

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПАЙКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

С.С. Сорокин

sorokin.sns@yandex.ru

А.М. Максимова

maximova-alisa@mail.ru

Е.Д. Челноков

jenek-elets@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

---

### Аннотация

*В настоящее время основным способом создания неразъемного соединения выводов навесных компонентов с контактными площадками печатных плат служит пайка. В работе проведены исследования технологий различных процессов пайки и паяных соединений с целью изучения механизма процесса и условий получения качественного соединения, обеспечения характеристик процесса пайки и управления параметрами операций. Кратко рассмотрены современные виды монтажа элементов на плату без применения пайки как альтернатива для изделий, которые не должны в процессе производства находиться в условиях высокотемпературного нагрева, например, из-за термочувствительности отдельных элементов или плотной компоновки.*

### Ключевые слова

*Электроника, микроэлектроника, радиотехника, пайка, печатные платы, паяное соединение, производство электронной аппаратуры, интегральные микросхемы*

Поступила в редакцию 09.11.2022

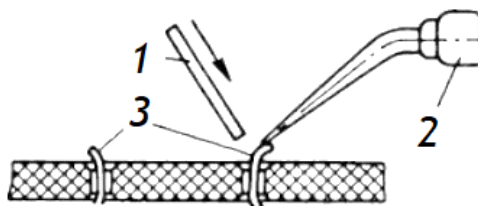
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

---

**Введение.** В современном радиоэлектронном приборостроении основное внимание уделяется уменьшению размеров радиоаппаратуры, что позволяет разместить большее количество радиокомпонентов на меньшей площади платы. Согласно закону Г. Мура, количество транзисторов на кристалле увеличивается в 2 раза каждые 2 года, к 2023 г. их плотность достигнет 115 млрд на 1 см<sup>2</sup>. Существование огромного количества разнообразных интегральных микросхем (ИМС) предоставляет большие возможности разработчикам радиоэлектронной аппаратуры и помогает им существенно сократить время на ее разработку, отладку, позволяет снизить массогабаритные характеристики устройств, предусмотреть их модернизацию, повысить надежность готового продукта. В таких условиях наибольшее значение имеет своевременное технологическое перевооружение производства. От этого напрямую зависят надежность и качество производимой продукции. На большом производстве особое внимание должно уделяться развитию, разработке и освоению качественно новых материалов, используемых для создания соединений, повышению уровня автоматизации и механизации производственных процессов, ведущих к росту производительности и точности итогового продукта [1].

**Историческая справка.** В настоящее время в радиоэлектронной аппаратуре широкое распространение получили ИМС с планарными выводами крепления на плату. К достоинствам таких ИМС по сравнению с микросхемами, полученными по технологии сквозного монтажа ТНТ (Through Hole Technology), можно отнести повышение плотности монтажа на печатной плате благодаря тому, что такие компоненты можно размещать по обеим сторонам плат печатного монтажа. Основным методом крепления и создания электрического соединения в таких случаях является пайка легкоплавкими припоями. Под пайкой понимают связывание или дополнение металлов в твердом состоянии путем введения в зазор расплавленного связующего металлического материала, называемого припоем.

Проанализировав отечественное сборочно-монтажное производство, можно прийти к выводу, что несмотря на изобилие существующего парка автоматизированного и механизированного оборудования для пайки основным методом создания соединения и монтажа ИМС с планарными выводами служит ручная пайка паяльником (рис. 1). Это можно объяснить тем, что большую часть изделий радиоэлектронной техники, в которых применяются такие микросхемы, изготавливают в условиях мелкосерийных производств.



