



**ТЕСТЕР МИКРОСХЕМ
И ЭЛЕКТРОННЫХ
КОМПОНЕНТОВ
ШИРОКОЙ
НОМЕНКЛАТУРЫ**



FT 17 HF

РАЗРАБОТАНО И ВЫПУСКАЕТСЯ ООО "СОВТЕСТ АТЕ" (РОССИЯ)



FT 17 DT

FT 17 SC

FT 17 R

FT 17 MEMS

Входной контроль компонентов: линейка тестеров производства компании «Совтест АТЕ» (Россия)



В статье описаны тестовые системы для электронной компонентной базы, разработанные российскими специалистами. Это полностью отечественное оборудование, не уступающее импортным аналогам, но более конкурентоспособное по цене, созданное с учетом специфики и требований российского производства.

ООО «Совтест АТЕ», г. Курск

Сегодня многие отечественные компании — производители электроники заинтересованы в поставках качественной элементной базы. Ведь отказ в работе одного компонента может привести к катастрофическим последствиям. В особенности это касается тех элементов систем управления, которые ответственны за поддержание функций объекта, связанных с обеспечением безопасности человека, а также систем, эксплуатирующихся в жестких условиях.

Распространенная практика получения компонентной базы от «второго» поставщика не гарантирует качества поставляемых компонентов и не может служить критерием оценки работоспособности того или иного элемента. Не имея в своем распоряжении парка измерительного и испытательного оборудования, «второй» поставщик зачастую ограничивается лишь проверкой внешнего вида компонента. Однако для каждого элемента должен быть проведен комплекс испытаний на соответствие требуемым характеристикам, а также выполнена проверка его работы в критических и предельных условиях. Таким образом, для обеспечения надежности продукции сертификационные центры «второго» поставщика, а также участки входного контроля предприятий — производителей электроники должны быть оснащены современным контрольным и испытательным оборудованием.

Существующее в настоящее время тестовое оборудование для контроля качества сложных электронных компонентов часто не соответствует

требованиям пользователей. Развитие электронной компонентной базы (ЭКБ) предусматривает применение более мощных по сравнению с использовавшимися ранее средств контроля. Также немаловажен вопрос универсальности: наличие единого решения для тестирования как цифровой, так и цифроаналоговой (если речь, к примеру, идет о цифровых микросхемах и микросхемах ЦАП/АЦП) микроэлектроники существенно сократило бы расходы сертификационных центров на испытания.

Еще одна проблема: многие тестовые системы, используемые в центрах по сертификации, представляют собой так называемый «черный ящик», в котором принцип тестирования параметров и функционирования компонента основан на выдаче результата «годен/брак». Зачастую «закрыт» и сам метод контроля того или иного параметра. В данном случае понять, что происходит внутри тестовой системы, пользователь не имеет возможности, как и нет возможности скорректировать метод или задать иной алгоритм контроля.

Таким образом, сегодня существует потребность в системах с открытым доступом ко всем измерительным средствам. Особенно это актуально для сертификационных центров, которым важен не только потоковый режим проверки ЭКБ (контроль параметров больших партий), но и исследовательский, позволяющий оценить динамику изменения параметров ЭКБ.

Подобные системы предлагают зарубежные компании — производители тестеров для электронной компонентной базы. Они лишены

недостатков, указанных выше, но все-таки имеют свои слабые стороны. Во-первых, это стоимость, которая может в несколько раз увеличить затраты на проведение контроля и испытаний ЭКБ. К тому же при отсутствии в России авторизованных сервисных центров очень затратной является поддержка данных систем во время эксплуатации. Во-вторых, зарубежное оборудование проектируется с учетом зарубежных стандартов и поэтому не учитывает специфику российского применения, не говоря уже о том, что все программное обеспечение к таким системам использует английский язык.

Рассмотрим еще один аспект: тестирование ЭКБ авиакосмического применения. Сегодня для повышения надежности спутников широко используется импортная ЭКБ, которую также необходимо сертифицировать. Ситуация осложнена тем, что к таким компонентам, в отличие от ЭКБ российского производства, прилагается только так называемый «даташит» (datasheet, «перечень технических характеристик» — *англ.*), которого недостаточно для получения достоверной методики тестирования. В нем описан лишь принцип работы того или иного компонента, зачастую ложный или ошибочный. Использовать эти сведения для формирования нормальной программы контроля получается крайне редко.

