

# Что такое тестопригодность?

Андрей Насонов, ЗАО «Предприятие ОСТЕК»,  
Andrey.Nasonov@ostec-smt.ru

*В статье рассказывается о тестопригодности изделий электронной техники и, прежде всего, печатных узлов и плат.*

Вопрос, насколько конструкция «удобна» для настройки и проверки, был актуален всегда. Но в настоящее время из-за бурного развития средств автоматизации производства требования возросли и существенно изменились.

Для начала уточним термины.

**Testability (Тестируемость, Тестопригодность)** — степень, до которой могут быть запланированы объективность и реализуемость тестирования, проверяющего соответствие техническим требованиям.

**Test coverage (Тестовое покрытие)** — степень, до которой с помощью контрольных примеров (тестов) проверяют требования к изделию.

Тестируемость — это характеристика конструкции изделия, определяющая, какой уровень тестового покрытия она может позволить реализовать.

Тестопригодность — это характеристика изделия, определяющая его пригодность для тестирования при производстве и, в некоторых случаях, при обслуживании и эксплуатации.

Итак, что зависит от уровня тестопригодности?

1. Качество изделия. Неудовлетворительная тестопригодность изде-

лия может не позволить провести его всестороннюю проверку в процессе производства, что приведет к тому, что останутся незамеченными скрытые и потенциальные дефекты.

2. Рентабельность производства. Неудовлетворительная тестопригодность изделия может потребовать применения дорогостоящего ручного труда регулировщиков радиоаппаратуры.

3. Возможность увеличения объемов производства. Квалифицированные регулировщики радиоаппаратуры крайне дефицитны на рынке труда.

В первую очередь, исходя из требований к качеству изделия при заданном уровне рентабельности и объема производства, определяется необходимая степень тестового покрытия. Если изделие уже разработано, то анализируется степень его тестопригодности и, если необходимо, вносятся изменения в конструкцию с целью обеспечения заданного тестового покрытия. Если разрабатывается новое изделие, то необходимые меры принимаются в процессе разработки.

Определение степени тестового покрытия выполняется с помощью соответствующего математического обеспечения, входящего в комплект современных средств электрического

тестирования, таких как установки фирмы SPEA и система периферийного сканирования JTAG.

Перед тем как сформулировать требования к конструкции разрабатываемого изделия, обеспечивающие определенный уровень тестопригодности, необходимо определиться с типом оборудования для электрического тестирования, которое будет использоваться при его изготовлении. Основными факторами являются ожидаемая серийность (скорость работы сборочной линии) и требования, предъявляемые к изделию по качеству и надежности. Решающими, безусловно, могут оказаться и другие требования, например, малые габариты, которые могут не позволить разместить тестовые площадки для адаптерного тестера.

Для того чтобы понять, какое оборудование наиболее целесообразно выбрать в каждом конкретном случае, проанализируем данные о парке оборудования в различных отраслях промышленности у ведущих мировых производителей по данным фирмы SPEA — лидера по производству оборудования для электрического тестирования. Информация представлена на диаграммах (см. рис. 1–3).

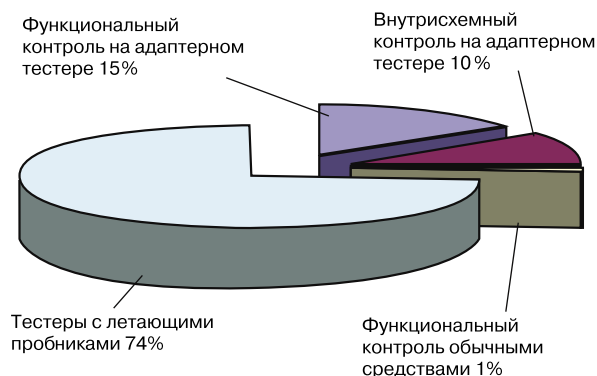


Рис. 1. Парк оборудования, установленного на предприятиях-производителях электроники для аэрокосмической промышленности