**Рис. 1.** Схема пайки электромонтажного соединения электропаяльником (ручная пайка):

1 — трубчатый припой ПОС-61; 2 — паяльник; 3 — выводы радиокомпонента

Для крупносерийных производств, напротив, требуется система автоматического размещения и закрепления компонентов на плате. Выбор определенного метода пайки определяется для каждого изделия индивидуально. Он зависит как от конструктивных особенностей монтажных плат, так и от применяемых в них радиоэлектронных компонентов, а также от объема производства и требуемой производительности [2]. С появлением микросхем надежность аппаратуры возросла, а ее габариты уменьшились. Это способствовало дальнейшему расширению функциональных возможностей радиоэлектронной аппаратуры. Дальнейшее развитие модулей на печатных платах потребовало изыскать резервы для повышения плотности монтажа. При этом стало очевидным, что монтаж выводов радиоэлементов в сквозные отверстия приводит к неэффективному

использованию поверхностей печатной платы. В это время начинает развиваться концепция двухстороннего монтажа, которая предусматривает установку компонентов с обеих сторон печатной платы. Для этого потребовалось формировать выводы «в планар», т. е. параллельно поверхности печатной платы. В конце 1960-х годов за рубежом стали развиваться новые автоматизированные способы пайки (так называемые Reflow). В отечественной специальной литературе этот термин переводится как пайка обратным потоком или пайка расплавлением дозированного припоя (РДП-пайка) [1].

В настоящее время выделяют несколько основных методов пайки:

- 1) волной;
- 2) оплавлением:
  - конвекционной;
  - инфракрасным излучением;
  - в паровой фазе;
- 3) селективная:
  - лазерным излучением.

Все эти методы пайки были реализованы в 1960–1990-х годах в автоматизированном сборочно-монтажном оборудовании за рубежом и в нашей стране. Освоение новых производственно-технологических процессов было необходимо из-за появления радиокомпонентов с планарной технологией крепления и безвыводных (SMD) компонентов, монтируемых на поверхность печатной платы.

Электронные компоненты монтируют по разным технологиям. Способ закрепления (пайки) выбирают в зависимости от технологии и требований готового изделия. После рассмотрения основных понятий рассмотрим каждый вид создания паяльного соединения по отдельности.

**Пайка волной.** Пайка волной относится к объемным вариантам пайки. При пайке волной проводные электронные или соединительные элементы сначала устанавливаются на печатную плату вручную или посредством автоматического монтажа, а затем паяются. Этот метод пайки используется для объединения печатных плат и электронных компонентов с помощью жидкой волны припоя. Жидкость на самом деле представляет собой растворенное олово, а волна образуется при перемешивании двигателя. Для этого обычно используется установка для пайки волной припоя. Технология широко применяется в производственных масштабах [2].

Перед выполнением пайки волной плата проходит ряд подготовительных операций:

- 1) нанесение флюса (обычно на этом этапе используются жидкие флюсы, наносимые распылением или вспениванием);
  - 2) предварительный прогрев (инфракрасный или конвекционный нагрев).
- Процесс проводят в следующем порядке.

1. Установка электронных компонентов. Эту технологию обычно применяют при DIP-монтаже, который представляет собой пайку радиоэлектронных компонентов в отверстия печатной платы. Компоненты устанавливаются на одной стороне печатной платы, их ножки через предварительно просверленные сквозные отверстия выходят на другую сторону платы. На стороне с ножками находятся токопроводящие дорожки.

2. Нанесение флюса на контактные площадки. Специальные составы обеспечивают надежную фиксацию припоя на металлических контактах (рис. 2). Флюс играет жизненно важную роль в процессах пайки.

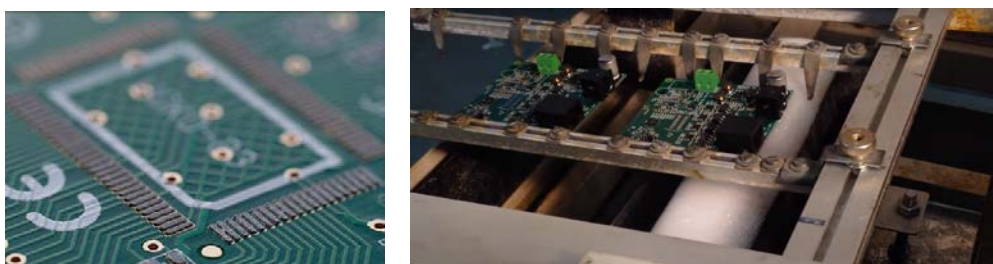


Рис. 2. Результат нанесения флюса на контактные площадки

3. Прогрев пластины и устанавливаемых деталей. Технологический процесс пайки плат предусматривает нагрев до высокой температуры. Модуль предварительного нагрева реализуется на базе нескольких кварцевых излучателей, работающих в ИК-диапазоне. Опционально оборудование может оснащаться ИК-излучателями с верхней и нижней стороны. Число одновременно включенных излучателей, мощность и длительность излучения регулируются программой [3].

