

# ЭКСПЕРТ+

ЗНАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ

## Дополненная реальность

Современные технологии  
в производстве кабельных сборок  
и жгутов

## На пределе возможностей

Методы и оборудование,  
позволяющие оперативно  
выявить дефекты изделий

## Вот и он, вот ион...

Контроль уровня ионных  
загрязнений как элемент управления  
технологическим процессом

# + Устойчивый курс



 ДИПОЛЬ

# От редакции



Игорь Ивичев,  
директор по маркетингу  
компании «Диполь»



## **Фактор импортозамещения катализировал развитие радиоэлектроники в России: предприятия увеличили усилия по обновлению производственной базы**



Дорогие друзья, коллеги!

2017-й год, объявленный в России годом экологии, подходит к концу. Но экологические проблемы, затрагивающие участников рынка радиоэлектроники в не меньшей степени, чем других, не теряют своей остроты. Судите сами: «Промышленная революция 4.0», «Интернет вещей», энергоэффективность и производительность — работая в этих направлениях, мы все больше внимания уделяем вопросам природоохраны и экологического развития нашей страны. Надо сказать, что еще в начале уходящего года некоторые эксперты предрекали стагнацию и умеренный рост рынка электротехники, строя свои прогнозы на влиянии санкционной политики в адрес России и конъюнктуре развития макроэкономических процессов. Но, как можно видеть, не всем прогнозам суждено

было сбыться. Так, например, ставший «притчей во языцех» фактор импортозамещения катализировал развитие радиоэлектроники в России: отечественные промышленные предприятия увеличили усилия по обновлению производственной базы, укрепили независимость, повысив конкурентоспособность страны.

На смену году экологии приходит год театра. Логично предположить, что он тоже принесет свои плоды, подтолкнет к творческому подходу, подскажет новые направления развития. Наверняка 2018-й будет и интересным, и сложным, и, будем надеяться, разовьет достижения завершающегося «экологического года».

Пусть в новом году удача неотступно сопутствует всем в решении рабочих вопросов и в личных делах. Стабильности и процветания, мира и любви!

# Содержание



**4.**  
**Технологии**  
Дополненная  
реальность

**18.**  
**Технологии**  
На пределе  
возможностей

**28.**  
**Оборудование**  
Классный красный

**34.**  
**Событие**  
Продуктроника

**36.**  
**Оборудование**  
Швейцарский нож

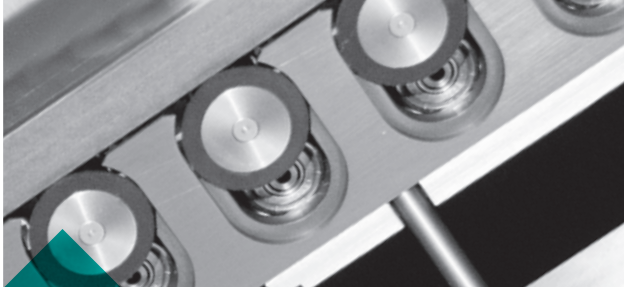
**42.**  
**Оборудование**  
Smart значит умный

**52.**  
**Новость**  
Высшая школа СМТ

**56.**  
**Оборудование**  
Гибкая конфигурация







Научно-технический журнал «Эксперт+» является корпоративным информационным изданием компании «Диполь». Журнал посвящен инновационным решениям для разработки, производства и испытаний электронной техники.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 — 58957 от 05 августа 2014 года.  
Учредитель ЗАО «Диполь Технологии». Периодичность выхода — 4 раза в год. Тираж 2500 экз.  
Распространяется бесплатно.

Подписка на журнал осуществляется запросом в произвольной форме на электронный адрес: [expert@dipaul.ru](mailto:expert@dipaul.ru)

Редакционный совет:  
Игорь ИВИЧЕВ  
Алексей СМЫШЛЯЕВ  
Главный редактор:  
Алексей СМЫШЛЯЕВ  
Дизайн и верстка:  
Виктория СИБИРЦЕВА

Компания «Диполь»  
Санкт-Петербург  
(812) 702 12 66  
Москва  
(495) 645 20 02  
Нижний Новгород  
(831) 464 97 27  
Екатеринбург  
(343) 227 12 66  
Прага  
+420 2 5573 9633

[expert@dipaul.ru](mailto:expert@dipaul.ru)  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru)



# 62.

## Новость

По заказу «Авроры»

# 66.

## Оборудование

На одном языке

# 72.

## Заказчик

Step by КЭП

# 78.

## Событие

World Skills

# 82.

## Технологии

Вот и он, вот ион

# 90.

## Событие

Диполь на выставке 3D



# Дополненная реальность

Производство кабельных сборок и жгутов:  
современные технологии приходят на смену  
ручному труду







Радиоэлектронное оборудование (РЭА) присутствует практически во всех отраслях современной промышленности и занимает весомую часть при разработке и производстве сложных изделий. Гибкость при использовании новых технологических решений в настоящий момент становится ключевым фактором, позволяющим компаниям занимать лидирующие позиции на рынке. При этом, как говорится, «стать лучшим

несложно, сложнее лучшим оставаться». Существует немало примеров того, как всемирно известные компании, достигшие больших высот в своей области, из-за ошибок в выборе технологий оказались буквально на грани выживания. В этой статье мы поговорим об интересном, но сложном мире кабельных сборок и жгутов, без которого трудно представить развитие мировой индустрии.



Ольга Артюшкина,  
специалист технической поддержки продаж  
направления «Решения для производства  
кабельных сборок и жгутов» ГК «Диполь»  
aov@dipaul.ru

## Кабельные сборки и жгуты в современной технике

Жгут (в контексте электротехники) представляет собой сборку из двух и более (до нескольких сотен) изолированных проводов, соединенных в пучок каким-либо способом. Такая сборка применяется при электрическом соединении элементов различных машин и приборов.



Рис. 1. Жгут



Под кабельной сборкой (КС) понимается соединение разъема и кабеля, что, фактически, уже является готовым продуктом. Удобство применения КС вкратце можно описать так: «Проложил — подключил — работает».

Рис. 2. Кабельная сборка

КС и жгуты применяются практически во всех ключевых отраслях: космонавтика, авиация, железнодорожная техника, автомобилестроение, судостроение, военная промышленность, общепромышленное применение. При этом классификация жгутов и КС соответствует требованиям, действующим в каждой области (масса, безопасность, стойкость к различным воздействиям и т. п.). Так, по способу применения жгуты делятся на внутриблочные (для соединения элементов внутри прибора) и межблочные (для соединения разных приборов в одну систему).

Пожалуй, самым распространенным примером межблочного соединения является обычный стационарный персональный компьютер. Связь системного блока с монитором, клавиатурой, мышью и т. п. происходит через подключение к нему кабелей. Все эти элементы составляют в итоге единую систему. Содержимое системного блока компьютера, где провода соединяют между собой отдельные комплектующие, является наглядным примером внутриблочного монтажа. Более сложной системой являются межблочные кабели, используемые в авиационной технике для соединения всей аппаратуры на борту.