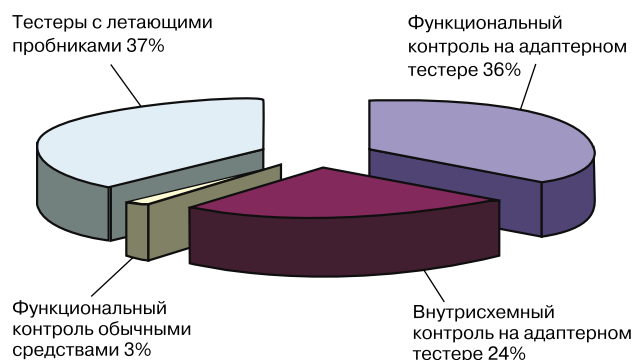


Рис. 2. Парк оборудования, установленного на предприятиях-производителях электроники для автомобильной промышленности

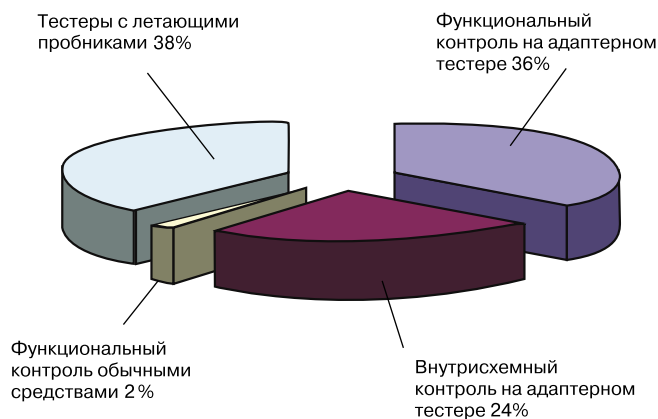


Рис. 3. Парк оборудования, установленного на предприятиях-производителях средств связи

В первую очередь бросается в глаза большая доля тестеров с летающими пробниками. Если в аэрокосмической промышленности с ее небольшой серийностью и большой номенклатурой это объяснимо, то в отраслях, имеющих как правило большую серийность, это вызывает вопросы. Скорее всего, причина этого в том, что тестер SPEA4040, в особенности его модификации High Speed и Ultra High Speed, по производительности приблизились к адаптерным тестерам. В сочетании с отсутствием необходимости иметь специальные тестовые площадки на плате и изготавливать индивидуальный адаптер это обуславливает их широкое применение.

Адаптерные тестеры составляют практически весь остальной объем оборудования. Внутрисхемное и функциональное тестирование может выполняться на одном тестере без повторного контактирования, что значительно экономит время. Адаптерные тестеры SPEA3030 различных модификаций могут быть сконфигурированы для выполнения практически любых задач. Необходимость наличия на плате специальных контактных площадок и изготовление индивидуального адаптера не столь существенны, если производство крупносерийное и номенклатура изделий меняется нечасто.

Незначительная доля тестирования без использования специализированного оборудования объясняется, скорее всего, тем, что по ряду причин оно не способно обеспечить

требуемый уровень качества проверки. Поэтому столь мала его доля в аэрокосмической промышленности, где требования по надежности и качеству первостепенны.

Если тип используемого оборудования определен, то можно приступить к конструированию печатной платы. Рассмотрим, какие требования к конструкции характерны для различных типов оборудования.

Для тестера с летающими пробниками типа SPEA4040 не требуются специальные контактные площадки. Дело в том, что SPEA4040 — единственная машина, допускающая контактирование с галтелью компонентов (см. рис. 4 и 5). По сути, она может работать с платой, которая конструи-

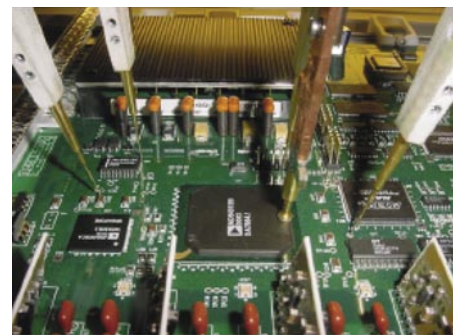


Рис. 4. SPEA4040 в работе

ровалась вообще без оглядки на тестирование. Ограничения только геометрические: максимальный размер рабочей зоны на плате 610 × 686 мм, максимальная высота компонентов на верхней стороне модуля — 55 мм, на нижней — 110 мм. Также возможны проблемы, если некоторые цепи на плате закрыты компонентами или элементами конструкции.

