и нагреть их при помощи фена / горелки до плотного прилегания (рис. 90).



Рис. 90

22. Развернуть проволоки экрана кабеля обоих концов и скрутить их в прямой узел так, чтобы при растягивании соединения первая нагрузка шла на них. Обрезать концы проволок (рис. 91).

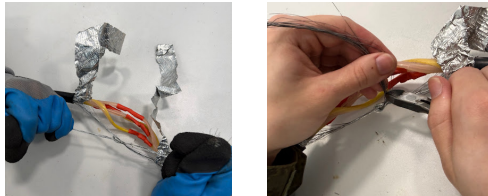


Рис. 91

23. Развернуть фольгу экрана поверх имеющихся соединений. Каждая фольга разворачивается от середины срезка к другому концу (рис. 92).



Рис. 92

24. Надеть термоусадку поверх срезка и нагреть до плотной усадки (или обмотать изолентой в 4 слоя так, чтобы каждый новый повив заходил на предыдущий на половину) (рис. 93).



Рис. 93

Оконцевание кабеля UTP-коннекторами.

Используются два варианта оконцевания кабеля UTP-коннекторами: прямое и перекрестное (рис. 94).

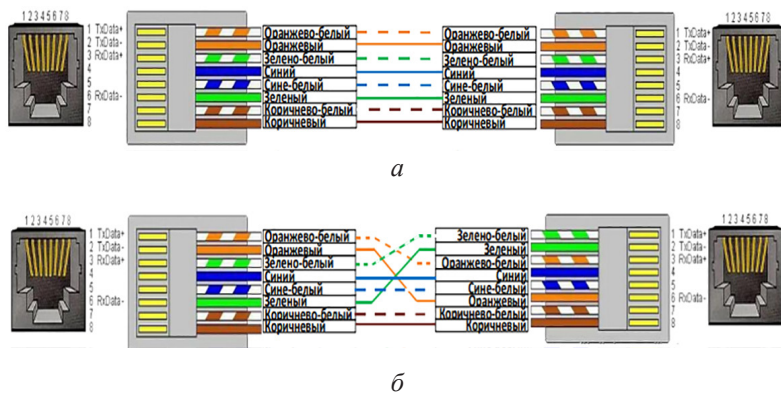


Рис. 94. Прямое и перекрестное оконцевание кабеля UTP-коннекторами: *а* — прямое; *б* — перекрестное

Выполнение норматива «Оконцевание кабеля UTP-коннекторами типа RJ-45».

Для выполнения норматива понадобятся: разъем RJ-45, втяная пара, устройство обжимное для коннектора RJ-45 (кримпер), устройство для зачистки и обрезки витой пары.

Наименование норматива	Оценка	Время (мин)
Оконцевание кабеля UTP коннекторами типа RJ-45	Отл.	3
	Хор.	4
	Уд.	5

1. Подготовьте универсальный экранированный разъем RJ-45 категории 5 и инструменты, необходимые для монтажа (рис. 95).



Рис. 95

2. Отрежьте необходимую для изготовления патч-корда длину четырехпарного экранированного кабеля категории 5е, и наденьте изолирующий колпачок (рис. 96).



Рис. 96

3. Кольцевую подрезку выполните устройством. Для этого необходимо сделать один полный оборот вокруг кабеля и снять подрезанную часть изоляции. Удалять оболочку с кабеля следует как минимум на 20 мм (рис. 97).

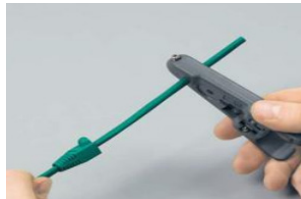


Рис. 97

4. Разверните фольгу и загните ее вниз на внешнюю изоляцию. Фольга и дренажный провод из луженой меди служат в качестве экрана (рис. 98).



Рис. 98

5. Срежьте ножницами лишнюю часть оболочки с фольгой, оставив около 1,5 см (рис. 99).



Рис. 99

6. Накрутите на фольгу дренажный провод, который страхует кабель от разрывов фольги и обеспечивает электрическую непрерывность экрана (рис. 100).