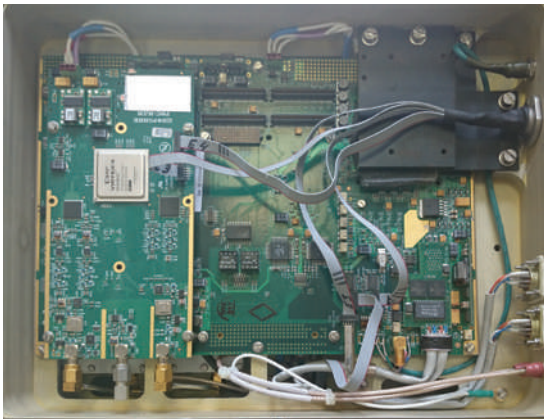


Рис. 3. Пример внутриблочного монтажа цифрового блока приема-передачи

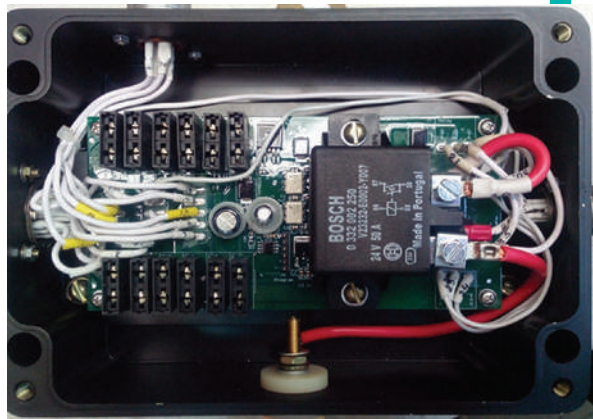


Рис. 4. Пример внутриблочного монтажа. Блок распределительного устройства

## Ручное производство КС и жгутов. Проблемы и недостатки

Несмотря на развитие автоматизации производства, сборка жгутов зачастую осуществляется с применением ручных инструментов, что обусловлено спецификой определенных изделий и невозможностью автоматизации некоторых этапов сборки.

Специалисты с опытом работы на производствах, связанных с авиационной и прочей техникой военного назначения, где нередко используются специализированные, сложные в обработке провода марок РК, МС, МГТФ, МГШВ НВ, БПВЛ, могут подтвердить, что монтажники зачастую вынуждены использовать не совсем характерные инструменты, например медицинский скальпель. Данный инструмент позволяет прекрасно справляться с зачисткой проводов с силиконовой или резиновой оболочкой. Видимо, поэтому,



Рис. 5. Снятие изоляции с провода паяльником

несмотря на высокую вероятность испортить заготовку, этот «непрофильный» инструмент часто используется на производстве.

Следующим примером нетрадиционного способа зачистки проводов является применение паяльника и устройств термозачистки (т. н. «обжигалки»). Но такая операция может повлечь перегрев токоведущей жилы и налипание расплавленной изоляции на жилу.

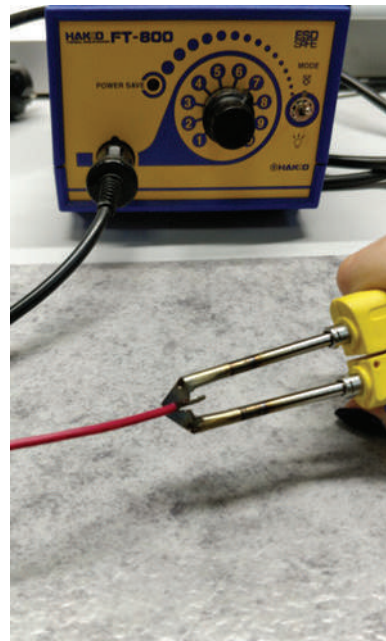


Рис. 6. Снятие изоляции с провода устройством термозачистки

При механическом воздействии также не гарантируется высокое качество зачистки, так как сложно избежать подрезания провода или его царапин, которые могут привести к выходу жгута из строя в процессе эксплуатации.

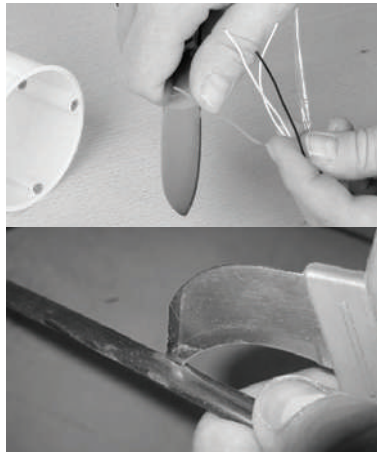


Рис. 7. Зачистка провода ножом

Очевидно и то, что при ручной обработке не приходится говорить о высокой производительности и скорости процесса. Перечисленные недостатки, а также большая трудоемкость технологического процесса без гарантии повторяемости качества (соответственно, и высокий процент брака) мотивируют производителей внедрять автоматизированные производственные линии и использовать современные технологии на всех этапах производственного цикла.

## Современные технологии проектирования КС и жгутов

Производители, которые стремятся повысить качество выпускаемой продукции и снизить влияние человеческого фактора, внедряют автоматизированные линии и используют современные технологии на всех этапах производственного цикла.

На начальном этапе создания жгутов выполняется проектирование всего процесса, которое позволяет избежать корректировок и задержек на последующих этапах

производства. Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) существенно снижают время разработки конструкторской и технологической документации, позволяют макетировать положение жгута в изделии в 3D-формате, оперативно выполнять изменения конструкции изделия и отслеживать весь жизненный цикл продукта, начиная от первого эскиза жгута и заканчивая стендом выходного контроля.

В настоящее время автоматизация проектирования жгутов идет по двум основным направлениям:

- Небольшие компании, в которых производство кабельной продукции не является основным видом деятельности, используют неспециализированные САПР, перенося вручную полученные на них результаты разработки на производственный участок.
- Крупные и узкопрофильные производители жгутов, обладающие автоматизированной производственной базой, используют САПР, специализирующиеся на работе со жгутами. Это позволяет автоматически передавать информацию о разработанном изделии на автоматизированные участки и линии нарезки, зачистки и т. д.

**САПР существенно снижают время разработки конструкторской и технологической документации, позволяют макетировать положение жгута в изделии в 3D-формате, оперативно выполнять изменения конструкции изделия и отслеживать весь жизненный цикл продукта, начиная от первого эскиза жгута и заканчивая стендом выходного контроля.**

К одной из таких специализированных систем проектирования относится See Electrical Expert — разработка французской компании IGE+XAO Group, предлагающей автоматизированные программные решения для проектирования в области электротехники и автоматики. Эта САПР включает в себя линейку программных модулей и конфигураций, основной задачей которых является создание логики электротехнического проекта. Предлагаемое решение, используемое на разных стадиях разработки высокотехнологичных изделий, обеспечивает сквозной цикл «проекти-

рование–производство», позволяет эффективно решать задачи, связанные с проектированием электрических жгутов кабельной сети, за счет обеспечения совместимости между электрическими схемами, автоматически осуществлять оптимальную прокладку кабелей с помощью функции автоматической разводки, а также предоставляет данные по длинам проводов в жгутах, массе и диаметру ветвей жгутов.

Преимуществом See Electrical Expert также является совместимость с программами, активно применяемыми в машиностроении и авиационной промышленности:

NX (Unigraphics), Catia, TeamCenter, AutoCAD, SolidWorks, SolidWorks Enterprise PDM.

САПР оперируют объемными базами радиоэлектронных компонентов, шаблонов и инструментов для быстрого и качественного создания проектной и конструкторской документации электронных изделий и жгутов. Также они позволяют ускорить технологическую подготовку производства, передавая информацию непосредственно от конструкторского отдела на линию производства с учетом технологических особенностей каждой сборки.

