

# Стандарт IEC (МЭК) 61192-1

## «Требования к качеству монтажа электронных сборок (модулей)»

**В данной статье вниманию специалистов предлагается типовой (общий) стандарт IEC (МЭК) 61192-1 «Требования к качеству монтажа электронных сборок (модулей)». Отношение опытных разработчиков к типовым стандартам напоминает отношение водителей с многолетним стажем вождения к правилам дорожного движения, которое можно охарактеризовать как пренебрежительное.**

Людмила Круглова

Стандарты имеют привычку меняться, чего нельзя сказать об отечественной системе стандартов, которая безнадежно устарела и не соответствует своим современным международным аналогам, но это уже стало притчей во языцех. Сейчас в мире имеется несколько авторитетных организаций — разработчиков международных стандартов. Это такие структуры, как ISO (Международная организация по стандартизации, разрабатывающая и выпускающая общие стандарты), IEC (Международная электрическая комиссия (МЭК), разрабатывающая и выпускающая электротехнические стандарты), ANSI (Американский национальный институт стандартов, являющийся американским представителем в производстве международных стандартов МЭК), IPC (Ассоциация IPC, бывший Институт трассировки и компоновки электронных схем, выпускающая широкий диапазон стандартов и других полезных публикаций, относящихся к изготовлению электронных схем), IEEE (Американский институт инженеров по электронике и радиоэлектронике, устанавливает только несколько стандартов, относящихся к изготовлению электронных схем), ISA (Американское общество приборостроения, это общество помимо того, что выпускает свои собственные стандарты, координирует государственные стандарты США, канадские стандарты и стандарты Великобритании по измерительной аппаратуре, часть которых имеет отношение к изготовлению электронных сборок (модулей)), и некоторые другие. В настоящее время в отечественной электронной индустрии относительно большое распространение получили стандарты IPC. Для специалистов электронной промышленности эти стандарты нет необходимости представлять. Они на слуху, как говорится, в моде. Ведь мода существует на все, более того, ее распространяют, а часто насаждают, помимо нашего желания. В широкой распространенности стандартов IPC лежат закономерные причины. Они наиболее доступны как в информационном, так и в финансовом отношении. Они, и это, пожалуй, главное, отражают современный уровень развития технологии, материаловедения и приборостроения. Но, как говорили древние греки: «Наши недостатки — это продолже-

ние наших достоинств». Поэтому они далеко не всегда отработаны, часто пересматриваются, носят иногда конъюнктурный характер. В России ими руководствуются, в основном, предприятия с мелкосерийным и среднесерийным производством. Для этого есть несколько причин, одна из которых заключается в том, что в большинстве своем эти предприятия занимаются не только производством, а, что вернее, не столько производством, сколько дилерскими услугами — популяризируют, рекламируют и продают продукцию зарубежных компаний, которые часто ориентированы на стандарты IPC. А другая причина достойна уважения — они стремятся соответствовать современным международным стандартам. Но ни мелкосерийное производство, ни даже среднесерийное погоды в отечественной промышленности еще не делают. А вот на крупных государственных предприятиях эти стандарты, как, впрочем, и все остальные «неотечественные», не замечают. Это не голословное утверждение. Автор проработал на одном из таких предприятий без малого тридцать лет. Предприятие выпускает продукцию как оборонного, так и общего назначения, имеет отлаженную систему информационного обеспечения и, не побоюсь сказать, наиболее полный комплект переведенных на русский язык стандартов IPC, доступных для рассмотрения каждому сотруднику. И тем не менее, за длительное время не было ни одного запроса стандарта IPC. Так они и лежат невостребованными в отделе стандартизации. А вот отечественные стандарты востребованы — их требуется выполнять, хотя они не соответствуют современным требованиям.

Жизненно необходимы национальные современные стандарты, и стандарты IEC могут стать основой для разработки новых отечественных стандартов: они не так быстро меняются, как стандарты IPC, что для нашей электронной индустрии скорее является плюсом, чем минусом. Большинство специалистов, которые уже давно работают со стандартами IPC, могут заметить, что стандарты IEC идут в фарватере стандартов IPC. Возможно, это так, но опять-таки является плюсом — курс этот более выверенный. Тем более что в создании данных стандартов часто

принимают участие одни и те же специалисты. Более того, одна из задач МЭК — способствовать адаптации региональных стандартов к международным. Но чтобы сделать правильный выбор, нужно познакомиться со стандартами ИЕС, которые в нашей стране фактически неизвестны. Итак, рассмотрим стандарт ИЕС 61192-1, в котором заданы общие требования к качеству изготовления электронных модулей с различным типом монтажа компонентов. Из-за своего большого объема стандарт дается в журнальном, сокращенном варианте. В полном виде его можно приобрести в издательстве "IDT Publishes".

