

# Актуализация отечественных стандартов в области сборки и монтажа электронных модулей специального и ответственного применения

Сергей Алексеев (Санкт-Петербург)

**В статье подводятся итоги актуализации отечественных стандартов. Показано влияние стандартов МЭК и IPC в области сборки и монтажа унифицированных электронных модулей (УЭМ) на отечественное приборостроение. Говорится о разработке нового ГОСТ Р с использованием зарубежного и отечественного опыта в области сборки и монтажа электронных модулей.**

## ВРЕМЯ МОДЕРНИЗАЦИИ

За последнее десятилетие в отечественном приборостроении на производстве унифицированных электронных модулей для жёстких условий эксплуатации накопилось множество нерешённых проблем, связанных с тем, что действующая в России нормативно-технологическая база не обновлялась с 1990-х гг. и не была гармонизирована с современными международными стандартами. Стало очевидно, что актуализация крайне устаревших ГОСТ и ОСТ – необходимое условие конкурентоспособности продукции российского приборостроения на внутреннем и внешних рынках.

Электронная промышленность отличается от других отраслей очень высокими темпами развития: технологии сменяют друг друга каждые три-пять лет, порождая всё новые поколения устройств. Сегодня на примере рынка бытовой и коммерческой электроники отчётливо видно, что отечественное производство, к сожалению, отстаёт от мирового уровня на два-три технологических поколения. При этом российские стандарты отражают устаревшую материальную базу отрасли [1, 2].

В 2012 г. Правительство РФ одобрило разработанную Росстандартом Концепцию развития национальной системы стандартизации Российской Федерации на период до 2020 г. Эта концепция направлена на гармонизацию национальных стандартов с международными и призвана повысить роль стандартизации в отечественной промышленности. В документе описан механизм регулярного обновления националь-

ных стандартов на базе передовых нормативных документов, разрабатываемых Международной организацией по стандартизации (ISO) и Международной электротехнической комиссией (МЭК) [3].

Чтобы минимизировать технологические потери при производстве радиоэлектронной аппаратуры, необходимо соблюдение предприятиями рекомендаций стандартов МЭК к технологии сборки и монтажа печатных узлов и электронных модулей. Стандарты МЭК используются в качестве нормативной базы при заключении международных контрактов. Их применение для сертификации на национальном уровне гарантирует, что сертифицированное изделие произведено и испытано в соответствии с общепринятыми международными нормами [4, 5].

Структура технических органов МЭК, непосредственно разрабатывающих стандарты, аналогична структуре ISO: это технические комитеты (ТК), подкомитеты (ПК) и рабочие группы (РГ). В частности, подготовку международных стандартов по технологии сборки печатных узлов (включая требования к материалам для производства печатных плат и монтажа компонентов, а также форматы данных для описания изделий и процессов производства) осуществляет комитет МЭК ТК 91 «Технология сборки электронных модулей» (Electronics Assembly Technology). Россию в нём представляет технический комитет Росстандарта ТК 420 [4, 5]. Также в работе международного технического комитета ТК 91 активно участвует ОАО «Авангард».

## СТАНДАРТЫ-СОПЕРНИКИ

Реализация Концепции развития национальной системы стандартизации Российской Федерации требует, прежде всего, проведения анализа текущего состояния стандартизации в России и консолидации усилий ведущих специалистов по разработке новых редакций стандартов. Пока эти меры не приняты, предприятия пытаются самостоятельно решать накопившиеся проблемы, внедряя стандарты Международной ассоциации производителей электроники IPC. Но поскольку эти документы носят рекомендательный характер, их использование при производстве электроники ответственного назначения нелегитимно, а качество произведённых изделий может оказаться не намного выше уровня товаров народного потребления.

Деятельность Международной ассоциации производителей электроники IPC (Association Connecting Electronics Industries, изначальное название – Institute of Printed Circuits) направлена на усиление конкурентоспособности и финансового успеха входящих в неё порядка 2700 компаний. Ассоциация предоставляет предприятиям инструменты и программы для повышения технологического уровня производства и качества управления им, для разработки необходимых стандартов, взаимоотношений с государственными структурами и для защиты окружающей среды. Структура IPC аналогична структуре МЭК. Исторически сложилось так, что большая часть членов IPC – это компании-производители. Но в последнее время в ассоциацию всё чаще вступают предприятия, чья деятельность связана с разработкой и эксплуатацией электронной аппаратуры. Все эти компании заинтересованы в повышении качества электроники и стремятся оказывать всё большее влияние на развитие отрасли. Такой разносторонний состав членов IPC отражает известную

истину: качество электронного изделия закладывается на ранних стадиях его разработки и напрямую влияет как на успех компаний-изготовителей, так и на удовлетворённость потребителей [6, 7].