4. Перемещение контактных площадок над расплавленным припоем. Установка создает волну из нагретого до температуры плавления жидкого припоя. Изделие перемещают над этой волной так, чтобы его нижняя часть, включающая в себя контактные площадки и ножки радиокомпонентов, омывалась припоем.

5. После данного процесса пайки весь модуль медленно охлаждают, чтобы достичь сокращения термической нагрузки на печатную плату.

При пайке исключительно элементов для сквозного монтажа (Through Hole Technology — ТНТ), которые благодаря их конструкции должны выдерживать более высокие механические нагрузки, пайка волной все еще является стандартным методом. Этот метод редко используют для фиксации SMD компонентов. Контактные площадки таких деталей находятся на внешней поверхности. По этой причине компоненты подвергаются высокому нагреву [4].

*Преимущества* пайки волной заключаются в следующем:

1) это непрерывный процесс, поддающийся автоматизации, позволяющий достичь высокой производительности;

2) происходит быстрый нагрев всей печатной платы. Технологический процесс подходит для печатных плат с металлизированными отверстиями;

3) нет ограничений, накладываемых на длину печатной платы.

К недостаткам можно отнести следующее:

1) расплавленный припой в ваннах лужения и пайки соприкасается с воздухом и окисляется. Образуется так называемый шлам, или дросс. Частицы шлама подаются в ванну, перемешиваются с припоем и снова затягиваются насосом в волну припоя, а из нее — в паяные соединения и на поверхность платы;

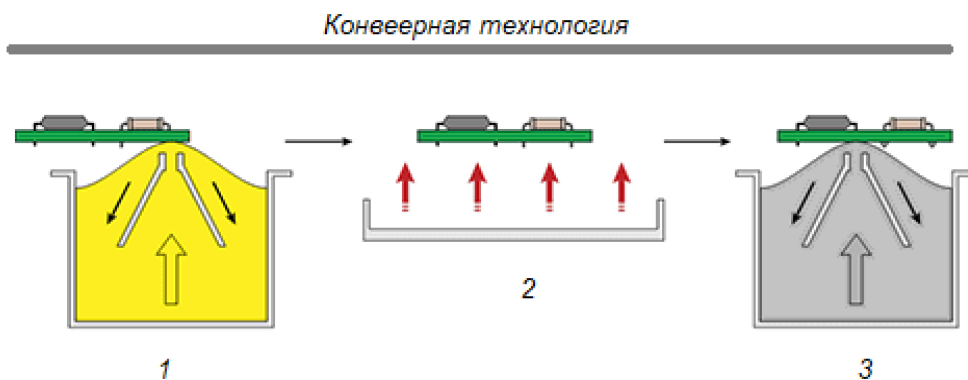
2) пенный флюсователь флюсует всю нижнюю поверхность печатного узла;

3) большой расход припоя;

4) для плат, у которых SMD-компоненты расположены на обеих сторонах узла, приходится разрабатывать защитные паяльные маски под каждый тип изделия;

5) топология печатной платы должна быть адаптирована под направление движения платы через волну;

6) высокая стоимость технического обслуживания из-за регулярной очистки установки.



**Рис. 3.** Полный цикл создания неразъемного соединения пайкой волной:

1 — нанесение флюса на контактные площадки; 2 — предварительный нагрев до температуры 80...140°C; 3 — перемещение контактных площадок над расплавленным припоем

Таким образом, пайка волной — это хорошо отработанная технология для изготовления серийной продукции, обладающая более высокой производительностью и в целом невысокой стоимостью. Современное оборудование позволяет устранить проблему нанесения флюса на всю поверхность платы. Благодаря применению оснастки в виде паяльной маски также можно избежать необходимости в индивидуальном маскировании непаяемых областей, а современные материалы позволяют легко изготавливать паяльные маски для различных типов изделий.