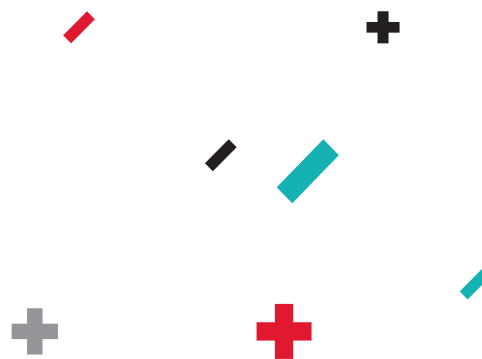
## Автоматизированные линии производства КС и жгутов, типы оборудования, преимущества, распространение

Прежде чем приступить к началу изготовления жгутов, как правило, сотруднику (производственному мастеру) необходимо получить всю необходимую комплектацию. В условиях огромной номенклатуры изделий на производственных складах используется адресная система хранения с автоматизированным учетом складских запасов, при котором все изделия маркируются и учи-

тываются при получении и выдаче со склада. Вся информация сводится в единую базу данных, где можно отследить потребность и остаток каждого компонента на складе.

Далее провода поступают на участок мерной резки. Здесь могут использоваться автоматические машины (типа EcoCut 3200, 3300, PowerCut 3700) для мерной резки проводов и кабелей различного

сечения. Резка осуществляется специальными ножами, позволяющими обеспечить качественный срез провода без деформаций и сплющиваний. Преимуществом данных машин является возможность построения на их базе технологической линии по мерной резке с использованием в составе линии разматывающего податчика, принтера для нанесения маркировки и сборщика проводов.



На следующем этапе проводится зачистка концов проводов на зачистных машинах, выбор которых напрямую зависит от типа применяемого кабеля и способа зачистки. На сегодня наилучшим решением этой задачи является применение машин производства компании Schleuniger, линейка которых включает в себя серии машин для различных областей применения, таких как:

- RotaryStrip — для зачистки труднообрабатываемых видов изоляции проводов, требующей дополнительной скрутки внутренних жил;
- UniStrip — для зачистки кабелей и проводов в оболочке;
- JacketStrip — для снятия оболочки кабеля, в том числе не круглого сечения;
- ShieldCut — для обрезки экранирующей оплетки кабеля;
- CoaxStrip — для ступенчатой зачистки коаксиальных кабелей.



Рис. 8. Механический рабочий стол для раскладки жгутов

Перечисленные машины обладают возможностью выбора различной последовательности зачистки проводов.

Отдельного внимания заслуживает машина для лазерной зачистки проводов и кабелей Mercury-4, в которой использование углеводородного лазера позволяет выполнять бесконтактную зачистку любых полимерных материалов изоляции кабелей различного типа.

Универсальные машины серий MultiStrip, EcoStrip, PowerStrip и MegaStrip совмещают в себе функции мерной резки и зачистки проводов и позволяют, в соответствии с заданной программой, обрабатывать провод сечением до 300 мм<sup>2</sup> и диаметром до 35 мм, обеспечивая при этом обработку внутренних жил многожильного кабеля.

Для установки на провод наконечников (или контактов) используются специальные машины для опрессовки (UniCrimp), а также оборудование, способное совмещать функции зачистки и обжима (семейство машин StripCrimp).

Не менее важным этапом при производстве жгутов является маркировка проводов, для которой целесообразно использовать специальные маркировочные принтеры (например, принтер горячей штамповки HotStamp 4140, термотрансферный принтер TTP 4000 либо



каплеструйный принтер AlphaJet), наносящие на провода условные обозначения в соответствии с электрической схемой. Выбор оборудования зависит от типа изоляции кабельной продукции.

В зависимости от специфики производства к процессу могут подключаться дополнительные станки для свивки проводов (WireTwister — изготовление витой пары с контролем шага свивки), оплеточные машины, формирующие на поверхности жгута экранирующий или защитный слой (производитель ОМА), и т. д.

Важно отметить, что перечисленные подготовительные операции занимают основной объем работ при изготовлении жгутов, поэтому применение автоматизированного оборудования существенно снижает трудоемкость изготовления, повышает повторяемость и надежность технологических процессов, что, при отсутствии влияния человеческого фактора, значительно повышает уровень качества и надежности жгутовых изделий.

Сборка сложных жгутов осуществляется на специализированном механическом рабочем столе (рис. 8) либо на интерактивной панели Orbita P150 (рис. 9), отображающей созданную в автоматизированном режиме электронную модель кабельной сборки или жгута.

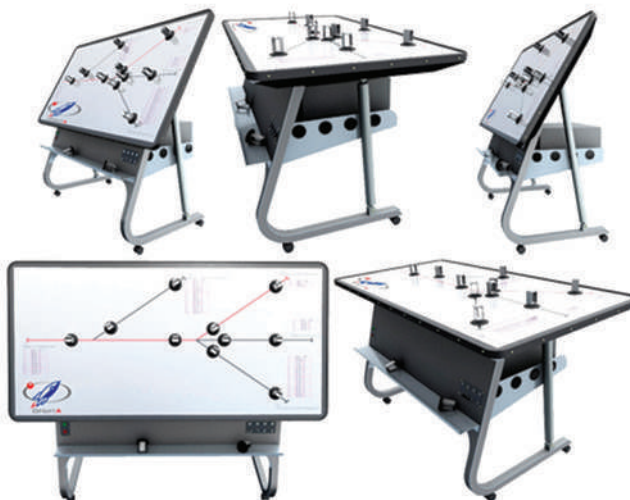


Рис. 9. Интерактивная панель Orbita P150

Преимущества интерактивной панели перед обычным рабочим столом очевидны: она позволяет визуализировать не только процесс сборки и распайки, но и всю дополнительную информацию по каждому сборочному этапу. Сборщик, применяя систему электронного считывания маркировки с проводов (рис. 10), проводит трассировку проводов жгута в соответствии с конструкторской документацией, при этом на самой панели происходит подсвечивание трассы считанного провода.

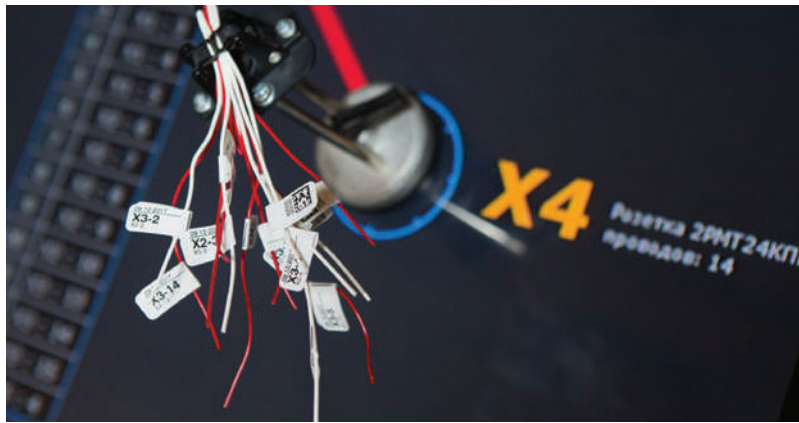


Рис. 10. Электронная маркировка проводов с помощью штрихкодов



Неотъемлемой частью технологического процесса производства КС и жгутов является операция по герметизации кабельных разъемов (заливка), предназначенная для защиты соединения кабеля внутри разъема от воздействия влаги, высоких вибрационных и ударных нагрузок в процессе эксплуатации в изделии. Так как операция предполагает использование, в основном, ручного труда, возможен высокий процент брака, поскольку самым важным моментом в этой операции является приготовление компаунда — смешивание разных по вязкости компонентов. От качества готовой смеси зависит работоспособность изделия и его срок службы. При ручном смешивании в смесь нагнетается большое количество воздуха, что негативно отражается на качестве продукции. Важно

помнить, что качество заливки трудно проконтролировать в закрытом разьеме.