Не вызывает сомнения тот факт, что стандарты IPC получили широкое распространение и признаны во всём мире. Однако их значимость для международной общественности меньше, чем значимость стандартов МЭК, поскольку ассоциация IPC существует за счёт членских взносов компаний и средств, вырученных от продажи стандартов, видеокурсов и сертификации специалистов, тогда как МЭК финансируется странами-участницами. Поэтому ведущие мировые производственные компании переходят к внедрению стандартов МЭК, а Россия, как член МЭК, заинтересована в точном переводе этих стандартов на русский язык.

Почему же нормативные документы IPC более распространены и известны, чем стандарты МЭК? Одна из причин – в коммерческой активности ассоциации IPC. Росстандарт не распространяет на территории России документы МЭК. Не предоставлено право их продажи и коммерческим структурам. Тем временем идёт активное продвижение стандартов IPC с хорошей рекламной поддержкой.

ОАО «Авангард», активный участник технического комитета МЭК ТК 91, считает актуальной задачу перевода на русский язык стандартов МЭК и введения их в повсеместное использование предприятиями электронной промышленности России. Согласно международному соглашению стандарты МЭК получили право хождения на трёх языках: английском, французском и русском. Поэтому самый короткий путь создания в России современной системы стандартизации – переход на аутентичные русскоязычные редакции стандартов МЭК с последующей переработкой некоторых из них в национальные стандарты (путём добавления особых правил приёмки изделий, связанных с обеспечением безопасности государства).

**От общего – к частному**

Развитие приборостроения характеризуется постепенным снижением массогабаритных характеристик УЭМ с одновременным повышением

их эксплуатационной надёжности. Такая особенность связана с миниатюризацией электронной компонентной базы (ЭКБ). Переход от микросхем малой степени интеграции к большим и сверхбольшим интегральным схемам с количеством выводов до 1000 и более и шагом выводов до 0,1 мм предъявляет к технологии сборки и монтажа УЭМ жёсткие требования. Эти требования нашли отражение в стандартах МЭК и IPC, но до сих пор не были описаны в отечественной нормативно-технической документации (НТД).

Для актуализации российской НТД по универсальным электронным модулям необходим анализ требований международных стандартов, причём не только МЭК, но и IPC. Значительную работу в этом направлении проделали специалисты ОАО «Авангард».

В частности, была проанализирована доступность изложения информации в документах IPC и МЭК на примере сравнения стандартов IPC-A-610E и IPC J-STD-001E со стандартами МЭК 61191-1, 61191-2, 61191-3, 61191-4, 61192-1, 61192-2, 61192-3, 61192-4. Исследование показало заметное превосходство стандартов IPC по наглядности, иллюстративному наполнению и разумной простоте формулировок.

Также сравнительный анализ стандартов IPC и МЭК показал, что сформулированные в них требования во многом схожи, но широта и глубина охвата стандартов IPC выше, а отставание стандартов МЭК от IPC оценивается в три-пять лет.

Наглядно сравнить деятельности организаций МЭК и IPC по разработке стандартов в области новых технологий можно на примере стандартов по печатным платам со встроенными компонентами. Ассоциация IPC выпустила стандарты по проектированию и технологии изготовления

таких изделий в 2006–2009 гг. (IPC-2316, IPC-4811, IPC-4821, IPC-6017), а МЭК к настоящему моменту ещё не завершила разработку соответствующих стандартов.

Таким образом, сложившаяся в настоящий момент ситуация, при которой стандарты МЭК являются международными де-юре, а стандарты IPC – международными де-факто, может объясняться качественным превосходством последних.

Результаты анализа актуальности стандартов IPC, МЭК и ГОСТ представлены в таблице 1. Установлено, что стандарты IPC актуализируются чаще стандартов МЭК и полнее отражают современный уровень развития промышленных технологий. Требования отечественных стандартов существенно отстают от международных и не отражают уровень современных технологий монтажа и сборки УЭМ.

Проведённый сравнительный анализ действующей отечественной нормативной документации и зарубежных стандартов МЭК и IPC выявил существенное отставание отечественной НТД от мирового уровня в части требований к сборке и монтажу печатных узлов и электронных модулей, электронной компонентной базе и к специальному технологическому оборудованию. По мере совершенствования технологий сборки и монтажа печатных узлов и УЭМ за рубежом развивалось производство ЭКБ, оборудования и другие смежные области. В России же такой согласованной модернизации электронной промышленности не происходило. В результате многие отечественные предприятия до сих пор применяют при сборке УЭМ технологию ручного монтажа.