**Пайка оплавлением.** Пайкой оплавлением называют метод пайки, при котором плата с заранее установленными на ней компонентами, расположенными на контактных площадках с нанесенным припоем (паяльная паста или преформ), проходит сквозь печь. Припой расплавляется и формирует надежное паяльное соединение. Существуют печи периодического нагрева и конвейерные печи. В печах периодического нагрева оператор установки вводит необходимую заранее вычисленную температуру и время процесса для данной партии изделий. Контроллер печи изменяет степень нагрева спиралей в зависимости от времени. Также можно выставить параметры атмосферы. Они автоматически контролируются самой установкой или оператором. Данный тех. процесс также можно проводить без участия оператора, когда все необходимые настройки проводит автоматика. Таким образом данный технологический процесс может быть автоматизирован и включен в крупносерийное производство.

Пайка оплавлением предполагает собой бесконтактный нагрев. По методу нагрева припоя на печатной плате пайку оплавлением подразделяют следующим образом:

- 1) конвекционная (нагрев осуществляется циркуляцией нагретого воздуха или азота);
- 2) инфракрасная;
- 3) в паровой фазе (нагрев паяльной пасты для всех комплектующих осуществляется паром).

**Конвекционная пайка.** Пайка данного вида реализуется за счет нагрева горячим воздухом всей платы с установленными заранее радиоэлектронными компонентами. Горячий воздух принудительно подается на изделие с нанесенным нерасплавленным припоем. Медь в такой среде имеет свойство окисляться. Данный вид технологического процесса может быть внедрен в производство и производиться конвейерным методом, когда на вход камеры печатные платы подает специальный установочный автомат. При этом изделия проходят сквозь зоны печи с разными температурными режимами, что позволяет добиться нужных свойств паяльного соединения.

При использовании этой технологии пайки печатных плат работы проводят в следующем порядке.

1. Размещают электронные компоненты и наносят на контактные площадки паяльную пасту. Паяльную маску обычно наносят с использованием заранее подготовленного трафарета. По структуре он схож с сухим пленочным фоторезистом с открытыми местами под дорожки и полигоны — паяльную пасту наносят только на те места, которые требуют пайки. Трафарет совмещают с печатной платой, затирают густой паяльной пастой, излишки паяльной пасты убирают специальным шпателем [4].

2. Помещают изделие в печь и устанавливают требуемую температуру. На данном этапе плата должна подвергнуться термическому замачиванию — ее

удерживают при необходимой температуре в течение заданного времени. Это делают для обеспечения гарантии того, чтобы какие-либо участки, которые ранее не достигли требуемой температуры, были нагреты до нее на этом этапе для удаления летучих веществ и растворителей паяльной пасты и активации флюса [5].

3. Охлаждают изделие так, чтобы это не оказывало нагрузки на компоненты. Можно избежать теплового удара компонентов и чрезмерного образования интерметаллидов, используя подходящую скорость охлаждения. В основном для охлаждения плат применяют температурный диапазон 30...100 °С.

**Инфракрасная пайка.** Процесс инфракрасной (ИК) пайки схож с процессом конвекционной пайки с точностью до типа нагрева. В ИК-пайке нагрев осуществляется с помощью ламповых или панельных установок нагрева печатных плат. Пайка элементов на печатные платы с помощью ИК-излучения позволяет добиться высоких характеристик готового изделия и избежать перегрева. Нагрев радиоэлектронных компонентов и припоя на контактных площадках происходит с помощью направленного пучка инфракрасных лучей. Это позволяет размещать большое количество элементов в непосредственной близости друг от друга. Такой метод пайки необходим для плат, чувствительных к высоким температурам.

**Пайка в паровой фазе.** При пайке электронных компонентов таким методом нагрев всех комплектующих паяльной пасты осуществляется паром. Он образуется при кипячении инертной жидкости. Такой вид пайки печатных плат используется в производственных масштабах. Метод дает возможность монтировать SMD-компоненты, избегая их перегрева. Отличительной особенностью метода является возможность контролировать температуру корпуса электронного компонента. Благодаря отсутствию кислорода и инертным свойствам пара исключается вероятность возникновения окислений [6].

Для всех видов пайки оплавлением можно выделить несколько характерных температурных режимов (рис. 4).