Описанные выше проблемы новы для российских специалистов. Однако до сих пор не был найден способ решить все задачи, стоящие

перед современными сертификационными центрами. Очевидно, что добиться положительного результата в сложившейся ситуации возможно лишь совместными усилиями поставщиков, производителей и потребителей.

Тестовая система FT-17HF

С 2006 года компания ООО «Совтест АТЕ» занимается производством собственного оборудования с учетом наших особенностей и требований российских потребителей. Накопив значительные опыт и знания, специалисты ООО «Совтест АТЕ» перешли на путь постепенного импортозамещения. Предприятие имеет более чем 20-летний опыт работы с ведущими мировыми производителями тестового и испытательного оборудования (Teradyne, TIRA и др.), активно сотрудничает с зарубежными и российскими испытательными центрами (RoodMicrotec, ОАО «РНИИ «Электронстандарт» и др.), с российскими производителями ЭКБ. Все это, а также доступ к передовым зарубежным технологиям позволило специалистам «Совтест АТЕ» совместно с дочерней компанией «Совтест Микро» разработать ряд собственных решений для контроля качества ЭКБ. Речь идет о тестерах компонентов: FT-17HF и FT-17DT (тестеры микросхем), FT-17SC (тестер полупроводниковых компонентов), FT-17R (тестер реле).

FT-17HF (рис. 1) – это универсальная контрольно-измерительная система, позволяющая тестировать как цифровые микросхемы, так и микросхемы смешанного сигнала (ЦАП/АЦП). Открытый программный код дает возможность получить доступ к аппаратным и программным функциям системы.

По своим техническим характеристикам тестер не уступает зарубежным аналогам, однако имеет более низкую стоимость за счет отечественного производства. Основу комплекса FT-17HF составляет набор универсальных плат, выполненных по технологии «тестер-на-канал». Подобная архитектура позволяет получить максимум измерительных возможностей при минимальном времени контроля и низких затратах на изготовление измерительной оснастки. В состав комплекса мо-



Рис. 1. Тестер микросхем FT-17HF

жет входить до 12 универсальных плат с общим количеством выводов, достигающим 768 шт., и 96 источниками питания объекта контроля. Кроме того, в тестере реализована программно-аппаратная поддержка подключения внешнего измерительного оборудования для контроля компонентов смешанного сигнала (АЦП, ЦАП, ФАПЧ и др.). Дополнительно к базовым возможностям в системе могут быть реализованы заданные алгоритмы тестирования структур памяти («галоп», «марш», «шахматы» и др.).

Механическая конструкция тестера разработана с учетом требований электромагнитной совместимости, эргономики и безопасности. Необходимые температурные режимы внутри корпуса обеспечиваются системой воздушного охлаждения (водяное не требуется). Манипулятор позволяет вращать и перемещать тестовую голову по всем осям, что обеспечивает возможность жесткой

(бескабельной) стыковки со вспомогательным оборудованием: зондовыми установками, проходными камерами, автоподатчиками.

Области применения FT-17HF:

- ▶ выходной контроль интегральных микросхем (в корпусе и на полупроводниковой пластине) на производстве и в лабораторных условиях;
- ▶ входной контроль интегральных микросхем на предприятиях-потребителях;
- ▶ научно-исследовательские работы, контроль граничных параметров изделий микроэлектроники;
- ▶ образовательный процесс, изучение принципов работы микроэлектроники и тестового оборудования.

Отличительные особенности:

- ▶ высокая производительность за счет современной архитектуры «тестер-на-канал» и широких возможностей параллельного контроля;
- ▶ универсальность — контроль как цифровых, так и цифроаналоговых схем;

Таблица 1. Технические характеристики FT-17HF

Наименование характеристики	Значение
Количество измерительных каналов	768 (до 12 плат по 64 канала)
Максимальная частота следования тестовых векторов, Мбит/с	400
Дискретность задания временных параметров, пс (пикосекунды)	39
Количество временных меток на канал	4 или 8 (в режиме мультиплексирования)
Максимальное рассогласование каналов, пс	±250
Глубина памяти тестовых векторов на канал, Мбит	128 (расширение до 256)
Диапазон задания/контроля напряжения, В	-2...+6 (или 0...+8)
Максимальная потребляемая мощность, кВт	4
Система охлаждения	Воздушная
Сжатый воздух / вакуум	Не требуется

- ▶ гибкость — при необходимости конфигурация тестера легко изменяется и наращивается;
- ▶ измерительная часть тестера выполнена с применением последних технологий в области компонентной базы;
- ▶ простота создания тестовых последовательностей;
- ▶ простота в эксплуатации и обслуживании;
- ▶ возможность непосредственной стыковки («жесткая» стыковка) с автоматическими загрузчиками изделий (зондовые установки, проходные камеры и др.).