Кроме того, в российской радиоэлектронной отрасли существуют

**Таблица 1. Сравнительный анализ ГОСТов и стандартов МЭК и IPC**

Параметр	ГОСТ	МЭК	IPC
Отражение современного уровня развития промышленных технологий	Не отражает	Не в полной мере отражает современный уровень	Отражает современный уровень
Периодичность обновления стандартов	Не обновляются	Периодически (3-5 лет)	1 раз в 2 года
Официальный статус стандартов в России	Есть	Есть, в зависимости от участия России в комитете как полноправного члена	Нет официального статуса
Количество проанализированных стандартов	153	121	37

проблемы, относящиеся к технической политике. Доля импортной ЭКБ в РЭА для бытового и промышленного применения составляет около 100%, а в аппаратуре военного назначения доходит до 70%. Технологическое оборудование для сборки и монтажа печатных узлов и электронных модулей представлено исключительно установками иностранного производства, а доля зарубежных технологических материалов составляет около 90%. При этом вопросы импортозамещения, как и проблемы актуализации отечественной НТД, решаются медленно.

По итогам анализа стандартов МЭК и ГОСТ установлено, что промышленное производство печатных плат за рубежом продолжает быстро совершенствоваться, в то время как в России развиваются только пять-семь ведущих предприятий по производству печатных плат, причём за счёт приобретения импортного оборудования, которое может работать только с импортными материалами.

Как уже было отмечено, в действующих отечественных стандартах не учитываются современные технологии сборки печатных узлов и электронных модулей, такие как: поверхностный и внутренний монтаж компонентов с высокой степенью интеграции, сборка с использованием импортных комплектующих и другие. Также в настоящее время невозможно достоверно оценить надёжность паяных соединений поверхностного монтажа [8–10], так как в нормативную документацию заложены данные об устаревшем технологическом оснащении и материалах. В отсутствие актуальной нормативной документации инженеры-технологи пользуются «случайной» несистематизированной информацией, что зачастую приводит к снижению качества продукции.

**Таблица 2. Значения базовой интенсивности отказов различных видов соединений**

Вид соединения	$\lambda \times 10^6, 1/ч$
Ручная пайка ЭРИ без накрутки	0,13
Ручная пайка ЭРИ с накруткой	0,007
Пайка ЭРИ волной	0,0069
Сварка	0,0015
Обжимка (опрессовка)	0,012
Беспаяное соединение накруткой	0,00068
Скрутка	0,026

Результаты анализа причин отказов УЭМ показывают, что отказы, возникшие по причине производственных-технологических воздействий, составляют более 20% от общего числа. Эти отказы обусловлены отсутствием требований к технологическим процессам и несовершенством самих технологий, в частности, неотработанностью операций подготовки компонентов и сборки УЭМ.

Для обеспечения определённых гарантий качества сборки УЭМ необходимо в соответствующих НТД предусмотреть требования по сертификации ЭКБ, технологического оборудования для их производства и сборки УЭМ, а также аттестации соответствующих производств и персонала.

Сегодня, в связи с отсутствием актуальной нормативно-технической документации, производители приборов и РЭА вынуждены пользоваться исключительно рекомендациями поставщиков оборудования, причём оборудование не всегда покупается соразмерно насущным потребностям производства, что приводит к его простоям. Очевидно, что простой дорогостоящего оборудования увеличивает издержки и срок окупаемости, снижает эффективность капитальных вложений и конкурентоспособность производимой продукции.

**В АВАНГАРДЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ**

Опыт ОАО «Авангард» в области технологии производства РЭА, подкреплённый активным участием в работе технического комитета МЭК, позволил частично решить задачу создания НТД, соответствующей современным мировым достижениям, и создать тем самым необходимые условия для вывода отечественных технологий производства РЭА на международный уровень. С целью актуализации отечественной НТД, определяющей требования к технологии сборочно-монтажных работ, за последние три года специалисты ОАО «Авангард» модернизировали целый ряд нормативных документов:

- ОСТ 107.460092.024-93 «Пайка электромонтажных соединений радиоэлектронных средств. Общие требования к типовым технологическим операциям»;
- ОСТ 4Г 0.033.200 «Припой и флюсы для пайки, припойные пасты. Марки, состав, свойства и область применения»;
- ОСТ 4Г 0.029.233-84 «Аппаратура радиоэлектронная. Моющие сред-

ства. Состав, свойства и область применения»;

- ОСТ 107.460092.028-96 «Платы печатные. Технические требования к технологии изготовления».

Кроме того, была проведена разработка нового ГОСТ Р «Пайка электронных модулей радиоэлектронных средств. Автоматизированный смешанный и поверхностный монтаж с применением бессвинцовой и традиционной технологии. Технические требования к выполнению технологических операций». Стандарт вступил в действие с 01.09.2015 г. под номером ГОСТ Р 56427-2015. Со вступлением в действие ГОСТ Р 56427-2015 у предприятий радиоэлектронной отрасли появился современный нормативно-технический документ, в котором отражен мировой уровень технологии сборки и монтажа электронных модулей а также учтены особенности российской промышленности.