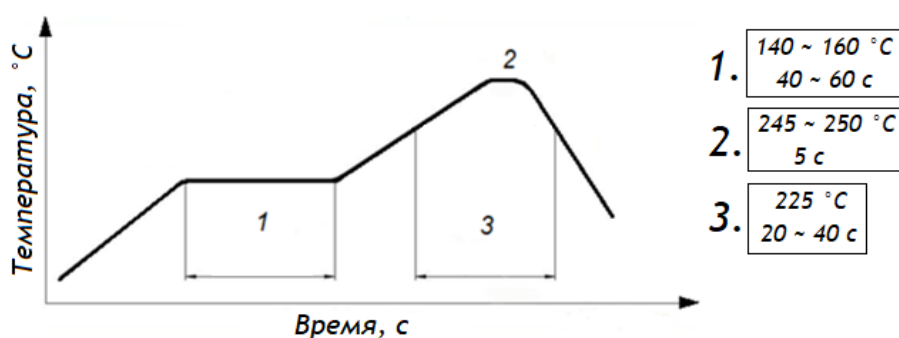


Рис. 4. Температурные режимы для пайки оплавлением:

1 — предварительный нагрев контактных площадок; 2 — пиковая температура; 3 — пайка

Выделим преимущества и недостатки всех видов пайки оплавлением. К ее преимуществам относятся:

- 1) улучшенная смачиваемость паяных соединений и компонентов поверхностного монтажа;
- 2) улучшенная паяемость большого количества электронных компонентов;
- 3) повышенная совместная целостность для важных электронных припоя;
- 4) уменьшенное обесцвечивание платы;
- 5) удаление обугленных остатков флюса на нагревательных элементах и платах;
- 6) уменьшение образования белой дымки от окисления канифольного или оловянного флюса;
- 7) оптимизированная производительность паст с низким содержанием остатков и не требующих очистки;
- 8) повышенная гибкость процесса для адаптации к широкому спектру рабочих условий;
- 9) идеальные характеристики для монтажа SMT-компонентов, в отличие от пайки волной.

К недостаткам пайки оплавлением относятся:

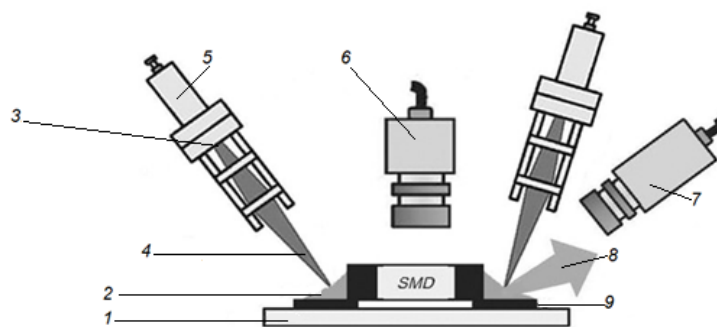
- 1) сложный процесс настройки оборудования;
- 2) необходимость разработки температурного режима;
- 3) высокая стоимость оборудования;
- 4) наличие широкого круга дефектов (брызги, пропуски, истощение припоя);
- 5) временные затраты.

В итоге можно сказать, что пайка оплавлением широко используется для изготовления сборок печатных плат. Обеспечивает последовательную пайку большого количества необходимых компонентов и размеров контактных площадок. Более того, очень легко контролировать сам процесс. Сегодня пайка оплавлением может обеспечить очень качественную пайку, соответствующую требованиям передовых электронных продуктов [7].

**Селективная пайка. Пайка лазерным излучением.** Данный вид пайки относится к селективной пайке, поскольку нагреву подвергается лишь небольшой участок печатной платы. Для получения лазерного излучения обычно применяют мощные оптические квантовые генераторы, подразделяемые на газовые, жидкостные и твердотельные [8]. При лазерной пайке с помощью коротких мощных лазерных импульсов осуществляется селективный нагрев очень малых участков печатной платы, в которых находится припой. Время пайки выводов средних размеров составляет примерно 30 мс при средней мощности луча лазера 20 Вт. Оптимальная мощность луча лазера зависит от массы паяного соединения. Например, для пайки выводов компонентов к контактными площадкам



требуется лазер мощностью не менее 10 Вт, в то время как для пайки компонентов к шинам питания и заземления, имеющим большой теплоотвод, могут потребоваться лазеры мощностью более 50 Вт [9].