Рис. 2. Тестовая система FT-17DT проходит приемо-сдаточные испытания

Тестовая система FT-17DT (тестер микросхем настольного исполнения)

Тестовая система FT-17DT (рис. 2), представляющая собой настольный вариант тестера FT-17HF (DT — от англ. desktop, «настольный»), имеет удобный эргономичный дизайн, что делает ее лучшим решением для потребителей, которые занимаются сертификационными испытаниями микросхем или применяют у себя на предприятии входной контроль небольших партий компонентов. По своим техническим возможностям новая модель тестера ни в чем не уступает FT-17HF, единственное отличие — в максимальном количестве модулей rip-электроники (у FT-17DT — 4 модуля и 256 измерительных каналов; у FT-17HF — 12 модулей и 786 измерительных каналов).

Однако главное преимущество системы FT-17DT заключается

в том, что это, как и FT-17HF, продукт исключительно российской разработки: от электроники до корпуса.

Программное обеспечение тестера — XperTest — также является результатом работы специалистов «Совтест АТЕ» и, что немаловажно, использует русский язык (рис. 3).

В отличие от импортных аналогов, продукция российской компании «Совтест АТЕ» имеет различные конфигурации, что позволяет подстроиться под любые задачи заказчика. «Совтест», как отечественный производитель, гибче реагирует на запросы потребителей, легче находит общий язык с техническими специалистами заказчика. Немаловажный факт: тестеры микросхем российского производства на 30–50% дешевле зарубежных аналогов, а срок их поставки значительно меньше (от нескольких

недель). Компания предоставляет круглосуточный сервис, выезд специалиста — в течение суток по России, Беларуси, Казахстану.

Многофункциональный тестер реле FT-17R

Еще одна разработка ООО «Совтест АТЕ» — многофункциональный тестер реле FT-17R (рис. 4), предназначенный для измерения параметров электромагнитных реле постоянного и переменного тока и их проверки на соответствие техническим условиям и требованиям ГОСТ 16121-86.

Данное оборудование имеет широкую область применения. Его можно использовать для контроля параметров выпускаемой продукции на предприятиях — изготовителях электромагнитных реле, для входного контроля параметров реле на предприятии — потребителе продукции, а также для контроля параметров реле в сертификационных центрах и у «второго поставщика». С помощью этой разработки можно проводить диагностику отказов и исследовать параметры реле, в том числе при воздействии внешних факторов (вибрация, удар, климатические условия и т.д.). Многофункциональность тестера реле FT-17R делает его уникальным устройством. Его возможности позволяют контролировать до 6 обмоток реле и 8 контактных групп реле с возможностью увеличения и того, и другого. В базовой конфигурации в состав тестера входит одно рабочее место, но при этом существует возможность увеличить число одновременно тестируемых реле до четырех.

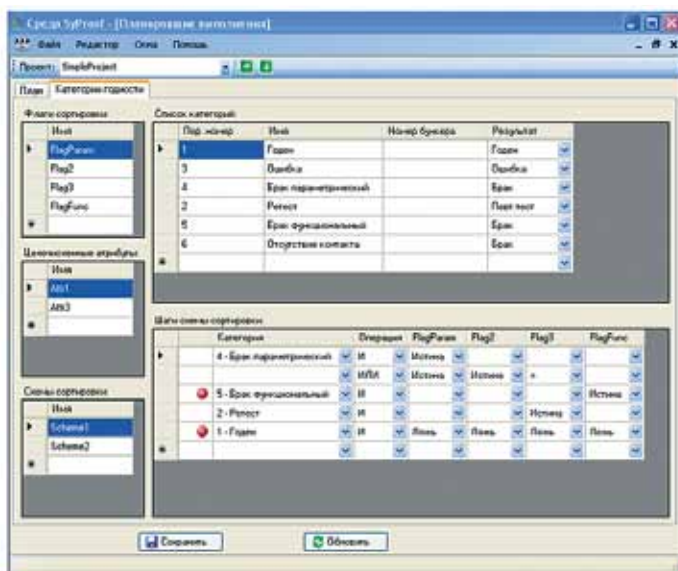


Рис. 3. Окно программного обеспечения XperTest



Рис. 4. Тестер реле FT-17R

С помощью тестера реле FT-17R можно проводить весь спектр измерений характеристик реле:

- ▶ измерение напряжения и тока срабатывания/отпускания;
- ▶ измерение сопротивления контактов и обмотки реле (4-проводное измерение);
- ▶ измерение сопротивления изоляции;
- ▶ измерение временных параметров (время срабатывания, время отпускания, время перелета, время переходного процесса «дребезга»);
- ▶ детектирование 3-точечного состояния и ложного срабатывания (при испытаниях на виброустойчивость).