Говоря о методах прогнозирования параметров надёжности электронного модуля и РЭА в целом, нужно отметить одну особенность. Как отмечалось ранее, по отечественной НТД невозможно оценить надёжность (усталостную долговечность) паяных соединений поверхностного монтажа (см. табл. 2) [11]. В действующем справочнике «Надёжность электрорадиоизделий» (2006 г.) при расчёте паяного соединения учитывается только пайка ЭРИ волной, ручная пайка ЭРИ с накруткой и без неё.

Известно, что потенциальная надёжность аппаратуры закладывается в процессе проектирования, а реализуется при производстве – после отработки и полной оптимизации параметров технологии сборки и монтажа. Поэтому умение спрогнозировать работоспособность РЭА на заданный срок на этапе проектирования – актуальная проблема, относящаяся, в частности, и к паяным соединениям поверхностного монтажа.

Решением является проведение ускоренных испытаний на старение, эквивалентных заданному сроку эксплуатации, либо проведение математического моделирования с учётом указанных параметров. Проведение ускоренных испытаний на старение выполняют для проверки работоспособности блока в целом при заданном сроке эксплуатации. Однако после подобных испытаний использоваться по назначению изделие уже не может. Потому



для реального производства проводить испытания на старение, имитирующие срок службы всех изделий, невозможно. А значит требуется математическая модель, которая будет учитывать основные факторы формирования паяного соединения и позволит дать оценку надёжности такого соединения.

С целью актуализации отечественной НТД в 2016–2017 гг. специалисты ОАО «Авангард» предполагают осуществить следующие мероприятия:

- актуализировать справочник «Надёжность электрорадиоизделий» добавлением методик расчёта (прогнозирования) усталостной долговечности паяных соединений поверхностного монтажа;
- разработать методику расчёта усталостной долговечности паяных соединений поверхностного монтажа для аддитивного вклада в общий расчёт надёжности ЭМ РЭА.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Медведев А.М.* Болезни отечественной стандартизации в электронике. Техно-

логии в электронной промышленности. 2009. №3. С. 4–6.

2. *Поляков В.* Конференция IPC в России – теория и практика. Технологии в электронной промышленности. 2014. №7. С. 13–16.
3. Концепция национальной стандартизации. Распоряжение Правительства РФ от 24 сентября 2012 г. №1762-р.
4. *Духовный Л.М., Иванов М.Б., Мороз В.Г.* Стандартизация и сертификация. Учебное пособие. М. МГИУ. 2008. С. 116.
5. *Ефремов А.А.* Стандарт IPC-A-610D «Критерии приёмки электронных сборок». Информационный бюллетень «Поверхностный монтаж». 2008. №3. С. 22–25.
6. *Ковалевский Ю.* Стандарт IPC-7711/21B: восстановление, ремонт и модификация электронных сборок. Технологии в электронной промышленности. 2011. №8. С. 54–60.
7. Технологическая дорожная карта IPC по электронике и радиоэлектронике. Москва. Техносфера. 2014. С. 664.
8. *Иванов Н.Н., Ивин В.Д., Алексеев С.А.* Исследование надёжности бессвинцовых и комбинированных паяных соединений в условиях жёстких воздействующих

факторов. Часть 1. Цели, объекты, программа и методика сравнительных ускоренных испытаний. Анализ результатов испытаний. Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОТ. 2009. Вып. 4. С. 85–102.

9. *Иванов Н.Н., Ивин В.Д., Алексеев С.А.* Исследование надёжности бессвинцовых и комбинированных паяных соединений в условиях жёстких воздействующих факторов. Часть 2. Анализ результатов испытаний, оценка надёжности ПС по результатам сравнительных испытаний. Выводы и рекомендации. Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОТ. 2009. Вып. 4. С. 103–114.
10. *Шавловский И.В., Иванов Н.Н., Ивин В.Д., Алексеев С.А.* Оценка показателей надёжности паяных соединений при поверхностном монтаже. Сборник научных трудов аспирантов, соискателей и студентов магистрской подготовки ОАО «Авангард». Выпуск 3. ОАО «Авангард». СПб. 2011. С. 242–249.
11. Справочник «Надёжность электрорадиоизделий». РД В 319.01.20-98. «Надёжность ЭРИ ИП», разработанные 22 ЦНИИ МО при участии РНИИ «Электронстандарт» и АО «Стандарт-электро». (Версия АСРН 2006). ☺



## МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ДРАЙВЕРОВ



MP4001 без гальванической развязки, внешний силовой ключ  
MP4034 для драйверов с гальванической развязкой, встроенный силовой ключ 700 В

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ MPS



Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



Реклама