**Рис. 5.** Схема последовательной программной пайки лазерным излучением:

1 — носитель (печатная плата); 2 — припойная паста; 3 — формирование луча; 4 — лазерный луч; 5 — диодный лазер; 6 — CCD-камера (Charge-Coupled Device); 7 — пирометр; 8 — тепловое излучение; 9 — контактные площадки

К преимуществам селективной пайки относятся:

- 1) кратковременность теплового воздействия (20...30 мс), что снижает степень окисления припоя и толщину слоя интерметаллидов;
- 2) тот факт, что в течение короткого времени пайки корпус компонента и печатная плата практически не нагреваются, что позволяет вести монтаж термочувствительных элементов;
- 3) локальность приложения тепловых нагрузок, что снижает возникающие при пайке температурные механические напряжения;
- 4) возможность формирования соединений с высокой плотностью и малым шагом выводов без образования перемычек и шариков припоя;
- 5) автоматизация всего технологического цикла с одновременным проведением лазерного контроля паяных соединений благодаря применению программно-управляемого оборудования.

Недостатки этого вида пайки являются:

- 1) высокая стоимость процесса;
- 2) потребность в высокой квалификации обслуживающего персонала;
- 3) особые требования к помещениям, где будет размещено оборудование для лазерной пайки. Рассматриваются все показатели — от запыленности до показателей вибрации и влажности;
- 4) сильная зависимость эффективности процесса от отражающей способности самой заготовки. Если отражающая способность низкая, то большая часть энергии идет на расплавление припоя, а если высокая, то большая часть энергии отражается и эффективность снижается;

5) основной недостаток селективной пайки — низкая производительность процесса, поскольку паяльные соединения формируются последовательно [10].

Таким образом, благодаря характеристикам лазерного излучения удается достичь высокого качества работ. Эта технология представляет собой более качественную и эффективную альтернативу ручной пайке. В ряде случаев она также может служить прекрасной альтернативой и автоматизированной пайке волной припоя, как технология, более гибкая и менее требовательная к конструкции платы технология.

Чтобы понимать различия методов пайки, сведем их характеристики в общую таблицу. На основе этих данных производитель может организовать свой производственный цикл, в зависимости от требуемых условий, производительности, экономичности и т. д.

**Сравнение параметров различных методов пайки**

№ п/п	Метод пайки	Вид нагрева	Температура пайки $T$ , °С	Время пайки $t$ , с	Рекомендации по применению
1	<i>В жидком теплоносителе</i>				
1.1	Пайка волной	Общий	220–265	1,2–2,5	Подходит для групповой пайки компонентов, монтируемых в отверстия и для смешанного типа
2	<i>Пайка оплавлением</i>				
2.1	Конвекционная пайка	Общий	250–300	20–40	Применяется при скоростной групповой пайке SMD компонентов на крупносерийном производстве
2.2	Инфракрасным излучением	Общий	215	40–90	Подходит для очень чувствительных малых приборов электроники на мелкосерийном производстве
2.3	Пайка в паровой фазе	Локальный	300–400	2–5	Пайка струей горячего пара позволяет работать со всеми типами SMD компонентов и материалов изготовления печатных плат

№ п/п	Метод пайки	Вид нагрева	Температура пайки $T$ , °C	Время пайки $t$ , с	Рекомендации по применению
3	<i>Автоматическая пайка паяльниками</i>				
3.1	Групповым паяльником	Локальный	320–340	0,8–1,0	Позволяет повысить производительность на крупносерийных производствах
3.4	Параллельными электродами	Локальный	220–250	0,3–0,5	Применяется редко, только при наличии специального оборудования
4	<i>Пайка инфракрасным излучением</i>				
4.1	В инфракрасной конвейерной печи	Общий	205–210	15–20	Используется инфракрасная паяльная станция на платах сложной конструкции для равномерного прогрева определенного участка
4.2	Сфокусированным инфракрасным излучением	Локальный	220–250	0,3–0,8	Подходит для печатных плат и компонентов, чувствительных к высоким температурам
5	<i>Пайка лазерным излучением</i>				
5.1	Лазерная непрерывная	Локальный	220–250	0,3–0,5	Площадь контактов не превышает 1 мм <sup>2</sup> . Это позволяет получать прочные, тонкие швы без контакта инструмента с поверхностью, что исключает ее перегрев и деформации
5.2	Лазерная импульсная	Локальный	250–300	0,02–0,08	

