

Как проверить качество жгутовых сборок

В статье рассмотрены требования к тестированию жгутовых сборок, как в процессе изготовления, так и на этапе конечной приемки, а также проведен краткий обзор возможных методов контроля, которые используют для обеспечения контроля качества критических точек в жгутовых сборках.

Сергей Тихонов

cable@ostec-smf.ru

Все методы контроля можно разделить на две большие группы:

- Методы неразрушающего контроля. (После проведения испытаний изделие пригодно к дальнейшей эксплуатации.)
 - Методы разрушающего контроля. (После проведения испытаний изделие разрушается и, следовательно, не пригодно к дальнейшей эксплуатации.)
- Рассмотрим каждую из этих групп относительно тестирования жгутовых сборок.

К методам неразрушающего контроля относятся:

- внешний осмотр;
- проверка жгутовой сборки на наличие короткого замыкания;
- сопротивление изоляции;
- проверка жгута проводов на правильность сборки;
- высота обжима;
- мониторинг силы и динамики обжима;
- сила удержания контакта в ответной части.

К методам разрушающего контроля относятся:

- измерение падения напряжения (проводник – контакт, контакт – контакт);
- испытания изоляции на пробой (напряжение прочности диэлектрика);

- усилие отрыва контакта (усилие на отрыв);
- распределение жилы в контакте («холодный обжим», IDC);
- испытание на стойкость сборки к агрессивным средам (соли, кислоты);
- испытание на наработку.

Для правильного использования методов контроля введем классификацию изделий (стандарт IPC WHMA-A-620):

- Класс 1 — электронные изделия общего назначения. К нему относят продукцию, применяемую в тех областях, где главным требованием является функциональность выполненной электронной сборки.
- Класс 2 — электронные изделия специализированного сервиса. Класс 2 включает продукцию, применяемую в тех областях, где требуется непрерывная работа и расширенный срок службы изделия и для которых желательно, но не критично не прерывающее работу обслуживание.
- Класс 3 — электронные изделия высокой эффективности. Продукция этого класса используется в тех областях, где оборудование должно функционировать непрерывно, а условия функционирования могут быть чрезвычайно тяжелыми.

Рассмотрим каждый из методов контроля более подробно.

Внешний осмотр

Внешний осмотр (рис. 1) — осмотр и измерение объектов в естественных условиях с применением в необходимых случаях специальных методов для выявления в объектах отклонений, дефектов и повреждений. Данный способ контроля является наиболее простым и эффективным. Он позволяет выявить нарушения в геометрии жгута, профиле обжатия наконечника или любые другие несоответствия, которые можно увидеть без применения специальных приборов.

Проверка жгутовой сборки на наличие короткого замыкания

Тестирование на наличие короткого замыкания является низковольтным испытанием, применяемым для обнаружения непредусмотренных соединений.

Когда предельное значение задано и включено в таблице 1 в колонку «Другое заданное значение»,



Рис. 1. Проведение внешнего осмотра

Таблица 1. Минимальные требования испытаний на наличие короткого замыкания (низковольтная изоляция)¹

Параметр	Класс 1 ¹	Класс 2 ¹ с зазором/длиной пути тока утечки (воздушный зазор) ≥2мм [0,079 дюйма]	Класс 2 ² с зазором/длиной пути тока утечки (воздушный зазор) <2мм [0,079 дюйма]	Класс 3 ¹	Другое заданное значение
Максимальное сопротивление	Значение контрольно-измерительного прибора по умолчанию		Не применяется	Не применяется	Ом
Максимальный ток	Значение контрольно-измерительного прибора по умолчанию				мА
Максимальное напряжение	Значение контрольно-измерительного прибора по умолчанию				В

Примечания.

- ¹ Испытание на наличие короткого замыкания (низковольтная изоляция) не требуется, если выполняется испытание на электрическую прочность диэлектрика или испытание на сопротивление изоляции.
- ² Максимальное напряжение и/или ток следует задавать, когда компоненты в сборке могут быть повреждены в ходе этих испытаний.

Таблица 2. Минимальные требования для испытания сопротивления изоляции (IR)

Параметр	Класс 1	Класс 2 с зазором безопасности (воздушным зазором или длиной пути утечки) ≥2мм [0,079 дюйма]	Класс 2 с зазором безопасности (воздушным зазором или длиной пути утечки) <2мм [0,079 дюйма]	Класс 3	Другое заданное значение
Уровень напряжения	Испытание не требуется	Испытание не требуется	Напряжение прочности диэлектрика по постоянному току или значение контрольно-измерительного прибора по умолчанию	Испытание не требуется	В, постоянный ток
Минимальное сопротивление изоляции			≥100 МОм для сборок ≤3 м [118 дюймов]; ≥10 МОм для сборок >3 м [118 дюймов]; ≥500 МОм для коаксиальных кабелей любой длины		МОм
Максимальная выдержка времени			10 с		с

испытание на наличие короткого замыкания должно подтвердить, что измеренное значение не ниже, чем указанное предельное значение. При отсутствии специального соглашения по требованиям испытаний между производителем и клиентом или согласия клиента принимать документированные требования по испытаниям производителя должны применяться требования из таблицы 1. (Значения указываются в документации на изделие.)