Таким образом, основной показатель тестопригодности разработки для тестера с летающими пробниками SPEA4040 — это качество и «полноценность» файлов САД-документации. Неудовлетворительное качество может потребовать вмешательства тестового инженера в процесс автоматической генерации тестовой про-



Рис. 5. Тестер с летающими пробниками типа SPEA4040: вариант для установки в линию

Таблица 1. Типы наконечников тестовых пробников

		Тип 01 (угол 30 градусов). Общего применения, неагрессивный для тестовых площадок
		Тип 02 (плоский). Очень пассивный тип, для контактирования с чистыми тестовыми площадками, которые нельзя повреждать, например разъемы и карточные терминалы
		Тип 03 (обратный конус). Применяется для обеспечения контакта со штырьками разъемом и штырьками под монтаж накруткой
		Тип 04 (четырёхзубчатая корона). Один из наиболее часто используемых типов для контактирования с выводами компонентов. Не рекомендуется применять для плат с несмываемым флюсом. Остатки флюса забивают корону
		Тип 05 (пуля). Наиболее популярный тип для контактирования с чистыми тестовыми площадками
		Тип 06 (зубчатый). Универсальный Тип для контактирования со всеми типами контактов (разъемы, штырьки, выводы компонентов и т.д.)
		Тип 07 (90-градусный трехгранник или пирамида). Наиболее часто используемый
		Тип 08 (90-градусный конус). Используется для контакта с переходными отверстиями, когда необходимо исключить повреждение края
		Тип 09 (гибкая игла). Универсальный тип для практически любого типа контактных площадок за исключением отверстий. Обеспечивает высокий уровень стабильности в сочетании с гибкостью. Рекомендуется для загрязненных и непромытых плат
		Тип 13 (30-градусная пуля). Очень пассивный тип обычно используется, когда царапины от пробников недопустимы. Пригоден для контактных дорожек
		Тип 14 (самоочищающаяся четырёхзубчатая корона). Наиболее часто применяется для контактирования с выводами компонентов. Модификация типа 04 с целью предотвращения загрязнения флюсом
		Тип 15 (22-градусный контакт). Обеспечивает высокий уровень стабильности. Агрессивный, применяется в случаях, когда сопротивление контакта имеет первоочередное значение
		Тип 17 (90-градусный многогранник). Пробник с шестью ножевыми контактами для контакта в переходное отверстие. Подобен типу 07, но более агрессивен
		Тип 24 (корона с шестью зубцами с выступающим центральным контактом). Универсальное применение практически для всех тестовых точек
		Тип 31 (игла). Очень агрессивный тип, обеспечивает высокий уровень стабильности, для контактирования с непромытыми платами и других специфических задач
		Тип 33 (самоочищающаяся трехзубчатая корона). Модифицированная версия четырёхзубчатой короны (тип 14), изготавливается с упрочненными гранями и поэтому очень агрессивна
		Тип 38 (пассивный кинжал, угол 150 градусов). Аналогичен типам 97 и 98, однако имеет более тупой угол, для контактирования с открытыми отверстиями и площадками
		Тип 77 (агрессивный трехгранный). Универсальный для сквозных отверстий. Характеристики аналогичны типу 91, однако имеет три точки контакта вместо двух. Более стабильный тип, но очень агрессивный
		Тип 88 (корона с восемью зубцами). Самоочищающаяся корона с хорошей центрировкой. Для контакта с выводами компонентов
		Тип 89 (самоочищающаяся трехзубчатая корона). Рекомендуется для плат без отмывки. Специальная форма закаленных игл обеспечивает отбрасывание загрязняющих частиц от точки контакта
		Тип 91 (кинжал). Универсальное применение для отверстий и площадок. Очень агрессивный, закаленные грани
		Тип 93 (три 22-градусных иглы). Объединяет три очень агрессивные иглы, идеален для контакта с платами без отмывки и других специфических применений
		Тип 97 (пассивный кинжал). Модификация стандартного кинжала
		Тип 98 (пассивный кинжал с углом 90 градусов). Аналогичен типу 97, для контактирования с отверстиями, покрытыми лаком
		Тип 006 (зубчатый, с выступающим защитным нейлоновым чехлом). Разработан для проверки на присутствие компонента. Дополнительный «0» обозначает наличие чехла