Благодаря новейшим технологиям тестер сокращает время проверки, которая теперь занимает не более трех секунд на одно реле с двумя контактными группами. Оборудование может работать в двух режимах: исследовательском («расширенный режим») и режиме разбраковки («годен/негоден»).

Тестер реле FT-17R допускает одновременное подключение до 8 размыкающих, замыкающих или переключающих контактов. Он обеспечивает контроль временных параметров в режиме одиночного срабатывания и в режиме коммутации.

Контролируемые параметры:

- ▶ время срабатывания ($t_{ср.}$) — интервал времени с момента подачи рабочего напряжения на обмотку до первого замыкания замыкающих контактов (или размыкания размыкающих контактов, если реле имеет только размыкающие контакты);
- ▶ время отпускания ($t_{отп.}$) — интервал времени с момента снятия напряжения с обмотки до первого

замыкания размыкающих контактов (или размыкания замыкающих контактов, если реле имеет только замыкающие контакты);

- ▶ время дребезга при срабатывании ($t_{др. ср.}$) и при отпускании ($t_{др. отп.}$) — промежуток времени с момента первого замыкания контакта до начала последнего замыкания при его замыкании и с момента первого размыкания до последнего размыкания контакта при его размыкании;

- ▶ время перелета при срабатывании ($t_{пер. ср.}$) и при отпускании ($t_{пер. отп.}$) — интервал времени с момента первого размыкания размыкающего контакта до первого замыкания замыкающего контакта;
- ▶ разновременность ($t_{разновр.}$) для реле, содержащих более 1 группы на переключение, — интервал времени с момента первого замыкания любого из замыкающих контактов до замыкания последнего из замыкающих при срабатывании и отпускании.

При измерении $t_{ср.}$, $t_{отп.}$, $t_{пер.}$, $t_{разновр.}$ время дребезга не учитывается.

Для проверки реле используются контактные устройства, изготавливаемые под требуемые типы корпусов.

В комплекте с тестером реле FT-17R заказчику поставляется программное обеспечение для проведения непосредственно процесса тестирования, а также для редактирования и составления оператором тестера собственных программ проверки реле. Дополнительно предоставляется программное обеспечение и комплект оборудования для

проведения самодиагностики и метрологической поверки тестера. Также предусмотрены обработка и вывод статистической информации.

Многофункциональный тестер реле FT-17R включен в Государственный реестр средств измерений, допущенных к применению в Российской Федерации, под номером 48854-12.

Тестер полупроводниковых компонентов FT-17SC

Еще одна разработка ООО «Совмест-АТЕ» — тестер полупроводниковых компонентов FT-17SC (рис. 5), который предназначен для задания и контроля электрических режимов полупроводниковых приборов (диодов, стабилитронов, оптопар, транзисторов, MOSFET, IGBT, симисторов и др.) на этапе испытаний, а также для измерения электрических параметров и характеристик изделий в процессе исследований.

Область применения — входной и выходной контроль полупроводниковых компонентов. Диапазоны токов и напряжений, которые подает и измеряет тестер в базовой комплектации:

- ▶ 2,0 нА — 50 А для токов;
- ▶ 10 мВ — 1000 В для анодного напряжения;
- ▶ 10 мВ — 20 В для напряжений на управляющих электродах полупроводниковых компонентов.

Опционально эти диапазоны можно расширить до:

- ▶ 100 А для токов;



Рис. 5. Тестер полупроводниковых компонентов FT-17SC

- ▶ 2000 В для анодных напряжений;
- ▶ 80 В для напряжений на управляющих электродах полупроводниковых компонентов.

Электропитание комплекса тестера осуществляется от однофазной сети:

- ▶ напряжением 220 (+22–34) В;
- ▶ частотой (50 ± 1) Гц;
- ▶ потребляемый ток – не более 7 А.