Сопротивление изоляции

Тестирование сопротивления изоляции (IR) является испытанием высокого напряжения, которое используется для проверки сопротивлений, оказываемых изоляционными

материалами. Неисправность обнаружена, когда значение измеренного сопротивления меньше, чем заданное значение, или когда испытательное оборудование выявляет электрический разряд.

При выполнении испытаний IR длительность тестирования может быть сокращена до достижения установленного режима тока. При использовании испытательного напряжения по постоянному току для тестирования напряжения прочности диэлектрика одновременно можно измерять сопротивление изоляции.

Если оба испытания — тестирование напряжения прочности диэлектрика (DWV) и тестирование сопротивления изоляции (IR) — выполняются независимо, то тестирование со-

противления изоляции должно проводиться после тестирования напряжения прочности диэлектрика.

Когда предельное значение задано и включено в колонку «Другое заданное значение» таблицы 2, испытание сопротивления изоляции должно доказать, что измеренное значение сопротивления изоляции не ниже этого предельного значения. При отсутствии особого соглашения по требованиям на тестирование между производителем и клиентом или согласия клиента принимать документированные проверочные требования производителя должны применяться требования из таблицы 2. (Значения указываются в документации на изделие.)

Проверка жгута проводов на правильность сборки

При тестировании правильности сборки проверяются электрические соединения между двумя точками на соответствие сборочному чертежу, перечню проводов или описанию схемы. Данные тесты выполняются с применением специального оборудования (рис. 2). Как правило, это позвоночные стенды с вычислителем, который программируется на определенный алгоритм выполнения теста.

Данный тест выполняется после окончания сборки жгута и является итоговым. По результатам теста изделие признается соответствующим или не соответствующим требованиям клиента, отраженным в документации. Изделие определенным образом маркируется и сдается на склад.

Высота обжима

При тестировании (рис. 3) проверяется, находятся ли значения высоты обжима контактного наконечника в пределах технических требований производителя. Каждая комбинация обжимаемого наконечника и проводника будет иметь уникальный критерий высоты обжима. Это испытание не является

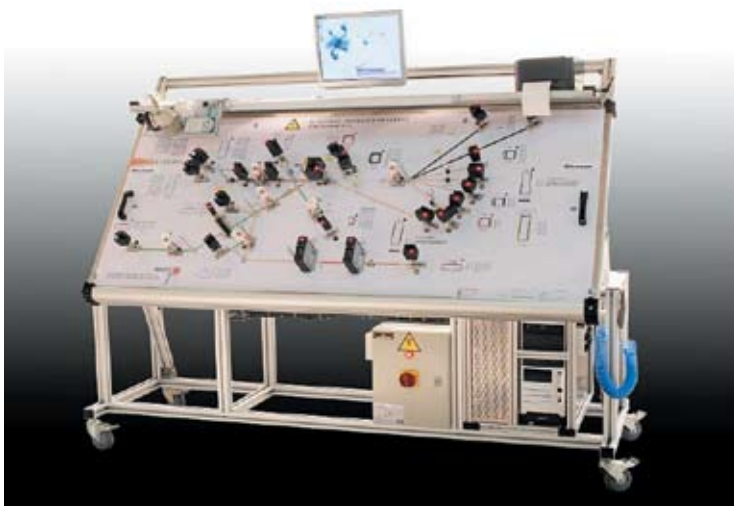


Рис. 2. Стенд для тестирования на правильность сборки



Рис. 3. Интегрированный в машины Kotha микрометр для определения высоты опрессовки контакта

Таблица 3. Тестирование высоты обжима

Параметр	Требование	Другое заданное значение
Максимальная высота выплеска (заусенца)	Половина толщины заготовки материала	мм [дюйм]
Надлежащая высота обжима	Использование спецификации ¹ поставщика контактных наконечников	мм [дюйм]
Ширина (некруговой обжим, например, монтажные лепестки)		мм [дюйм]

Примечание. ¹ Если у клиента или производителя имеются объективные данные, свидетельствующие о том, что технические спецификации поставщика контактных наконечников не являются достаточными, то между клиентом и производителем могут быть согласованы другие значения.