Цель данного стандарта заключается в том, чтобы:

- задавать требования, выполнение которых приводит к обеспечению хорошего качества, правильного режима работы при подготовке, пайке, контроле и испытании электронных и электрических схем;
- достигать наиболее полного выхода высококачественных готовых изделий путем управления технологическим производственным процессом;
- давать право поставщикам и потребителям электронных сборок задавать оптимальный режим работ как одно из требований контракта.

### Общие требования

#### Классификация

В стандарте дается классификация изделий, позволяющая потребителю выбирать требования к рабочим характеристикам в соответствии с конечным применением.

Потребитель электронных модулей является ответственным за определение уровня, к которому принадлежит изделие. Контракт должен задавать требуемый уровень и указывать любые исключения или дополнительные требования к параметру там, где это необходимо, исходя из следующих уровней.

- Уровень А — неспециализированные электронные изделия; включает товары народного потребления, компьютерные средства, компьютерные периферийные устройства и аппаратное обеспечение, пригодные для применения в областях, где главным требованием является функционирование готового изделия.
- Уровень В — специализированные электронные служебные изделия; включает аппаратуру средств связи, сложные счетные машины и измерительные приборы, для которых требуется высокое качество и длительный срок службы и для которых желательна, но не обязательна бесперебойная эксплуатация (обычно практические условия эксплуатации, как правило, не приводят к отказам).
- Уровень С — высококачественные электронные изделия; включает все оборудование, где непрерывная работа или работа по запросу являются обязательными. (Нельзя допускать простоя оборудования, реальные условия эксплуатации могут быть исключительно жесткими, и оборудование долж-

но функционировать по запросу, как, например, системы жизнеобеспечения или другие крайне необходимые системы.)

Состояние изделия для каждого уровня подразделяется на следующие три состояния качества изготовления.

- а) Целевое состояние — представляет эталон режима работы и качества изготовления, которое должно быть целью для всех нормальных операций производственного процесса (категория «прошел»).
- б) Приемлемое состояние — представляет состояние с минимальным качеством изготовления, которое возможно для поставки потребителю или, где это необходимо, в следующий центр обработки без корректировки и доработки; если частота отклонений в рамках этого стандарта возрастает для значительной части производства (как установлено предварительно определенными пределами управления технологическим процессом), их следует считать основанием для беспокойства и необходимости корректирующих действий (категория «прошел»).
- в) Несоответствующее состояние — представляет случай, который требует корректировки с применением надлежащей доработки (или отправки в отходы), и должно быть официально отмечено как дефект с точки зрения качества и управления технологическим процессом; считается вероятным, что оно представляет технологический процесс неприемлемым или изделие впоследствии ненадежным (категория «не прошел»).

Первое появление несоответствия подразумевает, что все другие состояния, предшествующие несоответствию, являются приемлемыми. Например, если состояние несоответствия устанавливается как «10% или больше поверхности не смачивается», это подразумевает, что если 9% поверхности не смачивается, то это приемлемо по дефекту в применимом уровне.

Несоответствие в уровне А автоматически подразумевает несоответствие в уровне В и уровне С. Несоответствие в уровне В подразумевает несоответствие в уровне С.

Решения по приемке и/или отклонению качества изделия должны основываться на применяемой документации: контракте, соответствующей спецификации и нормативно-справочной документации. В некоторых случаях для минимизации риска появления отклонений или дефектов в последующих технологических процессах могут вводиться допуски.

#### Управление технологическим процессом Дефекты и индикаторы отклонений технологического процесса

В стандартах серии МЭК 61191 (61191-1, 61191-2, 61191-3 и 61191-4) с общим названием «Сборки печатных плат» (или «Электронные модули»), которые будут представлены в последующих публикациях, приведены типичные неприемлемые дефекты, требующие устранения, например доработки или ремонта. Изготовитель обязан обозначить все другие имеющиеся зоны риска и указать решения

возможных дополнительных проблем. Такие проблемные зоны следует указывать на сборочном чертеже. В отличие от неприемлемых дефектов, перечисленных в вышеуказанных стандартах, аномалии и разбросы внутри «приемлемых» пределов рассматриваются как индикаторы отклонений технологического процесса (ИОТП) и должны контролироваться с момента их появления. Решения по отклонениям технологического процесса, обнаруженным с помощью ИОТП, не требуются.

#### Требования к управлению технологическим процессом и усовершенствованию технологического процесса

Стандарт МЭК 61191-1 требует применять методики управления технологическим процессом при выполнении и оценке технологических процессов, используемых для создания электрических и электронных сборок (модулей). По соглашению с потребителем изготовителя/сборщика можно освобождать от выполнения точных оценок и проверок на соответствие качества, подробно изложенных в данном стандарте, при условии, что имеются объективные данные о наличии действующего и всестороннего плана усовершенствования технологического процесса.