Для обеспечения качественной заливки соединителей необходимо переходить от ручного труда к автоматизированным системам смешивания компаундов. К современным решениям, позволяющим обеспечить качественную подготовку компонентов материалов (в том числе с вакуумированием, нагревом), а также повторяемое смешивание компонентов в правильной пропорции, можно отнести высокоскоростные лабораторные и планетарные миксеры (например, SpeedMixer производства Hauschild&Co).

Одной из систем управления производством, позволяющей наладить автоматизированный процесс производства в части управления заказами на изготовление продук-

ции, технической подготовки производства, материально-технического снабжения и планирования производства, является автоматизированная система «Орбита: Управление производством». Эта система позволяет связать воедино все элементы производства, создавая единое информационное поле для работы каждого подразделения предприятия, обеспечивая быструю передачу информации с участка на участок, сквозной контроль всех производственных показателей, планирование загрузки производства и диспетчеризацию заданий. Кроме того, она позволяет управлять загрузкой персонала и рабочих центров.

Несмотря на высокую закупочную стоимость технологического оборудования, расходы на его закупку и внедрение окупаются за несколько лет.



## Контроль качества КС и жгутов с помощью современных систем автоматизированного контроля

Заключительным этапом производства является проверка качества собранных жгутов, от которого зависит срок службы, производительность и, как следствие, конкурентоспособность изделия.

Проверку жгута на соответствие схеме, как правило, выполняют на специальных прозвоночных стендах или на тестерах проводного монтажа, позволяющих замерять сопротивление изоляции и пробоя, проводить полную проверку жгутов на соответствие схеме, отсутствие короткого замыкания.

Далеко не на всех предприятиях имеются современные системы для контроля качества КС и жгутов. Более того, не на каждом производстве вообще имеют представление о существовании современных систем контроля.

Так, к примеру, на одном из предприятий, специализирующихся на выпуске электротехнических изделий, где «с нуля» создаются

жгуты и КС, по сей день, в условиях серийного производства, прозвонка жгутов осуществляется с помощью мультиметра либо самодельного автоматического стенда проверки (рис. 11). Устройство такого стола несложное. В зависимости от используемого на жгуте разъема к нему подключается сменный модуль с установленными ответными разъемами. Каждый сменный модуль предназначен для определен-

ного вида разъема (рис. 12). Жгут подключается к необходимому модулю, после чего в специальной программе выбирается конкретный вид жгута (кабеля), и начинается процесс проверки. Результаты тестирования отражаются в программе. Из-за ограниченной линейки сменных модулей номенклатура контролируемых жгутов является не полной. Поэтому без применения мультиметра не обойтись.

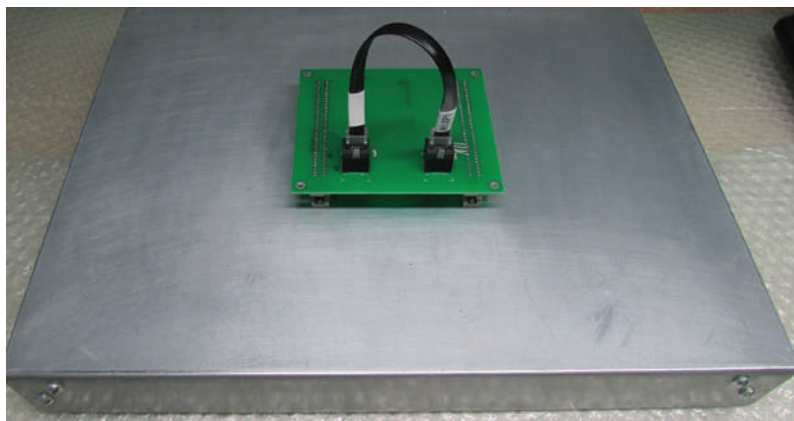


Рис. 11. Самодельный стенд для проверки жгутов



Рис. 12. Сменные модули

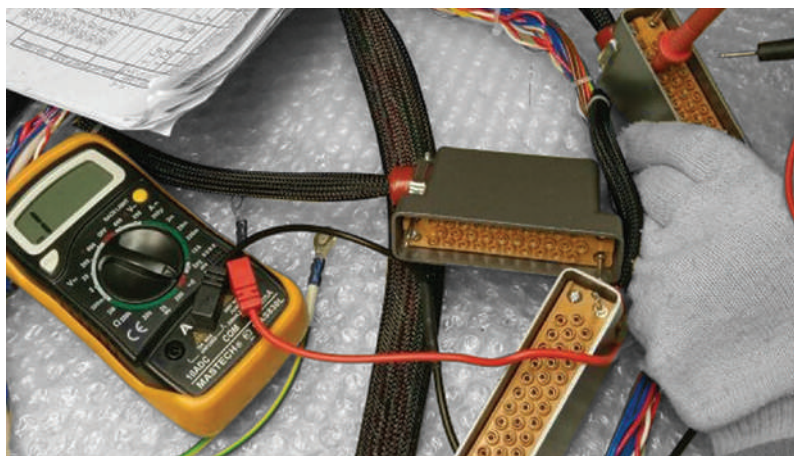


Рис. 13. Применение мультиметра при прозвонке жгута

КС и жгуты военного и космического назначения проходят военную приемку (ВП) МО РФ, и производители крайне заинтересованы в использовании новейших технических решений.

Упомянув современное оборудование, хочется выделить самую популярную в России автоматизированную систему контроля монтажа ТЕСТ-9110-VXI (холдинг «Информтест»), предназначенную для измерений и проверки таких параметров, как: сопротивление изоляции (мегаомметр); емкость; электрическая прочность; изоляция цепи; целостность цепей; короткое замыкание между цепями; сопротивление изоляции; электрическая прочность всех цепей.

По мнению специалистов, главное достоинство данной системы заключается в ее составе, сочетающем различные модули, число которых определяется количеством каналов, необходимых потребителю. Основными исполнительными модулями, входящими в состав ТЕСТ-9110-VXI «Полет», являются:

- Измеритель ИС4. Он выполняет функцию высокоточного мультиметра, мегомметра и прецизионного источника переменного и постоянного напряжения.

- Коммутаторы ВВК5, ВВК6, ВВК6М и ВВК7. Они обеспечивают коммутацию измерителя на проверяемый канал и автоматизацию проверок.
- Модуль-контроллер Ethernet-VXI, который выполняет функцию информационно-технического взаимодействия с персональным компьютером.
- Крейт VXI, обеспечивающий размещение всех модулей, входящих в ТЕСТ-9110-VXI.