Конструкция и схемотехнические решения тестера обеспечивают простоту проверки, технического обслуживания и ремонта в процессе эксплуатации. Управление осуществляется с персонального компьютера по интерфейсу RS-232. Тестер снабжен визуальной сигнализацией.

Устройство обеспечивает непрерывный сбор и запись информации от измерительного шасси и вывод ее на печать.

В тестере реализована опция графопостроителя. Согласно программе испытаний, тестер может отобразить и вывести на печать различные графические характеристики полупроводниковых компонентов.

Комплексное решение для контроля параметров MEMS

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) – небольшие устройства, объединенные с полупроводниковыми приборами и сочетающие характеристики электронных схем и механических компонентов (рис. 6).

Различные типы МЭМС требуют контроля параметров при физических, температурных воздействиях и прочих условиях. Обычно для достижения надежной и точной проверки устройства требуется тщательный выбор, дизайн и интеграция каждого компонента подсистемы, включая измерительное оборудование, устройство для механического воздействия, тестовый адаптер, оборудование для задания температурных режимов и программное обеспечение.

Используя собственные разработки в качестве измерительного оборудования, ООО «Совтест АТЕ» проектирует и поставляет «под ключ» как испытательные решения МЭМС для мелкосерийного производства (полуавтоматические), так и полностью автоматизированные системы для проверки крупных серий.



Рис. 6. Комплекс МЭМС для контроля параметров

Решение для мелкосерийного производства

Полуавтоматическое (требующее минимального участия оператора) решение для мелкосерийного производства обычно включает:

- ▶ измерительное оборудование, в качестве которого применяются тестеры компонентов из разработанных ООО «Совтест АТЕ»;
- ▶ тестовый адаптер с контактными устройствами для установки одного или более объекта тестирования;
- ▶ оборудование для задания физических воздействий на объект тестирования.

Тестовый адаптер устанавливается на оборудование для задания физических воздействий и с помощью кабельного комплекта стыкуется с измерительной системой. Все компоненты системы объединены одной программной средой, задача которой – контролировать процесс тестирования, задавать воздействующие условия, измерять выходные сигналы, накапливать статистику и т.д. Оборудование для задания физических воздействий может представлять собой как простые стенды для имитации какого-либо одного воздействия, так и сложные многокомпонентные стенды. Приведем два примера.

Пример 1. Тестирование параметров МЭМС-акселерометров

Система применяется для контроля параметров МЭМС-акселеро-

метров на производстве и входном контроле.

Проверяемые параметры:

- ▶ коэффициент преобразования МЭМС;
- ▶ нестабильность коэффициента преобразования при изменении температуры;
- ▶ линейность коэффициента преобразования;
- ▶ ток потребления МЭМС;
- ▶ значение смещения нуля и нестабильность смещения нуля;
- ▶ динамические характеристики МЭМС (полоса пропускания).

Состав системы:

- ▶ калибровочный вибростенд TV 51140-C (Tira);
- ▶ мобильная испытательная система TP04300A (Temptronic);
- ▶ комплекс измерительный для функционального контроля FT-17.

Основные характеристики:

- ▶ максимальное задаваемое ускорение: до 68 g;
- ▶ диапазон частот, задаваемых вибростемой: от 40 Гц до 25 кГц;
- ▶ максимальное выталкивающее усилие: 400 Н;
- ▶ диапазон задаваемых термосистемой температур: $-80...+225$ °С;
- ▶ скорость изменения температуры: от -55 до $+125$ °С за 5 с;
- ▶ подача напряжения питания на тестируемую МЭМС: от 30 В, 5 А;
- ▶ сканирование выходных характеристик тестируемых МЭМС: с помощью осциллографа, с полосой пропускания 70 МГц;
- ▶ одновременное измерение до 64 каналов.

Метрологическая поддержка

Решение включено в Госреестр средств измерений (сертификат об утверждении типа средства измерения военного назначения).

Пример 2. Тестирование параметров МЭМС-гироскопов, датчиков угла

Второй пример – система, которая применяется для контроля параметров МЭМС-гироскопов, датчиков угла, наклона и угловых скоростей на производстве и входном контроле. Может быть использована для калибровки МЭМС-акселерометров. Контролируемые параметры:

- ▶ коэффициент преобразования МЭМС;

- ▶ нестабильность коэффициента преобразования при изменении температуры;
- ▶ линейность коэффициента преобразования;
- ▶ ток потребления МЭМС;
- ▶ значение смещения нуля и нестабильность смещения нуля;
- ▶ динамические характеристики МЭМС (полоса пропускания).