Должны быть продемонстрированы средства управления качеством проекта, материалов и компонентов и средства управления машинными операциями.

Планы усовершенствования технологических процессов не требуют обязательного применения статистических методов управления технологическим процессом при условии, что имеются данные, демонстрирующие альтернативный сбор информации, обратную связь и процедуры и корректирующие действия.

#### Область применения требований

При оформлении всех субконтрактов и заказов на поставку обязательно должны учитываться требования данного стандарта. Не допускаются никакие отклонения от этих требований, кроме тех, которые утверждены потребителем.

Можно не устанавливать требования данного стандарта на покупку стандартных (каталожных) изделий. Однако изготовители этих изделий могут выполнять данные требования соответствующим образом.

#### Квалификация персонала

Квалификация персонала является одним из самых больных вопросов во многих отраслях отечественного производства, и электронная промышленность, увы, не является желанным исключением.

Стандарт предьявляет следующие требования к персоналу.

- а) Все руководители, операторы и персонал ОТК должны быть опытными специалистами в той области работ, которая входит в их профессиональные обязанности.
- б) Квалификация персонала должна подтверждаться документом, доступным для проверки, который включает информацию об обучении персонала своим профессиональным обязанностям; записи о проверке знаний требований, входящих в данный стандарт, и результаты периодических проверок квалификации.

### Электростатический разряд (ЭСР)

Программа управления электростатическим разрядом должна соответствовать стандартам МЭК 61340-5-1 и МЭК 61340-5-2. Документированные процедуры управления электростатическим разрядом, направленные на защиту электрических и электронных деталей, компонентов, модулей и оборудования, чувствительных к ЭСР, должны проводиться во время: приема и проверки входящих изделий; комплектования и хранения плат, компонентов и деталей; изготовления и доработки; проверок и испытаний; хранения, упаковки и перевозки готовых изделий; транспортировки и установки.

Процедуры анализа отказов из-за ЭСР должны документироваться и быть доступны для проведения экспертизы.

### Производственное помещение

#### Чистота рабочего места

Чистота рабочего места и параметры окружающей среды должны поддерживаться на уровне, который предотвращает загрязнение или порчу паяльных инструментальных средств, материалов и паяемых поверхностей; на рабочих местах запрещается принимать пищу, лекарства, жидкости, а также курить.

#### Средства контроля внешних условий

Помещение для проведения пайки должно быть закрытым, в нем следует контролировать температуру и влажность и поддерживать положительное давление.

Для обеспечения удобства работы оператора и поддержания состояния паяемости следует поддерживать температуру в диапазоне от 18 до 30 °С, а относительную влажность не выше 70%. При необходимости для управления технологическим процессом, например, при осаждении паяльной пасты или клея, можно применять более узкие допуски температуры и влажности.

В условиях, где относительная влажность уменьшается до 30% и ниже, изготовитель должен удостоверяться, что управление электростатическим разрядом соответствует требованиям и что уровень влажности достаточен для эксплуатации флюса и нанесения паяльной пасты.

#### Освещение

Освещение на рабочих поверхностях ручной пайки и поверхностях, предназначенных для технического контроля, должно быть как минимум 1000 лм/м<sup>2</sup>.

#### Полевые условия

При работе в полевых условиях, где нельзя обеспечить внешние условия, требуемые данным стандартом, следует предпринять специальные меры предосторожности для получения максимального качества паяных соединений и для минимизации воздействий окружающей среды на операцию, проводимую на аппаратуре.

#### Чистота помещений

Для соблюдения требований данного стандарта в условиях производства могут потребоваться чистые помещения. При необходимости класс чистоты помещения должен согласовываться между потребителем и изготовителем/сборщиком.

### Техническое обслуживание оборудования

Производственное оборудование, используемое во всех процессах сборки, пайки и испытания, должно проходить техническое обслуживание, обеспечивающее поддержание эксплуатационных характеристик на уровне, установленном его изготовителями. Графики и процедуры технического обслуживания должны подтверждаться документами.

### Контроль на соответствие технологическому процессу Конструктивные форматы и последовательности технологических процессов

Примеры пяти основных конструктивных форматов с присущими им типовыми последовательностями технологических процессов, применяемых в рамках этого стандарта, показаны на рис. 1–5.