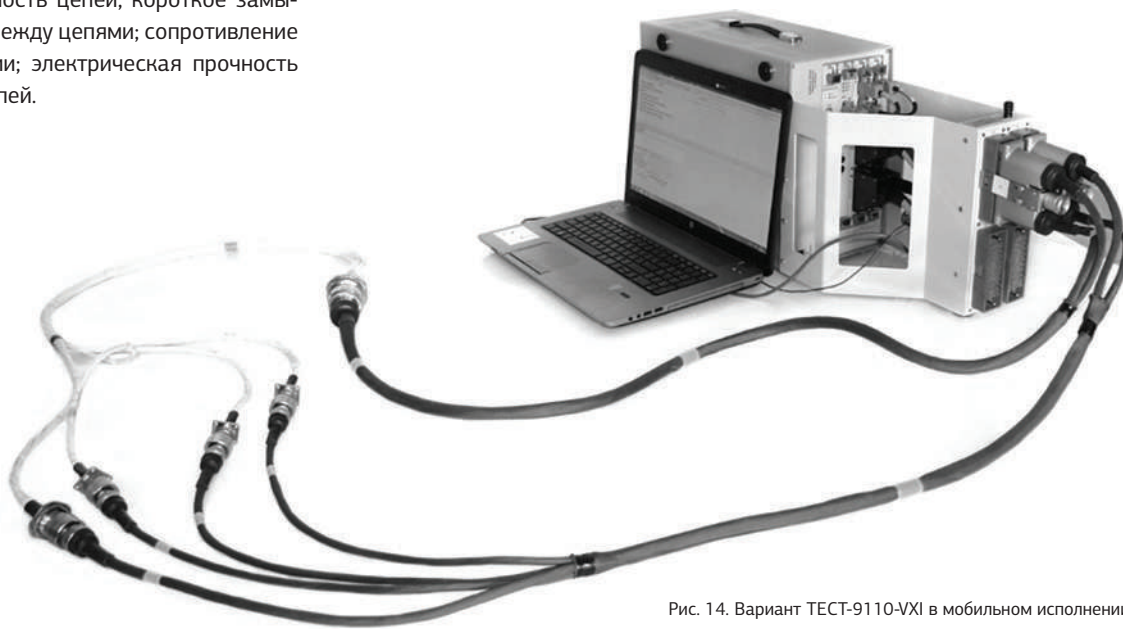


Рис. 14. Вариант ТЕСТ-9110-VXI в мобильном исполнении

**Универсальные машины серий MultiStrip, EcoStrip, PowerStrip и MegaStrip совмещают в себе функции мерной резки и зачистки проводов и позволяют обрабатывать провода различных сечений, обеспечивая при этом обработку внутренних жил многожильного кабеля**





Еще одно преимущество этой системы контроля — гибкость, позволяющая использовать одни и те же модули как в стационарном, так и мобильном вариантах (рис. 14, 15). Благодаря такому решению система может применяться там, где использование больших универсальных машин нецелесообразно. К тому же применение одной системы в разных исполнениях позволяет отказаться от использования тестеров сторонних производителей со своим программным обеспечением.

К достоинствам системы ТЕСТ-9110-VXI относится и возможность поставки с заключением ВП, а также высокие точность измерений и скорость работы, сокращающие время проверки и исключают влияние человеческого фактора.



Рис. 15. Вариант ТЕСТ-9110-VXI в стационарном исполнении

Гарантия на системы контроля монтажа ТЕСТ-9110-VXI составляет от трех до десяти лет: не каждый производитель готов похвастаться такими сроками.

Контроль качества жгутов оценивается не только электрическими параметрами, но и такой механической характеристикой, как качество обжима наконечника. Данный параметр, в основном, контролируется по усилию отрыва обжатого наконечника от провода с помощью разрывных машин (PullTester). Проверка самого усилия обжима осуществля-

ется с помощью специального блока контроля (ACO 07). Более детальное исследование обжатого соединения можно проводить, анализируя поперечный срез выборочных образцов кабелей с помощью микрографического анализа (типа MicroGraph System, ElektrolyteStaining Unit, SawInspect System 6).

В современных многофункциональных автоматизированных станках контроль качества жгутов проводится непосредственно при изготовлении, и такие параметры, как высота обжима и усилие

на разрыв, контролируются непосредственно перед запуском каждой партии. При обжиме наконечников контролируется обжимное усилие, что позволяет получать до 100% качественных изделий на выходе из автоматической линии.

В условиях жесткой конкуренции на рынке сложно рассчитывать на хорошие перспективы без усовершенствования производственных процессов, без внедрения в них достижений научно-технического прогресса (НТП). В сфере жгутового производства к результатам НТП можно отнести следующие перспективные разработки:

- Интерактивный стол для раскладки жгутов, обеспечивающий безошибочную сборку жгутов.
- Промышленный робот-манипулятор (рис. 16), функция которого сводится к ряду типовых действий в пространстве: взять — положить, поднять — опустить, повернуть, перенести и т. д. На базе таких роботов можно осуществлять транспортирование проводов и кабелей к месту сборки и их ориентирование, а встроенные визуальные сенсорные устройства, расширяя возможности манипулятора, позволяют проводить 100%-ный контроль и сортировать изделия по внешнему виду и размерам, а также выбирать нужную деталь. Применение промышленных роботов позволяет увеличить производительность за счет исключения влияния человеческого фактора при выполнении сборочной операции.
- Очки дополненной реальности (рис. 17), с помощью которых в наблюдаемую реальность с помощью компьютерных средств в режиме реального времени вносятся цифровые сведения, дополняя знания об окружающем пространстве или предметах. Использование данной технологии открывает большие возможности для специалистов на производстве. Например, рабочий, использующий такие очки, может оперативно получать информацию, находясь непосредственно перед оборудованием и не занимая при этом свои руки.

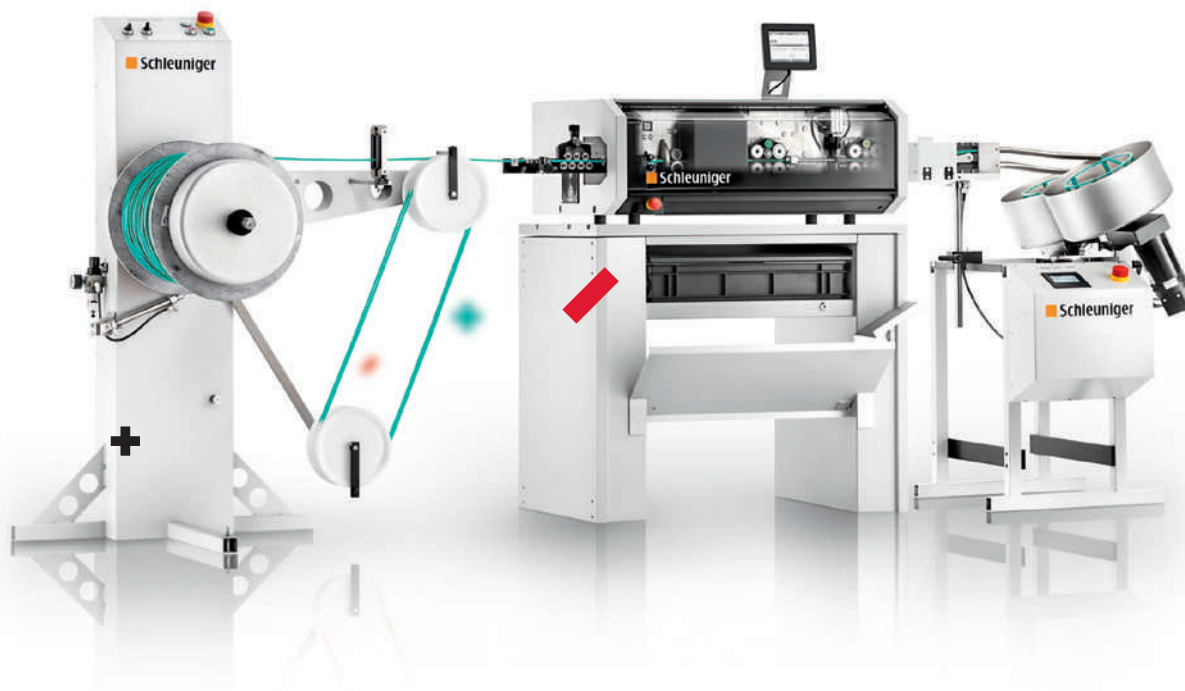


Рис. 16. Промышленный робот-манипулятор


Рис. 17. Очки дополненной реальности



Использование новых технологий на производстве позволяет совершенствовать организацию производства, повышает эффективность работы сотрудников и конкурентоспособность компании на рынке. 🇷🇺



## Комплексные решения для обработки провода и кабеля

- 
- Проведение аудита организации технологического процесса на жгутовых имоточных производствах.
  - Построение концепции: от проектирования до выпуска и испытаний готовой продукции.
  - Инновационное оборудование для всего спектра технологических операций, в том числе: мерной резки, зачистки изоляции, скрутки, сварки, обжима, маркировки, бандажирования жгутов, электрического и функционального тестирования, а также линейной и тороидальной намотки.
  - Сервисная, технологическая и информационная поддержка заказчиков.
  - Результат внедрения предлагаемых решений: повышение качества и надежности выпускаемой продукции, снижение трудоемкости и предотвращение брака.