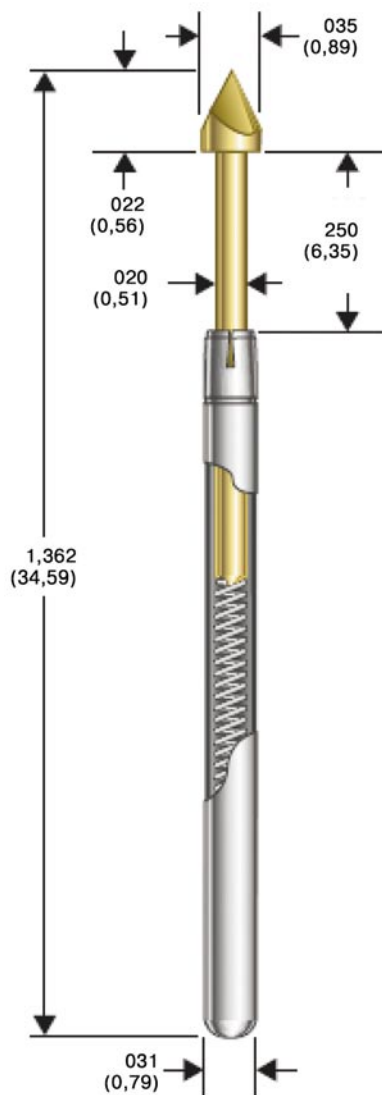


Рис. 6. Пример конструкции тестового пробника

граммы. В крайнем случае, можно задействовать режим работы по эталонной плате, но все-таки лучше с самого начала делать все «по уму».

Если используется адаптерный тестер, то требования к конструкции платы во многом определяются конструкцией адаптера. Контакт с галтелью компонентов невозможен, и если какие-то связи не имеют пригодных для контактирования точек, необходимо предусмотреть специальные площадки.

Основу конструкции адаптера составляют тестовые пробники. Это сложное точное изделие, обеспечивающее определенные характеристики контакта. На рисунке 6 приве-



Рис. 7. Установки SPEA3030

ден пример конструкции тестового пробника.

Самый оптимальный вариант — это когда разработка конструкций платы и адаптера ведется одновременно. Одновременность означает следующую последовательность действий:

- выполняется разработка изделия;
- с помощью соответствующего программного обеспечения установки SPEA3030 осуществляется анализ тестового покрытия;
- если необходимо, вносятся изменения в конструкцию;
- проверяется результат;
- выполняется разработка адаптера с использованием программного обеспечения установки.

При этом для каждой цепи выбирается свой тип наконечника пробника и решается вопрос о необходимости введения специальной тестовой площадки. Можно сориентироваться в этом вопросе, воспользовавшись информацией о типах наконечников по классификации фирмы Ingan, представленной в таблице 1. Тестовые пробники также классифицируются по размеру шага установки. Рекомендуется использовать пробники с шагом 2,54 мм. Можно использовать и пробники с меньшим шагом, но они дороже и менее надежны в эксплуатации. Необходимо учитывать и другие характеристики пробников, такие, как максимальный ток, переходное сопротивление, рабочий ход штока, контактное усилие при рабочем ходе и другие.