Рис. 1. Односторонняя сборка поверхностного монтажа (ПМ) для компонентов поверхностного монтажа (КПМ), только пайка оплавлением



Рис. 2. Односторонняя сборка ПМ, только пайка погружением

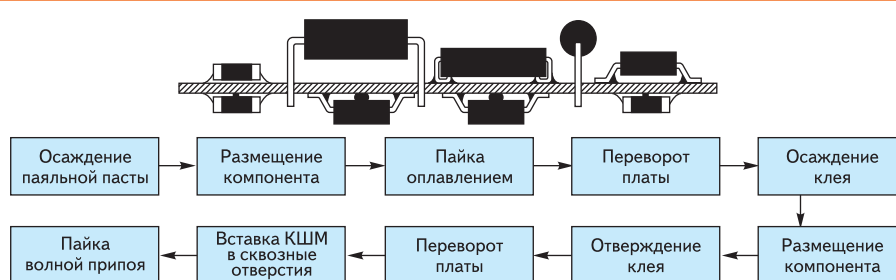


Рис. 3. Двусторонняя сборка с комбинированной технологией монтажа: пайка оплавлением и пайка погружением или волной припоя

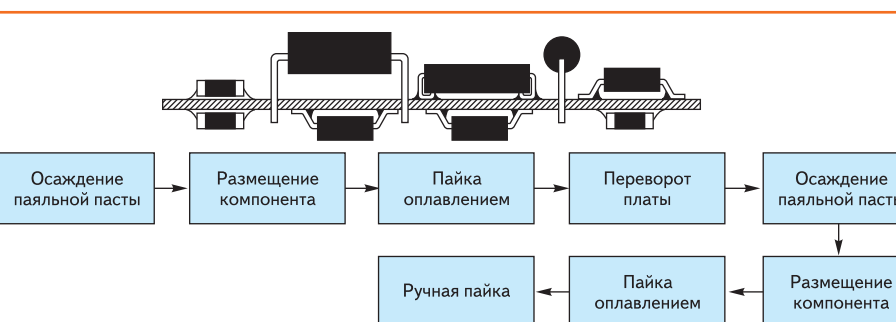


Рис. 4. Двусторонняя сборка с комбинированной технологией монтажа, пайка оплавлением и ручная пайка

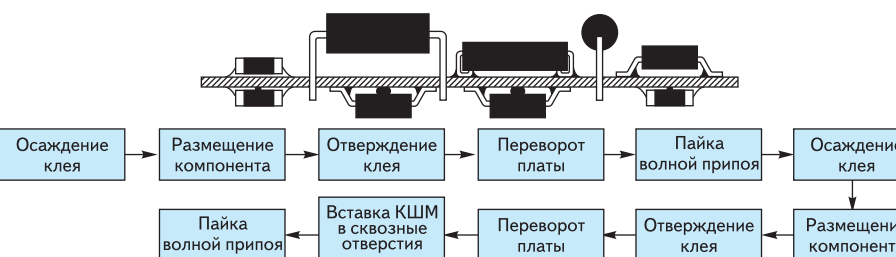


Рис. 5. Двусторонняя сборка с комбинированной технологией монтажа, только пайка погружением

### Маркирование/присвоение серийных номеров

Для обеспечения возможности оперативного контроля как минимум отдельные сборки (модули) должны маркироваться или штемпелеваться способом, соответствующим уровню изделия, который был задан и потребителем, и изготовителем. Для изделий с уровнем С все элементы, образующие часть сборки (модуля), должны отслеживаться по отдельным комплектующим, указанным в накладных.

### Контроль за правильностью комплектации изделия

Для сокращения риска появления ошибки в производстве выходные номера всех чертежей и любые другие данные об отдельном изделии (комплектующем), а также все модификации и извещения об изменениях как в изделиях, так и в программах управления установками-автоматами должны контролироваться одним должностным лицом предприятия-сборщика.

### Незавершенное состояние изделия

Все сборки, включая сборки на каждом этапе изготовления и сборки, возвращенные для доработки или возвращенные потребителем для ремонта, должны включать в себя средства, идентифицирующие их состояние, например: в ожидании визуального осмотра, состояние отказа в первом внутрисхемном контроле, в ожидании ремонта.

Для изделий с уровнем С эта идентификация должна включать запись о каждом отказе при прохождении последовательных проверок и испытаний (а также запись об успешном их прохождении).

### Безопасность персонала

Сборочное предприятие должно получить от поставщиков всю документацию с необходимой информацией об эксплуатации оборудования и обращении с материалами, компонентами и подложками и обеспечить этой информацией соответствующий персонал.

## Подготовка к технологическому процессу

### Проверки проекта

Проверка проекта применяется к каждому отдельному проекту платы и включает проверочные действия, необходимые для обеспечения удовлетворительных эксплуатационных характеристик автоматического оборудования и удовлетворительного качества ручного труда. Перечень проверок не запланирован на все сторонние проверки и не включает всех аспектов надежности.