обязательным для всех классов, если выполняется тестирование усилия отрыва. Когда тестирование усилия отрыва не проводится, и при отсутствии специального соглашения по техническим требованиям на проведение испытаний между производителем и клиентом или согласия клиента принять документированные технические требования производителя на проведение испытаний, должно выполняться тестирование высоты обжима в соответствии с параметрами, указанными в таблице 3 (таблица из документации на изделие).

Крайне важно убедиться, что измерения высоты обжима выполняются корректно. Инструмент для измерения высоты обжима имеет плоскую лопасть с одной стороны и точечный контакт — с другой. Назначение точечного контакта заключается в том, чтобы обойти заусенец, который может формироваться на некоторых наконечниках в процессе обжима. Избыточный заусенец может служить признаком изношенности обжимных пяток (рис. 4).

Позиционирование контактного наконечника

Как показано на рис. 5, контактный наконечник позиционируется таким образом, чтобы закрученная сторона обжима была перпендикулярна и расположена плоско относительно грани лопасти пятки микрометра. Если контактный наконечник наклонен, то измерение может быть некорректным.

Верхний точечный контакт (игла/измерительный наконечник микрометра) располагается в центре области обжима для измерения

самой высокой части обжима. Если верхний контакт находится не в центре обжима, то измерение высоты обжима может быть неправильным.

Наконечник находится под правильным углом к пятке (в горизонтальной плоскости).

Мониторинг силы и динамики обжима

Мониторинг силы обжима является методом электронного контроля процесса обжима путем сравнения характеристик силы обжима с известным эталоном. Это испытание не требуется, если оно не задано клиентом.

Контроль силы обжима является типичной частью автоматизированного оборудования обжима, которое собирает информацию об эталонных характеристиках путем анализа приемлемых обжимов и создает характеристику кривой силы от времени. Каждый последующий обжим сравнивается с эталонной характеристикой с целью обнаружения потенциальных дефектов. Когда мониторинг силы обжима включается в качестве составной части обжимного оборудования, то должно использоваться тестирование либо высоты обжима, либо силы разрыва для проверки приемлемости обжима перед обращением к мониторингу его силы. Данный вид контроля силы обжатия наконечника успешно интегрирован в оборудовании Komax (рис. 6).

Сила удержания контакта в ответной части

Для классов 1–3 требуется проверка, включенная в технологический процесс.

Если технические требования на проведение испытаний не установлены каким-либо иным образом, то должен использоваться метод «вставить – щелкнуть – вытащить», то есть

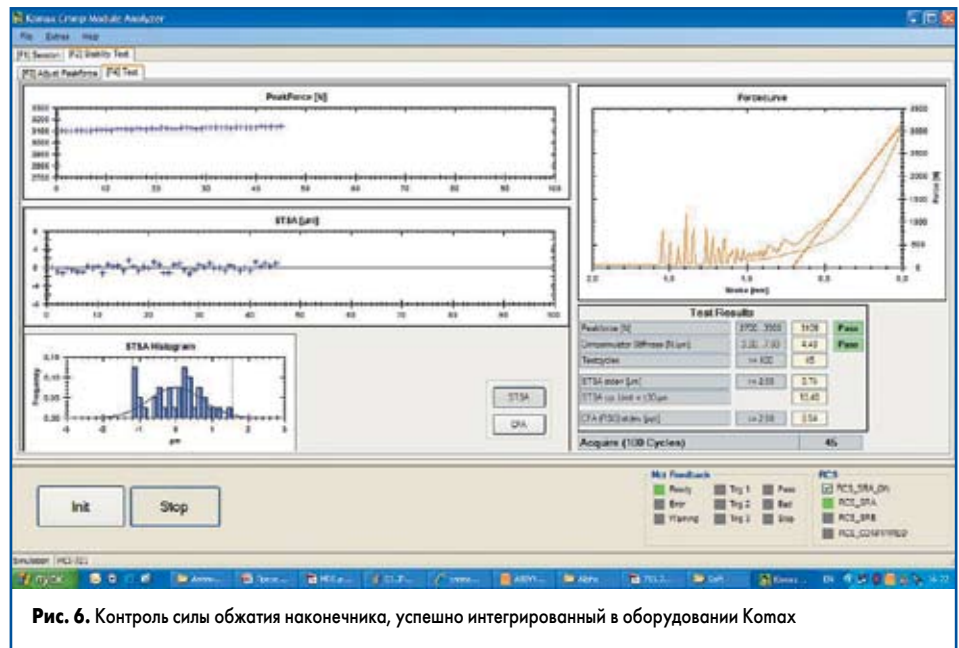
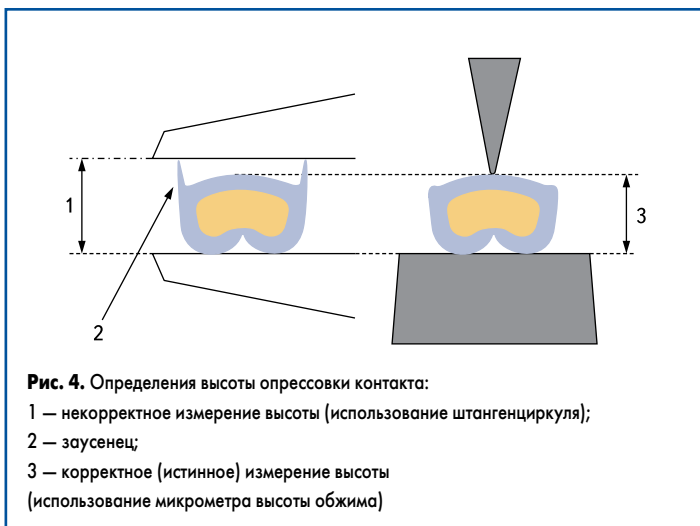