Тестовых пробников может быть достаточно много, и их суммарное усилие может вызвать значительный

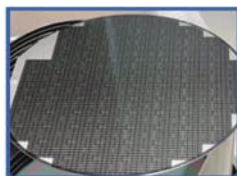
изгиб платы. Чтобы его исключить, в конструкции адаптера предусматриваются компенсирующие штыри. Необходимо предусмотреть места с обратной стороны платы, куда эти штыри могут упереться. Адаптер может быть двухсторонним, т.е. тестовые пробники расположены с двух сторон платы. В таком случае будет иметь место частичная или полная взаимная компенсация изгибающих усилий. С точки зрения отсутствия изгиба платы оптимальный вариант — это расположение пробников строго друг против друга и примерно равное их количество с разных сторон платы. Конструкция двухстороннего адаптера значительно сложнее одностороннего, поэтому использовать его имеет смысл только в том случае, если обеспечить все необходимые подключения с одной стороны не удастся.

Системы электрического тестирования SPEA3030 имеют различные модификации в зависимости от решаемых задач. Примеры внешнего вида установок различного исполнения представлены на рисунке 7.

Степень тестопригодности изделия — это одна из характеристик качества разработки. Но говорить о тестопригодности как о некоем абсолютном, независимом параметре неправильно. Имеет смысл вести речь о пригодности для тестирования с учетом оснащенности конкретного производства. Поэтому требования по тестопригодности, изложенные в техническом задании на разработку изделия, должны содержать исчерпывающую информацию о тестовых возможностях этого производства.



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, СЕРВИС  
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**



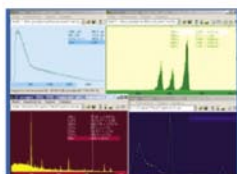
**Радиоэлектроника и системы управления**

«НИИМЭ и Микрон»  
«Ангстрем-Т»  
«НПП «Пульсар»  
«ЭПИЭЛ»



**Информационные технологии и связь**

«Ритм-2»  
«Альтоника»  
«Торгсервис»  
«Компонент»



**Приборостроение и информатика**

«СТМП-Зеленоград»  
«Капитал-Инвест XXI век»  
«НПП ДОЗА»  
«КРОНТ-М»  
«ЭВК Схема»



**Энергетика и сверхчистые материалы**

«РАНОВА»  
«НИИФП»  
«ЭЛПА»  
«АМЕКС»  
«Кремний 10»



**ПРОМПРОЕКТ**

**ООО «СКТО ПРОМПРОЕКТ»**

124498, Москва-Зеленоград, проезд 4806, д. 5, стр. 20, МИЭТ (ТУ)  
Телефон: (495) 536 99 29, 536 99 49, 536 99 30, факс: (495) 536 99 50  
E-mail: ckto@ckto-promproekt.ru, www.ckto-promproekt.ru

**НОВОСТИ РЫНКА**

**Светодиоды вытесняют лампочки всех видов**

Появление светодиодных источников света — электрических лампочек стандартных формфакторов — не оставляет никаких шансов ни лампочкам накаливания, ни флюоресцентным источникам света.

Мощные LED все стремительнее наступают на другие источники света. По сравнению с лампами накаливания они значительно выигрывают по экономичности, а по сравнению с компактными флуоресцентными лампами — по отсутствию вредных компонентов.

Компания EcoLEDs для продвижения своих продуктов на рынок выбрала экологические показатели светоизлучающих диодов в качестве основных факторов, способных убедить потребителей. Ей удалось создать самый яркий светодиод, потребляющий всего 10,8 Вт и использующий всего один светодиодный модуль. Температура на поверхности лампы не превышает 50°C. Новые LED-лампы уже появились в продаже, они используют обычную квартирную электропроводку и вставляются в патрон для ламп накаливания.

По яркости светодиод аналогичен лампе накаливания в 100 Вт. Замена одной лампы накаливания на светодиодную сократит выброс в атмосферу углекислого газа за счет экономии энергии в течение периода эксплуатации лампы (свыше 50 тыс. часов).

Но LED придется отвоевать рыночную долю у ставших популярными в последнее время компактных флуоресцентных ламп. И здесь у мощных LED есть несомненное преимущество — они не содержат ртути, как все флуоресцентные лампы.