## Отраслевой интегратор

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru) / тел. (812) 702-12-66



# На пределе возможностей

**Методы и оборудование,  
позволяющие оперативно  
выявить настоящие и будущие  
дефекты изделий\***







Производителям радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) всегда хотелось предвидеть судьбу выпускаемых ими изделий. Как они покажут себя в работе через месяц, год и далее? Как выявить у них дефекты, которые на момент изготовления себя не проявляют, но, возможно, уже через полгода станут причиной отказа изделия?



Александр Кисин,  
зам. руководителя отдела  
испытательного оборудования  
aikisin@dipaul.ru

## Методы тестирования

Специалистам хорошо знакомы ускоренные ресурсные испытания (Accelerated Life Testing, ALT), суть которых — симуляция предельных воздействий. Изделие должно выдержать их в процессе хранения, транспортировки и эксплуатации в соответствии с требованиями технических условий. Симуляция таких воздействий позволяет определить закономерности образования существенных дефектов, которые возникают в течение срока службы, и оценить период, через который они, вероятно, проявятся.

Для подготовки к ALT разумно выполнить следующие шаги:

1. Выяснить, какой срок службы изделия ожидает покупатель. Сроки обычно зависят от типа изделия и его цены. Если информация о сроке службы отсутствует, то, скорее всего, это оборудование очень быстро выйдет из строя.
2. Определить факторы окружающей среды, воздействующие на изделие в течение срока службы (транспортировка, хранение, эксплуатация, консервация), и их экстремальные уровни.
3. Выяснить частоту и длительность пребывания изделия в функционирующем состоянии. Во внимание следует принять самый неблагоприятный вариант. Знание этих величин позволит заметно сократить время испытаний.
4. Сформировать данные о возможных исключительных по величине воздействиях: во-первых, определить их экстремальные уровни и длительность; во-вторых, определить уровни, число и длительность воздействий, имеющих природу переходных процессов (резкое перемещение из холодного помещения в теплое и т. п.).
5. Синтезировать ресурсные испытания на основании подготовленных выше данных с учетом следующих рекомендаций.

Первая часть испытаний должна отражать условия транспортировки и хранения, а вторая — воздействие среды в период эксплуатации. Поэтому разумно начать с испытания вибрацией, а затем уже подвергнуть изделие климатическим воздействиям. Причем первыми должны быть наиболее тяжелые воздействия. Рекомендации по параметрам воздействий, симулирующих транспортную тряску, можно найти в MIL-STD-810 или в SAEJ-1211.

Важно на всем протяжении испытаний проводить мониторинг состояния изделия, а также документировать результаты (при каких воздействиях и через какое время появились те или иные повреждения). Эта информация поможет понять механизмы проявления дефектов и откорректировать как само изделие, так и методику испытаний.

Однако ALT не полностью удовлетворяет производителя изделий. Такие испытания требуют заметных затрат времени и не влияют на надежность прошедшего испытания изделия. Поэтому в последнее время все больший интерес вызывают ускоренные стрессовые испытания (AST), суть которых заключается в стимуляции скорейшего проявления потенциальных дефектов и их устранения. В результате изделие, выдержавшее такое испытание, обладает более высокой надежностью, нежели то, которое AST не прошло.

## AST vs ALT

Рассмотрим особенности AST, сравним с ALT, проанализируем оборудование для их реализации.

AST можно описать как последовательность коротких по длительности, но превышающих предельные уровни воздействий, имитирующих факторы окружающей среды. Цель — инициирование процессов образования потенциальных дефектов и скорейшего их проявления. К потенциальным дефектам относятся те, что возникают в течение срока службы изделия под воздействием на него факторов окружающей среды обычного (существенно более низкого, чем при AST) уровня.

Вкратце разницу между ALT и AST можно описать так: AST — испытания «до отказа изделия», в то время как ALT — испытания «на подтверждение безотказной работы». AST позволяют выявить (с целью устранить) дефекты до начала эксплуатации и таким образом максимально повысить надежность изделия в период его срока службы.

На чем основаны методы AST?

Причины проявлений скрытых дефектов показаны на рис. 1\*\*.

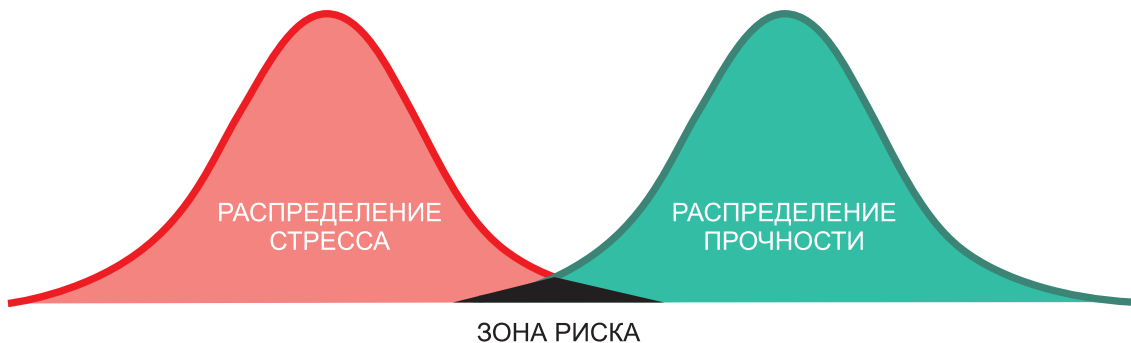


Рис. 1. График вероятности возникновения скрытых дефектов

Несмотря на то, что изделие имеет более чем двукратный запас прочности, существует зона риска, где маловероятное воздействие может превысить маловероятное значение прочности изделия. Такое изделие пройдет ALT-испытания, но может выйти из строя в процессе эксплуатации. AST-испытания оно не пройдет.

Исследования достижения усталости материалов с помощью стрессовых воздействий, превышающих уровень значений, возникающих при нормальной эксплуатации изделия, привели А. Пальмгрена в 1924 г. к «гипотезе линейного суммирования повреждений», которая наглядно иллюстрируется простым примером. Если у изделия появилось повреждение в результате 100 000 воздействий стрессовой нагрузкой, то каждое такое воздействие отобрало у изделия 1/100 000 срока службы.

А. Майнер в 1945 г. развил эту гипотезу, предложив следующее уравнение:

$$n_1 / N_{f1} + n_2 / N_{f2} + \dots + n_k / N_{fk} = 1,$$

где:

$n_1, n_2, \dots, n_k$  — число стрессовых воздействий на каждую из составных частей устройства;

$N_{f1}, N_{f2}, \dots, N_{fk}$  — срок службы, выраженный в числе стрессовых воздействий, выводящих из строя данную составную часть устройства.

