

Пайка электроники

Практическая памятка

Пайка электроники FPV-дрона: практическая памятка

Источник: school/техника_пайки.pptx, 58 слайдов. Основная процедура и фотографии взяты из учебного материала. Исправления и уточнения, проверенные отдельно, помечены в конце.

Результат, к которому стремимся

Хорошее соединение:

- припой смочил и площадку, и провод, а не лежит отдельным шариком;
- оголённые жилы полностью залужены и находятся внутри припоя;
- изоляция подходит близко к соединению, но не оплавлена;
- нет перемычек, брызг припоя, острых «игл» и оголённых отдельных жил;
- после остывания провод не двигается относительно площадки;
- провод разгружен от вибрации: пайка не должна служить единственным механическим креплением.

Блеск — не универсальный критерий. Свинцовый припой обычно блестит, но исправное соединение из бессвинцового припоя может быть матовым. Важнее смачивание, форма и отсутствие трещин/перемычек.

Что подготовить

- паяльник или станцию со стабилизацией температуры; предпочтительно картриджное жало T12/JBC;
- жало шириной примерно с контакт: BC/C4 или «лопатка» для силовых площадок, BC2/D для сигнальных; «игла» — только для очень мелких работ;
- припой: 0,3–0,5 мм для мелких SMD, 0,5–1,0 мм для проводов и обычных площадок;
- флюс для электроники (RMA/ROL0/no-clean по паспорту); **кислотный флюс на платах не применять**;
- латунную стружку или слегка влажную целлюлозную губку для жала;
- пинцет/держатель, бокорезы, стриппер, медную оплётку;
- подходящий очиститель. Изопропиловый спирт подходит не ко всем остаткам no-clean: сначала проверить паспорт флюса;
- мультиметр и, для первого включения силовой части, ограничитель тока/smoke stopper.

Безопасность перед началом

1. Полностью отключить аккумулятор и другие источники питания. Разрядить крупные конденсаторы.
2. Сверить распиновку, полярность питания и электролитических конденсаторов **до** нагрева.
3. Закрепить плату и провод. Убрать из зоны жала аккумуляторы, пропеллеры и горючие материалы.

4. Включить местную вытяжку; поток должен уводить дым от лица. Не есть и не пить на рабочем месте.
5. При работе со свинцовым припоем после пайки вымыть руки; рабочую поверхность очищать влажным способом.

Температура: стартовые значения

Температура на дисплее — температура жала, а не соединения. Начинать нужно с минимальной температуры, при которой контакт уверенно прогревается за несколько секунд.

Работа	Свинцовый Sn60Pb40/Sn63Pb37	На что смотреть
Сигнальные площадки, UART, RX/TX	300–330 °C	Малое жало, минимум времени
Провода моторов, площадки ESC	330–360 °C	Жало шире, чем для сигналов
ХТ60, силовые провода и большие полигоны	360–400 °C	Только мощный паяльник и широкое жало

Для бессвинцового припоя обычно нужна более высокая температура; ориентироваться на паспорт конкретного сплава и флюса. Не ставить 450 °C «на всякий случай»: флюс быстрее выгорает, жало окисляется, а площадка может отслоиться.

Правило остановки: если припой не потёк примерно за 2–3 с, убрать жало и дать узлу остыть. Затем проверить чистоту, добавить флюс, взять более массивное жало или поднять температуру на 10–20 °C. Не давить жалом и не продолжать греть площадку вслепую.

Пошаговая процедура

Иллюстрация исходника: Вся процедура пайки: флюс, лужение площадки, лужение провода и соединение. (Изображение не включено в текстовую базу.)

1. Подготовить жало

1. Разогреть паяльник.
2. Очистить жало в латунной стружке либо о слегка влажную, не мокрую губку.
3. Нанести тонкий свежий слой припоя: рабочая поверхность должна равномерно смачиваться.
4. Если припой скатывается, применить восстановитель жала, снова очистить и сразу залудить.

Не точить современное жало ножом, напильником или наждачной бумагой: повреждается защитное железное покрытие.

2. Залудить контактную площадку

1. Проверить, что площадка чистая и не отслоилась.
2. Нанести небольшое количество флюса.
3. Коснуться площадки широкой рабочей гранью жала.
4. Подать припой к прогретой площадке рядом с жалом. Небольшая капля припоя на жале допустима как тепловой мост, но основную дозу должен плавить сам прогретый контакт.
5. Как только припой растёкся, убрать сначала припой, затем жало. Не двигать плату до застывания.

Результат — равномерно смоченная площадка без оголённой меди, перемычек и чрезмерного шара припоя.

В учебном материале силовую площадку рекомендуется лудить с двух сторон. Делать это только если площадка действительно двусторонняя/сквозная и обратная сторона

доступна: нельзя создавать каплю, которая упрётся в раму или соседний узел.

3. Подготовить и залудить провод

1. Отрезать провод по месту с небольшим запасом на укладку и разгрузку от вибрации.
2. Снять изоляцию примерно на 2/3 длины площадки. Оголённый участок не должен выходить далеко за припой.
3. Аккуратно скрутить жилы; ни одна жила не должна торчать отдельно.
4. Нанести флюс.
5. Прогреть провод снизу/сбоку и подать припой в жилы. Повернуть провод при необходимости.
6. Остановиться, когда припой пропитал весь оголённый участок, но провод остаётся гибким сразу за изоляцией.