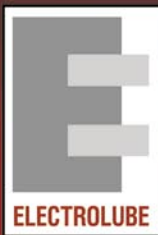
Производители флуоресцентных ламп не любят вспоминать об этом обязательном компоненте, который в конце концов оказывается на свалке, несмотря на принимаемые строгие меры по переработке флуоресцентных ламп. Одна разбитая лампа способна сделать непригодной для питья 27 кубометров воды.

Лампы EcoLEDs соответствуют строгим европейским стандартам, устанавливающим требования к безопасности используемых в быту материалов. Несмотря на высокие начальные затраты, LED окупаются за 1—2 года. Если по сравнению с лампами накаливания экономический выигрыш составляет почти порядок, то по отношению к компактным флуоресцентным лампам этот показатель достигает 300%.

LED имеет характерный спектр излучения, в котором нет ультрафиолетового и инфракрасного диапазона. Эта особенность исключительно важна там, где нужно обеспечить сохранность освещаемых объектов (например, в музеях) или же снизить общую температуру в помещении (что важно и для дома, и для офиса).

Массовый переход на твердотельные источники света — вопрос времени и, судя по всему, вполне близкого. Во многом это зависит и от сознательности потребителей, хотя законодательные органы также могут сыграть важную роль. Австралия приняла недавно закон об отказе от ламп накаливания, аналогичные решения намерены принять и в штате Калифорния.

*РосБизнесКонсалтинг  
(<http://www.rbc.ru/compnews/arc.shtml>)*



**ELECTROLUBE**

Химические материалы для производства и обслуживания электроники:

- средства для поверхностного монтажа
- промышленные чистящие средства
- теплопроводящие смазки
- контактные смазки
- защитные покрытия
- компаунды

[www.electrolube.ru](http://www.electrolube.ru)



*Noritake*  
**itron®**



[www.otobrazhenie.ru](http://www.otobrazhenie.ru)

Приборы отображения информации



**РосЭлектрон комплект**

Тел.: (495) 775-8940

**НОВОСТИ РЫНКА**

**Военной электронике России срочно требуется зарубежная помощь**

Приобретение Россией в Великобритании «начинки» спутника дистанционного зондирования, как выяснилось, обозначило тенденцию — российская оборонка готова интегрировать зарубежные компании и корпорации.

18 мая 2007 года в Москве состоялось заседание Совета главных конструкторов Управления радиоэлектронной промышленности и систем управления Федерального Агентства по промышленности (ФАП). Его тема: «Обсуждение возможности и перспектив интеграции иностранных компаний и корпораций в развитие производственного сегмента радиоэлектронного комплекса РФ».

На заседании Главные конструкторы рассмотрели вопросы контрактного производства радиоэлектронной апаратуры иностранными производителями и поставщиками, перспективы использования импортной компонентной базы при производстве телекоммуникационной аппаратуры двойного применения и требования к такой элементной базе.

С докладом под наиболее откровенным названием «Возможность интеграции иностранных компаний и корпораций в оборонно-промышленный комплекс Российской Федерации» выступил председатель комитета Совета Федерации по обороне и безопасности, генерал-майор Борис Савин.

ТС-ВПК ([http://ia.vpk.ru/cgi-bin/ia/news/news\\_news.pl](http://ia.vpk.ru/cgi-bin/ia/news/news_news.pl))

**НОВОСТИ РЫНКА**

**Компании SII и Nemoptic вместе займутся серийным выпуском «электронной бумаги»**

Источник сообщает о соглашении, подписанном между японской компанией Seiko Instruments Inc. (SII) и французской Nemoptic S.A., предметом которого является серийный выпуск дисплейных модулей по технологии бистабильных жидких кристаллов (BiNem). Напомним, эти дисплеи, известные также под названием «электронная бумага», отличаются высокой контрастностью и чрезвычайно низким энергопотреблением, поскольку энергия им необходима только в моменты обновления изображения. Основными областями применения «электронной бумаги» являются портативные устройства для чтения текстов и автономные информационные системы.

Источником информации является сайт [www.ixbt.com](http://www.ixbt.com)

iXBT (<http://www.ixbt.com>)