На практике это соотношение оказалось очень близким к истине для вибрационных и температурных воздействий, вызывающих накопление дефектов за время работы изделия.

Другие исследователи — С. Крэндел и У Марк — в 1963 г. предложили эмпирическую формулу, связывающую ускоренное выявление повреждения с вызвавшими его механическими стрессовыми воздействиями:

$$D \approx n\sigma^\beta,$$

где:

$D$  — накопленное повреждение от усталости материала;

$n$  — число повторов стрессового воздействия;

$\sigma$  — параметр воздействия (нагрев, статическое давление, вибрация или др.);

$\beta$  — экспериментальная константа (от 6 до 25).

Приведенные формулы позволяют сделать вывод, что, увеличивая значение параметра воздействия, можно уменьшить число повторов. В первую очередь это справедливо для однородных объектов.

Практика подтвердила, что существенные скрытые повреждения могут быть ускоренно выявлены путем небольшого числа повторов стрессовых воздействий с уровнями, превышающими максимальные значения, имеющие место при эксплуатации изделия.

Желательность таких испытаний очевидна. Во-первых, они позволяют быстро оценить полную прочность изделия на ранней стадии разработки, выявляя пределы рабочих нагрузок. Во-вторых, инициируют повреждения, которые можно разделить на более или менее существенные, что позволяет конструкторам внести коррективы с минимальными переделками изделия. Наконец, они дают бесценную информацию о реакции изделия на воздействия окружающей среды и условия функционирования, что также помогает улучшить его конструкцию.

## Реализация AST

Когда следует проводить AST? Рекомендуется делать это при разработке (такая разновидность испытаний известна также под названием HALT — High Accelerated Life Testing), производстве, выборочном и полном контроле (известны также под названием HASS — High Accelerated Stress Screens). Особенности HALT и HAST описаны ниже.

Как выбрать уровни воздействий для AST?

Все зависит от самого изделия. Сначала надо решить, какие нужны воздействия. Для этого желательно иметь данные о типичных дефектах и процессах их проявления. Изучив их, можно понять, какие воздействия следует применить для ускорения расходования ресурса изделия. Необходимую информацию можно найти в специальной литературе и на различных сетевых ресурсах. Если все же нужные данные отсутствуют, необходимо провести испытания ступенчатыми воздействиями, характерными для HALT.

Рассмотрим поиск подходящих уровней с помощью метода ступенчатых воздействий. Они используются, когда известны типичные значения воздействия. После

того как такое значение достигнуто, уровень увеличивают ступенчато. Такой подход применяется при температурных, вибрационных, электрических и других воздействиях, осуществляемых отдельно или комбинированно.

Сначала проводится испытание на предельное воздействие, не выводящее изделие из строя. Когда же достигнут предел, при котором изделие прекращает работать, проводится анализ дефектов, изделие ремонтируется и вновь подвергается воздействиям. Эти действия повторяются до тех пор, пока не будет достигнут удовлетворительный результат. Определить, когда следует прервать испытания ступенчатым стрессом, можно по любому из следующих событий:

- достигнутый уровень воздействия намного выше ожидаемого для работающего изделия;
- образец неработоспособен;
- начали появляться незначительные дефекты.

Длительность воздействий выбирается, исходя из возможностей оборудования и времени, необходимого для правильного (электрического, механического) управления и тестирования.

## Виды воздействий, используемых в AST

AST применимы к изделиям, подвергающимся одному или более воздействиям окружающей среды. К таким воздействиям относятся термоциклирование, вибрация, электрошок, термоудар, влажность и др. Параметры воздействий — тип, скорость изменения, пиковые значения и т. п. — должны быть установлены для каждого изделия. Рассмотрим наиболее часто используемые воздействия, инициирующие проявление потенциальных дефектов. Важно, что каждый тип воздействий стимулирует определенные повреждения.

### Термоциклирование

Данная операция предусматривает множество циклов изменения температуры между заданными экстремальными значениями. Так как уровни воздействий в AST зависят от самого изделия, экстремальные значе-

ния температуры должны лежать в широком диапазоне, чтобы это позволило получить оптимальный результат. Постоянная скорость изменения температуры обеспечивает необходимое расширение и сжатие материала для достижения удовлетворительного стресса. Очень важно поддержание заданной скорости. Следует контролировать скорость изменения температуры, разность между ее экстремумами, количество циклов. Важны также скорость и направление воздушного потока вокруг изделия (выбираются экспериментально) и длительность воздействия экстремальной температуры в течение цикла (время пребывания на пике).



## Вибрация

Это механическая стимуляция изделия с заданными силой и частотным спектром, поэтому здесь очень важно надежное закрепление изделия на оборудовании.

В AST используются, как правило, два типа виброгенераторов (шейкеров) — электродинамический и мультиударный. Более известны электродинамические шейкеры, управляемые посредством компьютера. Чаще всего используется программа случайной вибрации в диапазоне 5–2000 Гц. Число осей, по которым осуществляются воздействия, составляет от одной (как правило) до трех (редко). Благодаря компьютерному управлению, легко формируются специальные воздействия, например, наложение узкополосного случайного сигнала на широкополосный случайный сигнал (в зависимости от применения изделия). Мультиударный шейкер основан на применении пневмомолотков, наносящих многократные удары снизу по плите, на которой закрепляется изделие. В результате перемещение изделия происходит по шести осям (в шести степенях свободы — трех поступательных и трех вращательных). Основная энергия колебаний сосредоточена в диапазоне 2–5000 Гц. Такое воздействие рационально применять только в стимулирующих испытаниях.

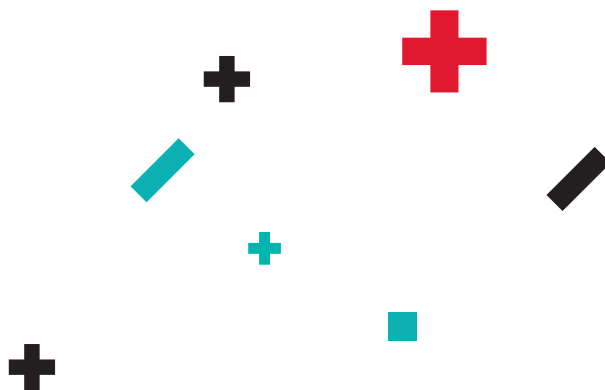
## Предельно ускоренные ресурсные испытания (HALT)

Данные тесты представляют собой совокупность стрессовых воздействий, таких как предельная температура и ударная стрессовая вибрация. Суть HALT заключается в многократных мультиосевых квазислучайных вибрационных воздействиях по всем осям координат (колебания в шести степенях свободы). HALT впервые были разработаны авиакомпанией «Хьюз Эйркрафт» в 1970-х годах для проверки изделий, эксплуатирующихся в экстремальных условиях. Они стимулируют усталость материалов, которая в свою очередь вызывает повреждения. Последние могут быть проанализированы, идентифицированы и устранены на этапе разработки изделия. При этом оценка времени проявления дефектов остается неизвестной.

## Термошок

В данном тесте происходит быстрое перемещение изделия вручную или механически из одной зоны с экстремальной температурой в другую, с противоположной по знаку экстремальной температурой. Термошок хорошо выявляет дефекты компонентов изделия (например, в интегральных схемах). Используются зоны с экстремальными температурами, выполненные по схемам «воздух–воздух» или «жидкость–жидкость».