### Проверки конструкции для всех типов сборки

- Проверка соответствия конструкции платы нормам ориентации и изоляционных зазоров в топологии компонентов для планируемых технологических процессов пайки и сборки.
- Проверка обеспечения требований к заданным позиционным контурам компонентов после пайки и к их паяным соединениям, заданным в соответствующих частных стандартах МЭК 61191.

- Проверка платы на соответствие заданному способу пайки и соответствующим требованиям.
- Проверка расположения контактных площадок и связанных с ними токопроводящих дорожек, обеспечивающих теплоизоляцию от подсоединенных тепловых масс.
- Проверка соответствия печатной платы и всех ее характеристик на соответствие планируемым технологическим процессам и технологическому оборудованию без ухудшения надежности сборки (в случае сомнения следует потребовать письменное подтверждение поставщика).
- Проверка сбалансированного распределения медных слоев и конструкции слоя заземления, при которых достигается наиболее возможная плоскостность платы после пайки.
- Проверка изоляционных зазоров около каждого компонента, позволяющих применять для доработки метод и инструменты, рекомендуемые изготовителем.
- Проверка возможности подключения всех внутрисхемных и других тест-зондов к плате без касания любого паяного соединения, вывода и корпуса компонентов, проверка выполнения требований соответствующего частного стандарта.
- Проверка количества узлов внутрисхемного испытательного оборудования, обеспечивающего проверку всех требуемых компонентов, желательно, при одном проходе через оборудование.
- Проверка безопасности применения проекта во внешних условиях, для которых он был разработан, с учетом ограничений, налагаемых уровнем современных знаний, а также с учетом юридических требований к безопасности и соответствующих национальных и международных технических нормативов.

Для оценки безопасности полезно проводить анализ опасности и риска, который для некоторых применений является обязательным. При необходимости следует сделать потребителю соответствующие предостережения.

### Проверки конструкции для сборок поверхностного монтажа

- Проверки конструкции, изложенные выше.
- Проверка топологии на соответствие планируемым паяльной пасте и оборудованию для осаждения клея с приемлемыми скоростью и качеством.
- Для групповой пайки — проверка конфигурации контактных площадок для небольших компонентов с 2-, 3- и 4-выводными контактами, которые должны уравнивать тепловые массы и воздействия поверхностного натяжения, предотвращая нежелательное перемещение компонентов во время пайки.
- Проверка топологии, которая должна допускать достаточный изоляционный промежуток для размещения компонентов поверхностного монтажа, визуального осмотра корпусов компонентов и паяных соединений до и после пайки и для проведения электрических проверок сборок с помощью зондов во время внутрисхемного и/или функционального тестов.

- Проверка соответствующего расположения паяных соединений компонентов поверхностного монтажа с достаточным расстоянием от линий разделения, когда отдельные схемы пошагово разделяются и повторяют матричную панель.
  - Проверка соответствующего расположения контактных площадок, предназначенных для испытательных зондов (например, на расстоянии не менее 2,5 мм друг от друга).
  - Проверка проектируемых испытательных цепей и поддерживающих испытательных колодок на отсутствие вредного воздействия на структуру и функционирование сборки.
  - Для безвыводных многослойных керамических конденсаторов — проверка длины контактных площадок, достаточной для обеспечения требований стандарта МЭК 61191-2 (см. МЭК 61188-5-2).
  - Проверка соответствия реперных знаков, например, по размерам, формам, отделке поверхности и контрастности изображения, требованиям используемого оборудования, если планируется оптическое совмещение на печатном оборудовании или на оборудовании автоматического размещения компонентов.
- ### Проверки конструкции для сборок комбинированной технологии с применением автоматов-установщиков для КШМ и КПМ
- Проверки конструкции, изложенные выше.
  - Проверка достаточного зазора вокруг компонентов поверхностного монтажа, предотвращающего их повреждение во время последующих операций установки компонентов в сквозные отверстия и обрезания и подгиба выводов.

### Спецификация и закупка компонентов

В целях обеспечения гарантии, что все поставляемые компоненты «подходят по назначению», и чтобы свести возможную доработку к минимуму, следует выполнять следующие требования к качеству изготовления.

### Условия применения и обработки покупных изделий

До размещения контрактов и закупок по контрактам должностное лицо, ответственное за снабжение, обязано проинформировать сборочное предприятие об области применения изделия и соответствующих спецификациях на климатические и механические испытания. Сборочному предприятию следует передать эту информацию поставщикам, а также проинформировать их о планируемой технологии сборки и соответствующих температурно-временных циклах и методах очистки, которым будут подвергаться компоненты, включая доработку паяных соединений и любую последующую операцию, необходимую для заполнения обеих сторон платы.