Рис. 6. Контроль силы обжатия наконечника, успешно интегрированный в оборудовании Komax


Рис. 4. Определения высоты опрессовки контакта:
 1 — некорректное измерение высоты (использование штангенциркуля);
 2 — заусенец;
 3 — корректное (истинное) измерение высоты (использование микрометра высоты обжима)

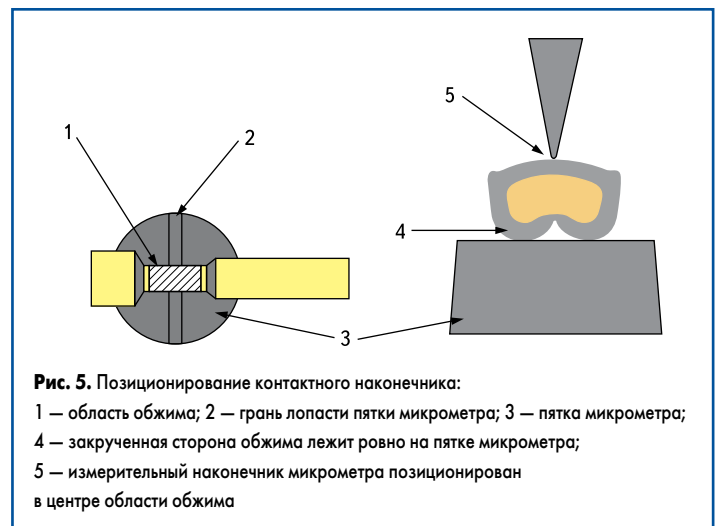


Рис. 5. Позиционирование контактного наконечника:
 1 — область обжима; 2 — грань лопасти пятки микрометра; 3 — пятка микрометра;
 4 — закрученная сторона обжима лежит ровно на пятке микрометра;
 5 — измерительный наконечник микрометра позиционирован в центре области обжима

заталкивание контакта во вставку до щелчка удерживающего механизма, а затем натягивание присоединенного вывода до тугого натяжения. Хотя «натяжение» является субъективной мерой, ожидаемая сила будет ощутимо выше силы, требуемой для вставки контакта (вытаскивать труднее, чем вставлять контакт).

Измерение падения напряжения (проводник — контакт, контакт — контакт)

Данный вид испытаний является основным для соединения «контакт — жила» и «контакт — контакт». Все остальные испытания данных объектов являются косвенными, так как косвенно, по ряду признаков, подтверждают, что падение напряжения находится в допустимых или недопустимых пределах. На рис. 7 приведены типичные электрические схемы проведения испытаний на падения напряжения.

Испытания изоляции на пробой (напряжение прочности диэлектрика)

Испытание напряжения прочности диэлектрика является испытанием высокого напряжения по переменному (постоянному) току. Оно используется для подтверждения надежной работы компонентов при номинальном напряжении и кратковременных пиках напряжения, возникающих из-за переключений, всплесков и других подобных явлений. Испытание гарантирует, что изоляционные материалы и зазоры в детали компонента отвечают установленным требованиям. Когда деталь компонента в этом отношении является неисправной, результат применения испытательного напряжения проявится либо в электрическом пробое (дуговом разряде), либо в повреждении (пробое диэлектрика). Сборка выходит из строя, когда измеренный ток превышает заданное значение, или испытательное оборудование обнаруживает электрический разряд.

Когда сборка используется в приложениях, требующих поддержания рабочего напряжения более 90 В переменного тока, или там, где характерна работа под нагрузкой переменного тока, обычно выбираются испытания по переменному току, а не по постоянному. Частота при испытании по переменному току составляет 60 Гц, если не задано иное значение. Когда предполагается, что полный ток утечки превышает 2 мА, предельные значения при испытании следует задавать в единицах действующего тока.