Рис. 100

7. Удалите защитную ленту (рис. 101).



Рис. 101

8. Чтобы поместить кабель в разъем, требуется расплести пары. Пары развиваются вплоть до края оболочки кабеля, которому придается плоская форма, чтобы было удобно расположить пары в один ряд (рис. 102).

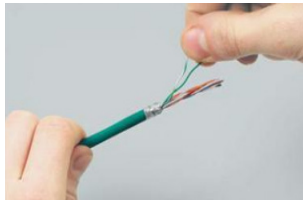


Рис. 102

9. Пары должны быть разложены таким образом, чтобы сформировался плоский слой из параллельно расположенных проводников (рис. 103).

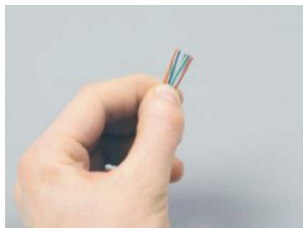


Рис. 103

10. Номинальная длина линейной раскладки проводников витых пар величиной 14 ± 1 мм перед монтажом разъема категории 5e со схемой разводки серий T568 определена в стандарте ISO/IEC 11801:1995 (рис. 104).



Рис. 104

11. Поместите проводники до упора в торец разъема. При этом разъем держите ключом-фиксатором вниз (рис. 105).



Рис. 105

12. Проконтролируйте правильность установки проводников и выровняйте их перед подключением к ножам (рис. 106).



Рис. 106

13. Для соединения витых пар с ножами разъема используйте кримпер. В процессе обжима ножи вдавливаются внутрь, прорезают оболочку проводников и входят между плетением проволочек (рис. 107).



Рис. 107

14. Наденьте на разъем защитный колпачок (рис. 108).



Рис. 108

15. После установки патч-кордов кабеля с обоих концов протестировать с помощью цифровых кабельных тестеров (рис. 109) на соответствие категории, правильность разводки, длину, обрыв, полярность пар и т. д.



Рис. 109

16. Экранированные патч-корды используются вместе с экранированным оборудованием соответствующей категории (рис. 110).

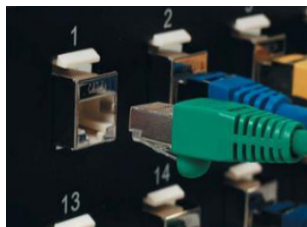


Рис. 110

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Операции сборки и монтажа являются наиболее важными в технологическом процессе изготовления электронных блоков, поскольку они оказывают определяющее влияние на технические характеристики изделий. Грамотно проведенный монтаж влияет на качество и надежность работы электротехнических изделий и радиоэлектронной аппаратуры, а также на безопасность при использовании этих устройств.

Качество соединений в процессе пайки в значительной степени зависит от индивидуальных особенностей монтажника и его квалификации.

Полученные знания и умения помогут в изучении модуля «Военно-техническая и военно-специальная подготовка», а также позволят использовать их в быту.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Филонова М. И., Савченко А. Л.* Сборка, испытания, эксплуатация и ремонт приборов [Электрон. ресурс] : конспект лекций. Минск, 2012. URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/3451> (дата обращения: 15.04.2026).
2. *Лобур И. А.* Технология выполнения работ : метод. материалы для студ. специальности СПО 11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств» очной формы обучения. Кемерово, 2018.
3. *Сборник* единых нормативов и учебных задач для войск связи. Ч. 1. М., 2017.
4. *Электротехническое черчение* : учеб. пособие / В. А. Истомина, В. А. Нефедовский, Ю. А. Савицкий [и др.]. Краснодар, 2016.

Учебное издание

Буланов Михаил Юрьевич
Рак Евгений Николаевич

**ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Д. А. Малеваная*
Компьютерная верстка *Е. В. Денисенко*

Подписано в печать 19.06.2026 г.
Дата выхода в свет 02.07.2026 г.
Формат 60 × 90^{1/16}. Усл. печ. л. 5,2
Тираж 300 (1-й завод 59 экз.). Заказ 52

Издательство Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
236041, г. Калининград, ул. А. Невского, 14