Состав системы:

- ▶ двухосевой стенд задания физического воздействия;
- ▶ температурная камера;
- ▶ комплекс измерительный для функционального контроля FT-17.

Основные характеристики:

- ▶ диапазон задания угловой скорости: ± 1500 °/с (для внутренней оси);
- ▶ диапазон задания угла: ± 360 ° (для внутренней оси), $0...90$ ° (для внешней оси);
- ▶ точность задания угловых величин: $\pm 0,0005$ °;
- ▶ диапазон температур, задаваемых термокамерой: $-60...+125$ °С;
- ▶ скорость измерения температуры: 4 °/сек;
- ▶ подача напряжения питания на тестируемые МЭМС: от 30 В, 5 А;
- ▶ сканирование выходных характеристик тестируемых МЭМС: с помощью осциллографа, с полосой пропускания 70 МГц;
- ▶ одновременное измерение до 64 каналов.

Метрологическая поддержка

Решение включено в Госреестр средств измерений (сертификат об утверждении типа средства измерения военного назначения).

Программное обеспечение XperTest

Для управления работой тестеров компонентов используется программное обеспечение XperTest, разработанное специалистами ООО «Совтест АТЕ». ПО представляет собой графический интерфейс пользователя, в котором удобно самостоятельно разрабатывать тестовые последовательности для тестирования микросхем, а также контролировать результаты измерений. Важно, что данное ПО можно видоизменять и адаптировать к конкретным требованиям пользователя.

Создание тестовой программы в общем случае сводится к введе-

нию данных (которые пользователь получает из технических условий на тестируемые компоненты) в диалоговые окна программы. Тестовые последовательности формируются в виде таблиц функционирования или в графическом редакторе, который также выполняет функцию монитора входных/выходных сигналов. Таблицы тестовых последовательностей вводятся вручную или автоматически транслируются в формат тестера из файла САПР типа «Невод», VCD, STIL и др. Разработка тестовых программ основана на применении стандартных и пользовательских методов контроля (библиотек контроля). При этом сам процесс разработки значительно сокращается и упрощается, повышается полнота и достоверность результатов тестирования. Также программное обеспечение включает в себя мощный инструментальный для отладки тестовых программ и исследования выдаваемых и считываемых значений.

Стоит отметить, что специалисты ООО «Совтест АТЕ» постоянно повышают уровень своей компетентности в разработке и создании современного тестового программного обеспечения. В сентябре 2012 года они приняли участие в обучающем семинаре «Основы цифрового тестирования и тестирование смешанного сигнала», организованном компанией SmarTest (Германия).

Обучение проходило по программе, разработанной компанией Soft Test (США), которая свыше 30 лет создает эффективные курсы по тестовым технологиям. В свою очередь, немецкие специалисты из SmarTest, ведущего европейского обучающего центра, подобрали оптимальную программу, позволяющую усовершенствовать навыки разработки современного тестового ПО с минимальными затратами времени и труда.

В результате обучения инженеры «Совтест АТЕ» получили возможность не только укрепить свои знания, но и решить ряд практических вопросов. Теперь специалисты компании готовы к выполнению самых сложных задач по разработке методик контроля параметров и функционального тестирования цифровых



Рис. 7. Сертификаты, выданные компанией SmarTest специалистам «Совтест АТЕ» после курса обучения

микросхем и микросхем смешанного сигнала (АЦП, ЦАП). По итогам учебного курса и успешного выполнения тестовых заданий инженерам «Совтест АТЕ» были выданы соответствующие сертификаты (рис. 7).

Заключение

Многолетний опыт работы в области контроля качества изделий электроники и доступ к передовым мировым технологиям позволили специалистам «Совтест АТЕ» разработать решения, не уступающие зарубежным аналогам и способные составить достойную конкуренцию имеющимся на рынке тестовым системам. Понимание специфики потребностей отечественных предприятий обеспечило полное соответствие тестовых систем FT-17HF, FT-17DT, FT-17SC, FT-17R их основным производственным нуждам. И в данном случае лейбл «Сделано в России» не только повод для гордости, но и гарантия эффективной работы оборудования.

Р.А. Малышев, заместитель
технического директора,
ООО «Совтест АТЕ», г. Курск,
тел.: (800) 200-5417,
e-mail: info@sovtest.ru,
www.sovtest.ru