**Выводы.** В работе проведен сравнительный анализ различных методов пайки, указаны преимущества и недостатки, а также факторы, которые стоит принять во внимание, для создания надежного соединения. Весь спектр возможностей различных технологий пайки, их сравнение с конкурирующими технологиями, а также рассмотренные в статье примеры организации техпроцесса пайки позволяют сделать вывод, что данные технологии хоть и имеют ряд своих недостатков, могут быть применены в различных областях. На основании про-

веденного анализа, можно сделать вывод о том, что методы селективной пайки больше подходят для специальных плат особого назначения, в которых важно сохранять температурный режим (не допускать нагрев отдельных участков изделия). Комбинированные способы пайки, напротив, могут быть применены для широкого диапазона печатных плат. Все методы поддаются автоматизации и могут быть поставлены на конвейерную ленту. Такие виды пайки как пайка волной и пайка оплавлением больше характерны для крупносерийного производства, а лазерная пайка чаще используется в производствах более мелкого масштаба. Для электронных модулей с плотным поверхностным монтажом перспективно использование лазерных управляемых технологических систем со встроенной системой контроля качества соединений. Все рассмотренные методы уже используются на реальных производствах.

### Литература

- [1] Аллас А.А. Лазерная пайка в производстве радиоэлектронной аппаратуры. СПб., СПбГУ ИТМО, 2007.
- [2] Ли У. Сравнение пайки волной и пайки оплавлением. *mokotechnology.com: веб-сайт*. URL: <https://www.mokotechnology.com/ru/comparison-between-wave-soldering-and-reflow-soldering/> (дата обращения: 26.09.2022).
- [3] Сравнительный анализ пайки волной и селективной пайки. Часть 1. *global-smt.ru: веб-сайт*. URL: [https://global-smt.ru/articles/second\\_life\\_wave\\_soldering\\_1/](https://global-smt.ru/articles/second_life_wave_soldering_1/) (дата обращения: 26.09.2022).
- [4] Гриднев В.Н., Гриднева Г.Н. Проектирование коммутационных структур электронных средств. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
- [5] Миронова Ж.А., Шахнов В.А., Гриднев В.Н. Высокоплотная компоновка проводящего рисунка многослойных коммутационных плат. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2014, № 6, с. 61–70.
- [6] Технология пайки печатных плат. *oessp.ru: веб-сайт*. URL: <https://oessp.ru/articles/tekhnologiya-payki-pechatnykh-plat/> (дата обращения: 26.09.2022).
- [7] Журавлева Л.В., Кирилин В.Д., Репников П.О. и др. Анализ интеграции технологии «фабрик будущего» и «индустрия 4.0». *Информационные технологии в проектировании и производстве*, 2020, № 3, с. 45–51.
- [8] Семенцов С.Г., Гриднев В.Н., Сергеева Н.А. Тепловизионные методы оценки влияния температурных режимов на надежность электронной аппаратуры. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2016, № 1, с. 3–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/0236-3933-2016-1-3-14>
- [9] Ланин В.Л. Лазерная управляемая пайка для монтажа электронных модулей. *Технологии в электронной промышленности*, 2010, № 2, с. 22–27.
- [10] Ланин В.Л., Достанко А.П., Телеш Е.В. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники. Минск, БГУ, 2007.