Когда предельное значение задано и включено в колонку «Другое заданное значение» таблицы 4, испытание напряжения прочности диэлектрика (DWV) должно показать, что измеренное значение DWV не превышает это предельное значение. При отсутствии специального соглашения по требованиям на тестирование между производителем и клиентом или согласия клиента принять документированные требования производителя для испытания должны применяться требования из таблицы 4 (стандарт IPC WHMA-A-620).

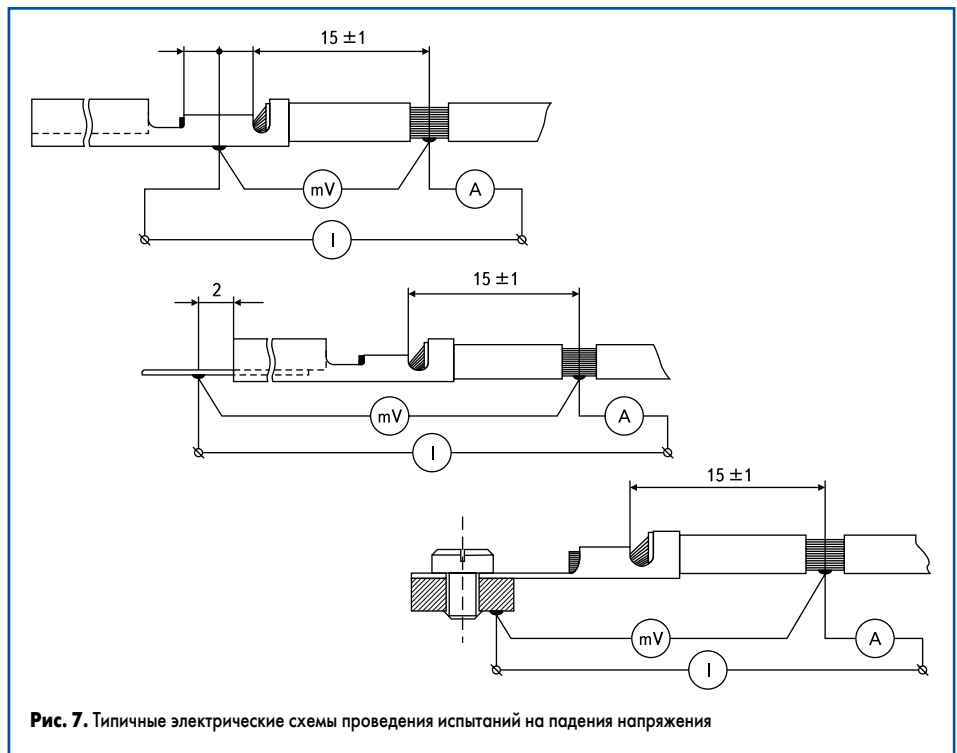


Рис. 7. Типичные электрические схемы проведения испытаний на падения напряжения

Таблица 4. Минимальные требования для испытания напряжения прочности диэлектрика (DWV)

Параметр	Класс 1	Класс 2	Класс 2	Класс 3	Другое заданное значение
		с зазором безопасности (воздушным зазором или длиной пути утечки) ≥ 2 мм [0,079 дюйма] и для не коаксиальных/ биаксиальных/ триаксиальных сборок	с зазором безопасности (воздушным зазором или длиной пути утечки) < 2 мм [0,079 дюйма] для коаксиальных/ биаксиальных/ триаксиальных сборок		
Уровень напряжения	Испытание не требуется	Испытание не требуется	1000 В постоянного тока или эквивалентный пик напряжения переменного тока	1500 В постоянного тока или эквивалентный пик напряжения переменного тока	В постоянного тока или В переменного тока
Максимальный ток утечки			1 мА	1 мА	мА
Время задержки			0,1 с	1 с	с

Усилие отрыва контакта (усилие на отрыв)

Для оценки механической целостности обжимного соединения прикладывается продольное (осевое) усилие (рис. 8). Если контакт имеет поддержку изоляции провода, то поддержка изоляции должна быть механически переведена в нерабочее состояние либо путем вскрытия обжима изоляции вручную, либо путем сверхдлинного обнажения провода таким образом, чтобы незащищенный провод выходил за обжим изоляции.

Для класса 3 и при отсутствии тестирования высоты обжима для классов 1 и 2, при отсутствии специального соглашения между производителем и клиентом по техническим требованиям на проведение испытаний или согласия клиента принять документированные технические требования производителя на проведение испытаний, должно выполняться тестирование усилия разрыва с использованием параметров таблицы 5. Там, где конкретные значения для усилия разрыва не были согласованы между производителем и клиентом, используемые значения должны равняться значениям таблицы 6 или превышать их (значения по спецификации UL 485A).