### Тип корпуса компонента

Сборочному предприятию следует задавать в контрактах на поставку покупных компонентов требования к корпусам, для которых была разработана компоновка платы, а также упаковочный формат, удобный для сборочного оборудования, например автомата-установщика КШМ или КПМ.



### Транспортная упаковка компонентов

Для обеспечения наилучшего сохранения паяемости следует задавать требования на транспортную упаковку паяемых компонентов, обеспечивающую относительную влажность и защиту компонентов от атмосферных загрязнений во время транспортировки и во время любого временного хранения.

### Дата изготовления и толщина паяемого покрытия

Где необходимо, сборщику следует указывать дату изготовления компонентов и гарантируемую минимальную толщину паяемого покрытия и метод его нанесения. Эта информация поможет при определении их пригодности для получения высокого выхода годных изделий после пайки (см. полную версию данного стандарта).

### Спецификация и закупка печатных плат

В целях обеспечения гарантии, что поставляемые подложки/печатные платы «подходят по назначению» и позволяют свести доработку, в случае ее необходимости, до минимума, следует выполнять следующие требования к качеству изготовления (см. полную версию данного стандарта).

### Задание характеристик печатных плат

Помимо геометрических размеров и точностных характеристик для размеров плат, токопроводящих дорожек, контактных площадок и отверстий, как минимум, в спецификации следует указывать требуемые материалы основания плат; толщину проводников при поставке (особенно для проводников с малым шагом); тип и диапазон толщин припойного покрытия; формы, размеры, положения и обработку поверхности; формы, типы и толщину маркировки, применяемые для оптического распознавания; тип, толщину и точность совмещения резиста; применяемую защитную отделку поверхности; требования к геометрии разбивки (например, толщину и положения монтажных лепестков, пазов, разметочных линий) и требуемой плоскостности свободной (несмонтированной) подложки. Для задания необходимых параметров см. МЭК 61188-1-1.

### Уведомление сборщиков и поставщиков

Перед закупкой конечному потребителю следует проинформировать изготовителя о применении или классификационном уровне изделия и соответствующих этому применению технических требованиях к климатическим и механическим испытаниям. Сборочному предприятию следует передать эту информацию поставщикам, а также проинформировать их о планируемой технологии сборки и соответствующих температурно-временных циклах и методах очистки, которым будут подвергаться подложка или плата, включая доработку паяных соединений и любую последующую операцию, требуемую для заполнения обеих сторон платы.

### Соответствие требованиям, обеспечивающим высокий выход годных сборок

В целях обеспечения гарантии, что подложки/платы поступают в состоянии, пригодном для высокого выхода годных сборок после операций размещения и пайки, изготовителю необходимо обеспечить следующие условия.

- а) Спецификации к отделке и паяемости поверхностей контактных площадок, применяемых поставщиками к их изделиям, должны подходить для применяемого(ых) метода(ов) размещения и пайки.
- б) Метод нанесения паяемого покрытия, плоскостность и диапазон толщин припойного покрытия (если отделочное покрытие представляет собой припой), а для оптического измерения — оптические характеристики поверхности являются важными параметрами.
- в) Не следует превышать пригодный срок хранения антиоксидантных покрытий и покрытий предварительного флюсования.
- г) Материалы транспортной упаковки и максимальное количество пачек следует согласовывать с поставщиком и задавать как часть контракта. Не следует допускать контакта гигроскопичных материалов или материалов со значительным содержанием свободного натрия, хлора, серы (например, термоусадочной пленки, клейкой пленки) с паяемыми поверхностями.

### Спецификация и закупка технологических материалов

#### Паяльные пасты и клеи

В целях обеспечения гарантии, что эти материалы поступают в состоянии, пригодном для получения высокого выхода годных изделий во время операций пайки оплавлением, в спецификацию следует внести требование, чтобы для каждого отдельного контейнера поставщик указывал дату изготовления пасты или клея и страну-изготовителя. От поставщика следует требовать обеспечения кода для интерпретации этих данных.

Для минимизации воздействия воздуха на паяльную пасту, предназначенную для печати, и тем самым сокращения риска образования шариков припоя следует закупку проводить с учетом размера контейнера с пастой, которая используется в течение 36 часов с момента открытия контейнера, имеющего герметизируемую крышку многократного применения.

Желательно, чтобы дозирующие насадки впрыскивающего типа (дозаторы-шприцы), хотя и герметично упакованные в непроницаемый материал для транспортировки и хранения, были прозрачными, чтобы была возможность видеть любые признаки разделения между носителем пасты и частицами припоя.

#### Слитки припоя

#### для пайки погружением в припой

Обратиться к ИСО 9453.