**Сорокин Сергей Сергеевич** — студент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Максимова Алиса Максимовна** — студентка кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Челноков Евгений Дмитриевич** — студент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Жалнин Владимир Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

Сорокин С.С., Максимова А.М., Челноков Е.Д. Сравнительный анализ современных методов пайки печатных плат. *Политехнический молодежный журнал*, 2022, № 11(76).  
<http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2022-11-839>

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN METHODS OF SOLDERING PRINTED CIRCUIT BOARDS

S.S. Sorokin  
A.M. Maximova  
E.D. Chelnokov

sorokin.sns@yandex.ru  
maximova-alisa@mail.ru  
jenek-elets@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

---

### Abstract

Currently, the main way to create an integral connection of the terminals of mounted components with the contact pads of printed circuit boards is soldering. The research of the technology of various soldering processes and solder joints was carried out in order to study the mechanism of formation of a solder joint and the conditions for obtaining a high-quality connection, ensuring the characteristics of the soldering process and controlling the parameters of operations. This article also briefly discusses modern methods of mounting elements on a board without soldering, as an alternative for products that should not be subjected to high-temperature heating during production, for example, due to the thermal sensitivity of individual elements or dense layout.

### Keywords

Analysis, parameters, electronics, microelectronics, soldering, printed circuit boards, soldering connection, production of electronic equipment

Received 09.11.2022

© Bauman Moscow State Technical University, 2022

---

### References

- [1] Allas A.A. Lazernaya payka v proizvodstve radioelektronnoy apparatury [Laser soldering in production of radioelectronic equipment]. Sankt-Petersburg, SPbGU ITMO Publ., 2007 (in Russ.).
- [2] Li U. Sravnenie payki volnoy i payki oplavleniem [Comparison of wave and reflow soldering]. *mokotechnology.com: website* (in Russ.). URL: <https://www.mokotechnology.com/ru/comparison-between-wave-soldering-and-reflow-soldering/> (accessed: 26.09.2022).
- [3] Sravnitelnyy analiz payki volnoy i selektivnoy payki. Chast 1 [Comparative analysis of wave and selective soldering. Part 1]. *global-smt.ru: website* (in Russ.). URL: [https://global-smt.ru/articles/second\\_life\\_wave\\_soldering\\_1/](https://global-smt.ru/articles/second_life_wave_soldering_1/) (accessed: 26.09.2022).
- [4] Gridnev V.N., Gridneva G.N. Proektirovanie kommutatsionnykh struktur elektronnykh sredstv [Design of commutation structures for electronic devices]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2014 (in Russ.).
- [5] Mironova Zh.A., Shakhnov V.A., Gridnev V.N. High-density layout of conductive pattern for multilayer wiring board. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Pribo-rostr.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng.], 2014, no. 6, pp. 61–70 (in Russ.).
- [6] Tekhnologiya payki pechatnykh plat [PCB soldering technology]. *oessp.ru: website* (in Russ.). URL: <https://oessp.ru/articles/tekhnologiya-payki-pechatnykh-plat/> (accessed: 26.09.2022).

- [7] Zhuravleva L.V., Kirilin V.D., Repnikov P.O. et al. Analysis of integration of “factories of the future” technology and “industry 4.0”. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve* [Information Technologies of CAD/CAM/CAE], 2020, no. 3, pp. 45–51 (in Russ.).
- [8] Sementsov S.G., Gridnev V.N., Sergeeva N.A. Infrared thermography methods of assessing temperature effect on reliability of electronic equipment. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Priborostr.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng.], 2016, no. 1, pp. 3–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/0236-3933-2016-1-3-14> (in Russ.).
- [9] Lanin V.L. Controlled laser soldering for assembling electronic modules. *Tekhnologii v elektronnoy promyshlennosti*, 2010, no. 2, pp. 22–27 (in Russ.).
- [10] Lanin V.L., Dostanko A.P., Telesh E.V. Formirovanie tokoprovodyashchikh kontaknykh soedineniy v izdeliyakh elektroniki [Formation of current-carrying contact connections in electronics products]. Minsk, BGU Publ., 2007 (in Russ.).

**Sorokin S.S.** — Student, Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Maksimova A.M.** — Student, Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Chelnokov E.D.** — student Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Scientific adviser** — Zhalnin V.P., Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Electronic Equipment Design and Technology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Please cite this article in English as:**

Sorokin S.S., Maksimova A.M., Chelnokov E.D. *Comparative analysis of modern methods of soldering printed circuit boards. Politekhnikheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2022, no. 11(76). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2022-11-839.html> (in Russ.).