При применении обжима нескольких проводов тестирование на разрыв должно выполняться в отношении наименьшего провода в обжиме.

Образцы, для тестирования на разрыв не должны использоваться в качестве поставляемых изделий. Примерами разрушающих методов тестирования усилия разрыва являются:



Рис. 8. Прибор для измерения усилия отрыва наконечника

Таблица 5. Минимальные требования для тестирования усилия разрыва

Параметр	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Другие заданные значения
Усилие разрыва	Соответствующий промышленный стандарт (UL, IEC, SAE) ¹		Таблица 6	Н кГс фунт
Скорость натяжения ²	Не задано	Контролируемая скорость	≤1 дюйм/минут	мин
Метод	Не задано	Не задано	Не задано	Натяжение и разрыв Натяжение и возврат Натяжение, удержание и разрыв
Время удержания ³	Не задано	Не задано	Не задано	с

Примечания.

- ¹ За определение выбора испытательных значений величин прочности отвечает производитель жгутов и/или клиент.
- ² Контролируемая скорость означает заданную скорость натяжения, которая поддерживается постоянной в процессе натяжения.
- ³ Параметр «Время удержания» имеет значение, только если используются методы «Натяжение и удержание» или «Натяжение, удержание и разрыв».

Таблица 6. Значения силы тестирующего натяжения

Размер проводника		Машинные контакты соединения				Обжимные сращивания		Штампованные контакты и наконечники	
AWG	мм ²	Провода, покрытые серебром/оловом		Провода, покрытые никелем		фунт	Н	фунт	Н
		фунт	Н	фунт	Н				
30	0,05	1,5	6,7	1,5	6,7	1,5	6,7	1,5*	6,7*
28	0,08	3	13,4	2	8,9	2	8,9	2*	8,9*
26	0,13	5	22,3	3	13,4	3	13,4	7	31,2
24	0,20	8	35,6	6	26,7	5	22,3	10	44,5
22	0,324	12	53,4	8	35,6	8	35,6	15	66,8
20	0,519	20	89	19	84,6	13	57,9	19	84,6
18	0,823	32	142	-	-	20	89	38	169,1
16	1,310	50	222,3	37	164,6	30	133,5	50	222,5
14	2,080	70	311,5	60	266,9	50	222,5	70	311,5
12	3,310	110	489,5	100	445	70	311,5	110	489,5
10	5,261	150	667,5	135	600,5	80	356	150	667,5
8	8,367	220	978,6	200	890	90	400,5	225	1001,3
6	13,300	300	1235	270	1201,0	100	445	300	1235
4	21,150	400	1780	360	1601,4	140	623	400	1780
3	26,670	-	-	-	-	160	712	-	-
2	33,620	550	2447,5	495	2201,9	180	801	550	2447,5
1	42,410	650	2892,5	585	2602,2	200	890	650	2892,5
1/0	53,490	700	3115	630	2757,9	250	1112,5	700	3115
2/0	67,430	750	3337,5	675	3002,5	300	1235	750	3337,5
3/0	85,010	-	-	-	-	350	1557,5	825	3671,3
4/0	107,200	875	3893,0	785	3491,9	450	2202,5	875	3893,8
250	127	-	-	-	-	500	2225	-	-
300	156	-	-	-	-	550	2447,5	-	-
350	177	-	-	-	-	600	2670	-	-
400	203	-	-	-	-	650	2892,5	-	-
500	253	-	-	-	-	800	3560	-	-
600	304	-	-	-	-	900	4005	-	-
700-2000	355-1016	-	-	-	-	1000	4450	-	-

Примечание. * Значения по спецификации UL 486A установлены только для сборок класса 1.

- Натяжение и разрыв: к соединению прикладывается увеличивающееся продольное усилие, пока не произойдет разделение провода и наконечника либо не разорвется провод.
- Натяжение и возврат: наконечник натягивают до заданной силы. После достижения заданной силы усилие снимается.
- Натяжение и удержание: наконечник натягивают до заданного усилия и удерживают в состоянии натяжения заданный период времени, затем усилие снижается до нуля.
- Натяжение, удержание и разрыв: наконечник натягивают до заданного усилия и удерживают в состоянии натяжения заданный период времени, затем наконечник натягивают, пока не произойдет либо разделение провода и наконечника, либо не разорвется провод. При отсутствии документированной программы управления технологическим процессом:
- Когда используются ручные инструменты обжима, а промежуток между тестированиями не определен в договоре, периодич-

ность тестирования должна составлять один день для каждой комбинации инструмента, провода и контакта.