#### Очищающие средства

Обычно очищающие средства задаются по справочным данным их изготовителя. Контейнеры следует задавать в размерах, которые до-

пускают безопасное с ними обращение персоналом или используемым на местах подъемным и транспортным оборудованием (например, тележками). Контейнеры, содержащие огнеопасные, токсичные или иные вредные материалы, должны маркироваться соответствующими штатными метками опасности.

Отходы очищающих средств должны помещаться в безопасные контейнеры, которые четко отличаются от контейнеров, содержащих неиспользованный материал, и маркироваться, как указано выше. Их окончательное размещение следует проектировать во время совершения покупки.

При использовании огнеопасных, токсичных и вредных для окружающей среды материалов должны соблюдаться местные законодательные требования по безопасности и сохранению окружающей среды.

### Трафареты и трафаретные сетки

Трафареты и трафаретные сетки весьма чувствительны к механическим повреждениям, и в закупочной спецификации следует указывать тщательный способ упаковки и материалы, используемые для этой цели. Не следует применять в качестве упаковочных материалов, соприкасающихся с трафаретом или трафаретной сеткой, материалы, теряющие свои частицы, которые могут забивать маленькие отверстия. Следует также задавать параметры, измеряемые во время входного контроля материалов и изделий, и методы входного контроля этих параметров.

### Флюсы

Следует задавать качества флюсов с учетом соответствующих требований, например, изложенных в МЭК 61190-1-1 или спецификации потребителя.

### Временные паяльные маски

Временные паяльные маски должны задаваться по их пригодности к прилипанию к материалам платы, а также по характеристикам целостности, адгезии и эластичности клея по всему планируемому температурно-временному профилю пайки. Любое загрязнение, оставшееся после их удаления, должно быть безопасным и не должно ухудшать паяемости поверхностей, которым требуется последующая пайка, или не должно ухудшать технологические процессы очистки (если они используются).

### План контроля, контрольно-измерительное оборудование и обращение

#### План контроля

Выборка и уровни достоверности должны совпадать с данными поставщика о качестве, с требованиями технологических процессов сборки и классификационным уровнем изделия. План контроля, документально оформленный в соответствии с ИСО 9002, должен представляться на экспертизу.

### Контрольно-измерительное оборудование для входящих изделий

Изготовитель или сборочное предприятие должны обеспечить надлежащее производственное оборудование для входного контроля материалов и изделий, которое минимизиру-

ет риск механического повреждения, химического или иного загрязнения и электростатического разряда контролируемых изделий, необходимых для применения в последующем производстве.

Контрольно-измерительное оборудование для входящих изделий должно иметь:

- достаточное освещение для визуального осмотра, то есть выше 1000 лм/м<sup>2</sup> на настольном уровне;
- соответствующее визуальное увеличение;
- устройства для электрических испытаний плат и компонентов, которые выполняют методологические требования к входному контролю изделий и материалов:
  - механические измерительные устройства и технологическую оснастку достаточной точности для обеспечения гарантии, что размеры и форма входящих изделий удовлетворяют заданным требованиям;
  - доступ к оборудованию, предназначенному для тестирования плат и компонентов на паяемость, способному оценивать пригодность изделия для получения высокого выхода годных изделий после пайки и минимальной доработки в производстве.

#### **Хранение и комплектование компонентов, плат и материалов**

##### **Хранение (см. полную версию данного стандарта)**

Все компоненты, платы и технологические материалы должны храниться в условиях, рекомендованных изготовителем, и не дольше рекомендованного срока годности при хранении (МЭК 61760-2).

Для сохранения копланарности и паяемости выводов компоненты следует хранить на лентах-бобиных, тубусах, лотках или кассетах; компоненты следует оставлять в их герметичной транспортной упаковке и содержать в негигроскопичных ящиках.

Ленты-бобины, тубусы, лотки и кассеты не следует рассматривать в качестве упаковки, обеспечивающей удовлетворительную атмосферу хранения компонентов, если они подвергаются воздействию уровней влажности и температуры, выходящих за пределы условий хранения, рекомендованных изготовителем.

Картонные коробки являются гигроскопичными, и по этой причине их не рекомендуется применять для хранения паяемых изделий, если они не содержатся в условиях с контролируемой температурой и влажностью.

Во многих случаях припойные пасты и/или клеи, с учетом срока годности при хранении, можно хранить в холодильнике, но прежде следует проконсультироваться с изготовителем.

Печатные трафаретные сетки и трафареты следует содержать тщательно чистыми, а для минимального сокращения риска повреждения их следует хранить вертикально (установив на ребро).

Чистящие материалы должны храниться в соответствии с рекомендациями изготовителя, и должно соблюдаться законодательство об охране труда.