4. Припаять провод к площадке

1. Убедиться, что и провод, и площадка предварительно залужены.
2. Нанести немного свежего флюса на площадку.
3. Уложить провод в окончательное положение и зафиксировать его.
4. Приложить жало так, чтобы оно одновременно передавало тепло площадке и проводу.
5. Когда оба слоя припоя расплавились в одну ванну, слегка опустить провод в припой. Не расплющивать жилы жалом.
6. Убрать жало, продолжая удерживать провод неподвижно до полного застывания.
7. Дать узлу остыть. Не проверять прочность, пока припой жидкий.

5. Очистить и проверить

1. Удалить остатки флюса средством, совместимым с его типом. Не заливать разъёмы, барометр, микрофон и другие чувствительные узлы.
2. Полностью высушить плату до подачи питания.
3. Осмотреть соединение с увеличением и ярким боковым светом.
4. Проверить мультиметром:
 - отсутствие КЗ между VBAT/+ и GND;
 - отсутствие перемычек между соседними площадками;
 - соответствие проводов распиновке;
 - полярность конденсатора.
5. Аккуратно проверить провод на смещение, не отрывая его рывком.
6. Первое включение выполнить через ограничитель тока/smoke stopper; пропеллеры должны быть сняты.

Быстрая диагностика дефектов

Иллюстрация исходника: Хорошее соединение и пять типовых дефектов пайки. (Изображение не включено в текстовую базу.)

Признак	Причина	Что делать
Припой лежит слоями или шариком, не смачивает металл	Грязь, окислы, мало флюса, узкое жало или недостаточный прогрев	Остудить, очистить, добавить флюс, взять более широкое жало и перепаять

Признак	Причина	Что делать
Поверхность шероховатая, провод сдвинулся при остывании	«Холодная» пайка или движение соединения	Зафиксировать провод, добавить флюс и полностью переплавить соединение
Видны отдельные жилы	Провод плохо залужен	Отпаять, укоротить при необходимости, скрутить и залудить заново
Оголённый провод выходит за пределы припоя	Снято слишком много изоляции	Отпаять, укоротить оголённую часть и повторить
Острые «иглы» припоя	Флюс выгорел, припой тянется за жалом	Добавить флюс и коротко переплавить; проверить чистоту жала
Большой шар припоя	Передозировка; соединение может скрывать плохое смачивание или замкнуть соседний узел	Удалить избыток оплёткой, затем перепаять
Перемычка или брызги на SMD	Избыток припоя/грязное жало	Обесточить, снять избыток чистым жалом или оплёткой, отмыть и проверить мультиметром
Площадка приподнялась	Перегрев или механическое усилие	Прекратить нагрев; не тянуть провод. Оценить сохранность дорожки и точки ремонта

Как убрать лишний припой

Медная оплётка

1. Нанести флюс на оплётку и соединение.
2. Положить свежий участок оплётки на припой, сверху прижать жалом.
3. Как только припой впитался, поднять **жало и оплётку одновременно**.
4. Отрезать использованный участок. Не отрывать остывшую оплётку от площадки.

Ориентир по ширине: 1,5 мм — мелкие площадки; 2–2,5 мм — универсально; 3 мм — силовые контакты.

Оловоотсос

Подходит прежде всего для сквозных отверстий. Полностью расплавить припой, поднести термостойкий носик вплотную и сработать отсосом. После каждого подхода дать плате остыть.

Уход за жалом после работы

1. Очистить жало.
2. Полностью покрыть рабочую часть свежим припоем.
3. Установить паяльник в держатель и выключить.

Оставленный слой припоя защищает рабочую поверхность от окисления при хранении.

Важные уточнения к презентации

Проверено отдельно по материалам производителей и правилам охраны труда:

- НАККО рекомендует при отсутствии заданного режима начинать примерно с 330–350 °С, удерживать температуру как можно ниже и оставлять жало покрытым припоем в паузах: [НАККО — уход за жалом](#).
- Матовая поверхность не доказывает дефект: для бессвинцовых сплавов она типична. Оценивать нужно форму и смачивание: [Kester FAQ](#).

- Маркировка no-clean не означает, что любой остаток легко смывается изопропиловым спиртом. Например, Kester прямо указывает для одного из своих флюсов необходимость специализированного очистителя: [Kester 245, техническое описание](#). Всегда смотреть паспорт конкретного флюса.
- Утверждение презентации, что «слишком много припоя ухудшает электропроводность», некорректно. Реальные риски — скрытое несмачивание, перемычки, недостаточный зазор и механические напряжения.
- Для плат не следует применять паяльную кислоту и случайные активные флюсы. Сплавы Розе/Вуда относятся к специальному демонтажу и не нужны для обычной сборки FPV.
- Дым флюса раздражает дыхательные пути, а свинец требует строгой гигиены рабочего места. NIOSH рекомендует местную вытяжку, влажную уборку и мытьё рук: [CDC/NIOSH — работа со свинцом](#), [NIOSH — канифольный флюс](#).

Контрольный список перед первым включением

- [] Аккумулятор отключён, пропеллеры сняты.
- [] +, GND, сигналы и полярность конденсатора сверены со схемой.
- [] Все жилы залужены; оголённых «усов» нет.
- [] Соединения смочены, не двигаются и не касаются рамы/соседних деталей.
- [] Нет шариков припоя и перемычек между площадками.
- [] Флюс удалён подходящим средством, плата полностью сухая.
- [] Между VBAT/+ и GND нет короткого замыкания.
- [] Первое питание подаётся через ограничитель тока/smoke stopper.