- Когда используется машинный обжим, а промежуток между тестированиями не определен в договоре, периодичность тестирования должна составлять, по крайней мере, один раз для каждой установки аппликатора ежемесячно. Ежемесячное тестирование не требуется, когда механизм не используется, но должно выполняться при каждом возобновлении эксплуатации.

В таблице 6 представлены приемочные значения силы натяжения для обжимов на многожильном медном проводе. Там, где значения силы обжима не устанавливались, сила натяжения обжимного соединения должна быть не менее 60% усилия натяжения провода.

Распределение жилы в контакте («холодный обжим», IDC)

Данный вид испытаний обязательно проводится при допуске обжимного инструмента к производству продукции, и в соответствии с процедурой контроля качества осуществляется выборочный контроль готовой продукции с объемом выборки, который оговорен с клиентом.

При подготовке объекта испытаний происходит распил места соединения перпендикулярно жиле и травление полученного среза (рис. 9).

Полученный объект изучают при помощи микроскопа, изображение анализируют. Существуют различные способы оценки качества распределения жилы. Но в основном используют визуальный метод контроля и метод вычисления «компрессии».

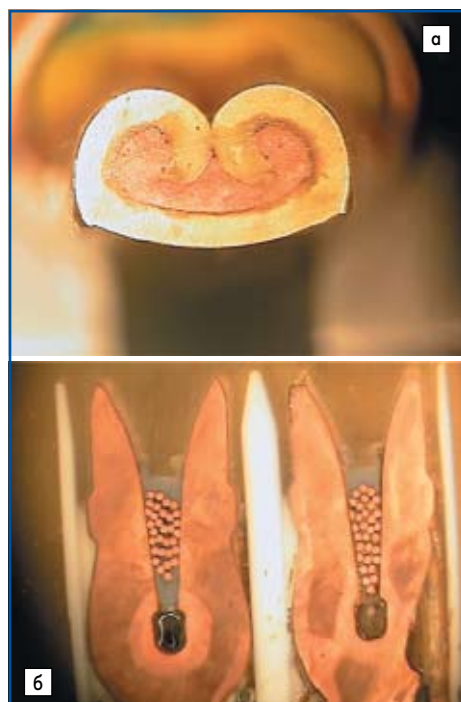
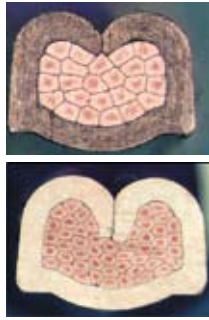
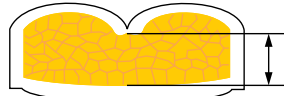


Рис. 9. Распил соединений, выполненных по технологии: а) «холодного обжима»; б) IDC

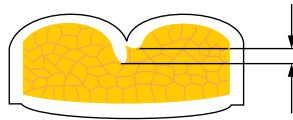
ПРАВИЛЬНАЯ ОПРЕССОВКА



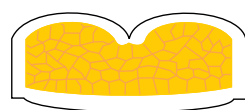
- Расстояние между лепестками жилы и дном опрессовки должно быть не меньше половины толщины материала контакта.



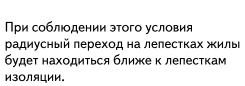
- Опрессовка должна быть симметричной. Проволочки должны быть равномерно распределены, и опрессовка должна иметь шестиугольную форму.



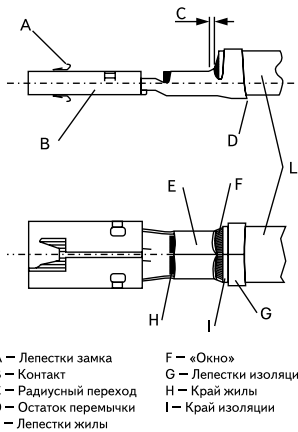
- Расстояние между концами лепестков жилы должно быть меньше, чем половина толщины материала контакта.



- Минимальное расстояние между концом зачистки и лепестками изоляции должно быть меньше 1 мм.



- При соблюдении этого условия радиусный переход на лепестках жилы будет находиться ближе к лепесткам изоляции.



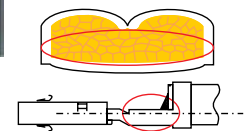
- A — Лепестки замка
- B — Контакт
- C — Радиусный переход
- D — Остаток перемычки
- E — Лепестки жилы
- F — «Окно»
- G — Лепестки изоляции
- H — Край жилы
- I — Край изоляции

Рис. 10. Визуальный контроль: сравнение полученного объекта с эталоном

ДЕФЕКТЫ ПРИ ОПРЕССОВКЕ

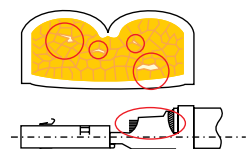
ВЫСОТА ОПРЕССОВКИ НИЖЕ ЗАДАННОЙ

Основные причины: неправильное чтение высоты опрессовки, слишком большое усилие опрессовки и неоткалиброванное измерительное оборудование.