#### **Комплектование**

Очередность замены (пополнения) и выдачи заготовок компонентов, паст и печатных плат на складах следует, по возможности, проводить по принципу: поступает с более ранним кодовым набором даты изготовления — выходит с более ранним кодовым набором даты изготовления, а не первым поступил на склад — первым вышел.

При комплектовании компонентов и плат для серийной партии изделий сборщик должен предпринять соответствующие действия по сохранению чистоты всех предназначенных для пайки поверхностей и предпринять меры предосторожности против повреждений от электростатического разряда.

Во время изготовления изделий уровня С не полностью использованные ленты и бобины, тубусы и кассеты в конце производства или на выходе серийной партии следует возвращать на склады и хранить их в условиях, соответствующих хранению аналогичных поступающих комплектующих изделий.

#### **Обращение во время сборки, упаковки и отгрузки**

Изготовитель или сборщик (сборочное предприятие) должен обеспечить на всех стадиях надлежащие функциональные возможности обращения, которые сводят к минимуму риск механического повреждения, химического или иного загрязнения и электростатического повреждения для всех чувствительных элементов.

Необходимо соблюдать следующие меры предосторожности.

- Если при обращении со сборками персонал использует ручные кремы или лосьоны, их состав должен быть специально предназначен для применения на сборочных участках, следует избегать применения силиконосодержащих косметических средств.
- Сборки, ждущие межтехнологического перемещения или транспортной упаковки, следует устанавливать на подставки, сделанные из проводящего материала, которые хорошо их отделяют друг от друга, предохраняя от контакта и риска повреждения.
- Устройства, материалы и методы, используемые для удержания деталей и компонентов на печатной плате на этапах предварительного нагрева, флюсования, пайки и охлаждения, должны быть пригодными для сохранения позиционирования компонентов и должны допускать прохождение припоя через металлизированные сквозные отверстия и/или на участки контактных площадок. Они не должны загрязнять, повреждать и ухудшать никакой элемент.
- Весь персонал, обращающийся со сборками в производстве и на участках упаковки и отгрузки, должен получить достаточную профессиональную подготовку, которая позволит ему удовлетворять требованиям соответствующей спецификации. Меры предосторожности должны строго соблюдаться на всех этапах.

#### **Электрические испытания**

##### **Входящие комплектующие изделия**

Если между поставщиком и изготовителем или сборщиком нет письменного соглашения,

то последнему следует выполнять электрические испытания на входящих сборках и компонентах, когда поставщик не может выполнять необходимые испытания, а их выполнение является важным для правильного функционирования оборудования.

Для многовыводных интегральных схем штыревого и поверхностного монтажа требуется проявлять особую осторожность во время испытаний, чтобы не допускать таких нарушений выводов, которые могут воздействовать на их совмещение с отверстиями или рисунком контактной площадки на плате. Для технологии поверхностного монтажа неотъемлемым требованием является защита компланарности и паяемости.

#### **Внутрисхемный контроль**

Целью производства является получение после пайки достаточно высокого выхода годных изделий, устраняющее необходимость в доработке перед проведением внутрисхемного контроля.

Применительно к сборкам поверхностного монтажа и комбинированной технологии монтажа на практике функциональные возможности оперативной диагностики, обеспечиваемой средствами внутрисхемного контроля, означают, что она наиболее часто является тестером дефекта пайки, а не проверкой компонента или межсоединения. Это утверждение лежит в основе факта, что для большинства сборок электронных схем функциональный контроль при комнатной температуре часто не способен определять значения параметров неисправных отдельных компонентов.

По этим причинам внутрисхемный контроль (или равноценный контроль) следует проводить на основе проверок всех компонентов на плате. В некоторых случаях может оказаться нецелесообразным полностью проверять сложные полупроводниковые компоненты, но всегда следует обнаруживать короткие замыкания, открытые цепи и наличие или отсутствие соединений.

#### **Функциональный контроль**

##### **(см. полную версию данного стандарта)**

Если внутрисхемный контроль не проводится, функциональный контроль при комнатной температуре может не выявить параметрические ошибки компонента. Этот риск возможно сократить, если проводить функциональный контроль при совместном воздействии предельных значений напряжения и температуры на схему (или иных наилучших режимов).

#### **Проверки**

##### **электрического/электронного испытательного оборудования**

Следует предусмотреть повседневную проверку испытательного оборудования. Все оборудование, используемое для оценки качества собранной сборки по спецификациям потребителя, должно подвергаться ежедневным проверкам, например, с применением «хорошей» (золотой) схемы или других методов. Для оборудования, измеряющего основные параметры, например, сопротивление, емкость или индуктивность, следует проводить проверку по государственному эталону.

*Продолжение следует*