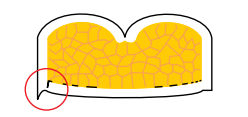
ВЫСОТА ОПРЕССОВКИ ВЫШЕ ЗАДАННОЙ

Основные причины: неправильное чтение высоты опрессовки, недостаточное усилие опрессовки и неоткалиброванное измерительное оборудование.



БОЛЬШОЙ ЗАУСЕНЕЦ

Основные причины: износ инструмента, слишком большое усилие опрессовки, установлен неправильный инструмент.



Визуальный контроль сводится к сравнению полученного объекта с эталоном (рис. 10).

Метод вычисления «компрессии» заключается в сравнении площади сечения провода до опрессовки и после, при этом мы получаем количественный коэффициент, который можно сравнить со значениями, обозначенными в требованиях клиента или других документах, регламентирующих качество. С помощью специального оборудования вычисляется площадь распределения жил в контакте и сравнивается с площадью жилы до опрессовки по формуле:

$$(S_1 \times N) / S_2 \rightarrow 1,$$

где S_1 — площадь сечения проволоки жилы; S_2 — площадь сечения жилы в контакте; N — количество проволок в жиле.

Полученный коэффициент стремится к 1. Если результат больше 1, то очевидно, что жила пережата и возможно разрушение контакта; если меньше 1, то очевидно, что в соединении присутствуют пустоты и, следовательно, возникает высокое переходное сопротивление. Допуски устанавливаются в документах, регламентирующих качество.

Испытание на стойкость сборки к агрессивным средам (соли, кислоты)

Данное испытание является необязательным. Как правило, клиент определяет необходимость и предоставляет методику проведения испытания.

Например, испытание на стойкость к воздействию электролита должно проводиться на образцах проводов, армированных литыми

наконечниками из припоя марки ПОССу 4-4. Длина образца должна быть не менее 200 мм. Провод с наконечниками погружают на глубину 50+5 мм в электролит плотностью 1,28 г/см³ и выдерживают в течение 48 часов. После выдержки провод с наконечником извлекают из электролита и осматривают. На наконечнике не должно быть следов коррозии. Затем участок провода около наконечника длиной не менее 10 мм очищают от изоляции. На токопроводящей жиле не должно быть следов электролита (ГОСТ 23544-84).

Испытание на наработку

Испытание также является необязательным. Его необходимость и методику определяет клиент. Например, испытание на наработку должно проводиться на пяти образцах жгутов проводов, прошедших приемосдаточные испытания. Перед испытанием необходим наружный осмотр, измерение падения напряжения и проверка целостности электрических цепей жгутов. Образцы подвергают воздействию девяти повторяющихся испытательных циклов. Применяется такая последовательность воздействия в пределах одного испытательного цикла:

1. Повышенная температура 90 °C в течение 60 ч для жгутов, монтируемых в моторном отделении, и 50 ч для остальных жгутов.
2. Пониженная температура окружающей среды до -40 °C (на неработающем двигателе — до -45 °C), монтируемые снаружи машины жгуты — -50 °C, жгуты должны быть работоспособны при указанной температуре в течение 6 ч.
3. Относительная влажность 94–100% при температуре 55 °C в течение 18 ч.

4. Минеральное масло при температуре 90 °C в течение 2 ч.
5. Автомобильный бензин при температуре 20 °C в течение 7 ч.
6. Электролит в течение 8 ч (только для жгутов с наконечниками, литыми из припоя марки ПОССу 4-4).

После каждого воздействия образцы выдерживают в нормальных климатических условиях не менее 30 мин, после окончания каждого цикла испытаний образцы осматривают без применения увеличительных приборов. На поверхности проводов, колодок резинотехнических изделий не должно быть трещин, и жгуты должны соответствовать требованиям, установленным в документации.

Один цикл испытаний соответствует 1000 ч наработки (ГОСТ 23544-84).

Это далеко не полный перечень контрольных параметров, которые следует учитывать при производстве кабельных сборок. К сожалению, не многие отечественные компании могут уверенно и обоснованно утверждать, что служба качества на предприятии отслеживает все критические параметры для выпускаемой продукции, и, следовательно, что продукция соответствует всем требованиям, которые заложил конструктор. Часто вопросам контроля качества на предприятиях уделяется мало внимания, а о методах статистического управления качеством слышали единицы, поэтому повторяемость воспроизводства технологических процессов не обеспечена.

Пока мы не решим вопросы, связанные с качеством продукции, нашим компаниям-производителям будет сложно конкурировать на международных рынках.