Совершенствование ускоренных стрессовых испытаний привело к появлению их разновидностей.



## Предельно ускоренные стрессовые исследования (HASS)

HASS — это HALT в совокупности с непрерывным наблюдением за состоянием изделия (контроль параметров изделия). Такие испытания позволяют быстро выявить потенциальные производственные дефекты с целью их устранения и повышения надежности изделия. HASS дает возможность обнаружить скрытые дефекты изделия с минимальными материальными и временными затратами. В итоге это способствует повышению надежности изделий, снижению производственных расходов (сокращение времени испытаний) и расходов на ремонт (потенциальные дефекты выявляются и устраняются в ходе испытаний выпускаемых изделий).

## Эффективность

Практическую пользу AST иллюстрируют графики отказов для изделий, прошедших обычные испытания (зеленая кривая), и изделий, подвергнутых AST (красная кривая) (рис. 2). По горизонтальной оси отсчитыва-

ется время эксплуатации. Оно разделено на три этапа: период испытаний; период срока службы; период завершения эксплуатации. Число отказов изделий, прошедших AST, заметно ниже.

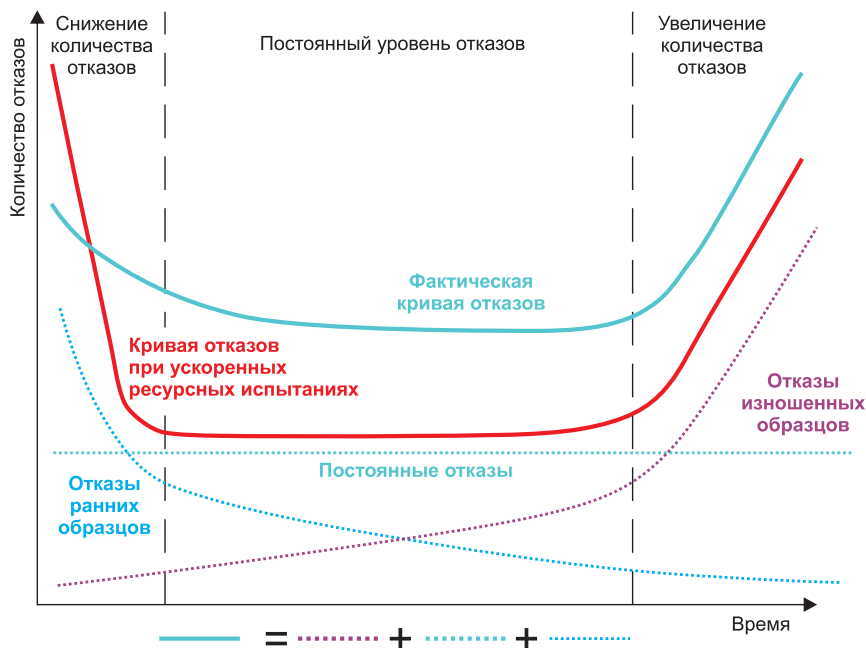


Рис. 2. Графики отказов для изделий, прошедших обычные испытания

Убедительно выглядят данные по применению HALT в крупнейшей американской аэрокосмической компании SPACE SYSTEM LORAL. Впервые этот тест был опробован в 1999 г. на тогда еще находящихся в разработке преобразователях тока. В мае 2000 г. AST использовали для модулей вычисления мощности плазменного двигателя, в феврале 2002 г. — для подсистем сверхбольшой мощности, в сентябре 2008 г. — для процессорных сборок, а с 2012 г. — для всех аппаратных модулей. Статистика отказов приведена в таблице 1\*\*.



Таблица 1

ИЗДЕЛИЕ	ОБЩАЯ НАРАБОТКА НА ОРБИТЕ (ЧАСОВ)	КОЛИЧЕСТВО РАБОТАЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ	КОЛИЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ С ОТКАЗОМ
Батарейный переключатель	1 328 586	69	0
Преобразователь заряда	30 958 039	1 574	1
Блоки контроля батарей	1 328 586	69	0
Преобразователи разряда	7 495 562	392	0
Преобразователи низкого напряжения	1 688 352	88	0
Усилитель рассогласования	484 929	31	0
Последовательный шунт	1 633 449	95	0
Итого	44 917 502	2 318	1

## Практическое воплощение

Средства, позволяющие проводить AST, изготавливаются многими фирмами. Что же касается устройств, позволяющих выполнять HALT и HASS так, как это описано выше, то их производит в первую очередь американская компания Thermotron Industries. Годы экспериментов с оборудованием, объединяющим стрессовые камеры термоциклирования с системами вибрации, привели к разработке так называемых «предельно ускоренных стрессовых испытательных систем» — Extreme AST. У Thermotron Industries запатентованы мультиударный вибрационный стол и конструкция молотка (ударника), которые представляют собой быстродействующие и эффективные инструменты, выявляющие дефекты намного быстрее, чем ранее известное оборудование. Независимое управление частотой и амплитудой каждого ударника позволяет обеспечить многообразие форм профиля вибрации.

Системы позволяют выполнять ускоренные стрессовые испытания по различным методикам, таким, например, как HALT и HASS, ступенчатые стрессовые испытания и т. п. Все они ускоряют выявление дефектов,

которые остаются незамеченными при обычных способах испытаний. Камеры термоциклирования систем способны создавать термоудар со скоростью изменения температуры до 70 °C/мин. Значительный объем рабочей зоны, высокая скорость воздушного потока, направляемого с помощью регулируемых трубопроводов непосредственно на образец, способствуют эффективному выявлению дефектов у различных изделий.

Главные преимущества систем EXTREME AST:

- диапазон регулирования СКВ ускорения от 1  $g_{rms}$  до 100  $g_{rms}$ ;
- ударное ускорение не менее 1500 gpk по шести степеням свободы одновременно;
- достаточное по величине вибросмещение по всем направлениям;
- большая часть энергии приходится на область низких частот;
- повышенная прочность конструкции;
- высокая воспроизводимость параметров;
- пониженный расход сжатого воздуха.



Рис. 3. Модельный ряд систем EXTREME AST


В заключение приведем модельный ряд систем EXTREME AST

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ	AST-8	AST-18	AST-35	AST-70
Объем рабочей зоны, л	223	549	1135	1965
Рабочая зона (ШхГхВ), см	61x60x61	84x86x76	106x106x101	137x142x101
Габариты (ШхГхВ), см	198x86x198	229x145x221	227x154x266	264x175x264
Диапазон температур, °С	-100...+200			
Скорость изменения температуры, °С/мин	Не менее 70			
Ток потребления (от 380 В), А	37	63	184	184
Размер вибростола, см	40x40	40x40 61x61 71x71	61x61 71x71 81x81 92x92	112x112 122x122
Частоты вибрации, Гц	0–10 000			
Ускорение, $g_{rms}$	Более 100 без нагрузки в диапазоне 0–10 000 Гц			
Ускорение, $g_{pk}$	Более 1500			
Потребление сжатого воздуха (при 6,2 бар)	0,13 м <sup>3</sup> на 1 ударник			

Такие параметры дают дополнительные возможности обнаружения дефектов, недоступные при использовании прежних устройств.

\* При подготовке статьи использовалось руководство компании «Thermotron Industries» «Fundamentals of accelerated stress testing».

\*\* Статья «Highly Accelerated Life Test (HALT) Program at Space Systems Loral», Brian Kosinski, Dennis Cronin, Space Systems/Loral, Palo Alto, California, USA. 





## Установка ультразвукового спрей-нанесения фоторезиста Eхаста Coat:

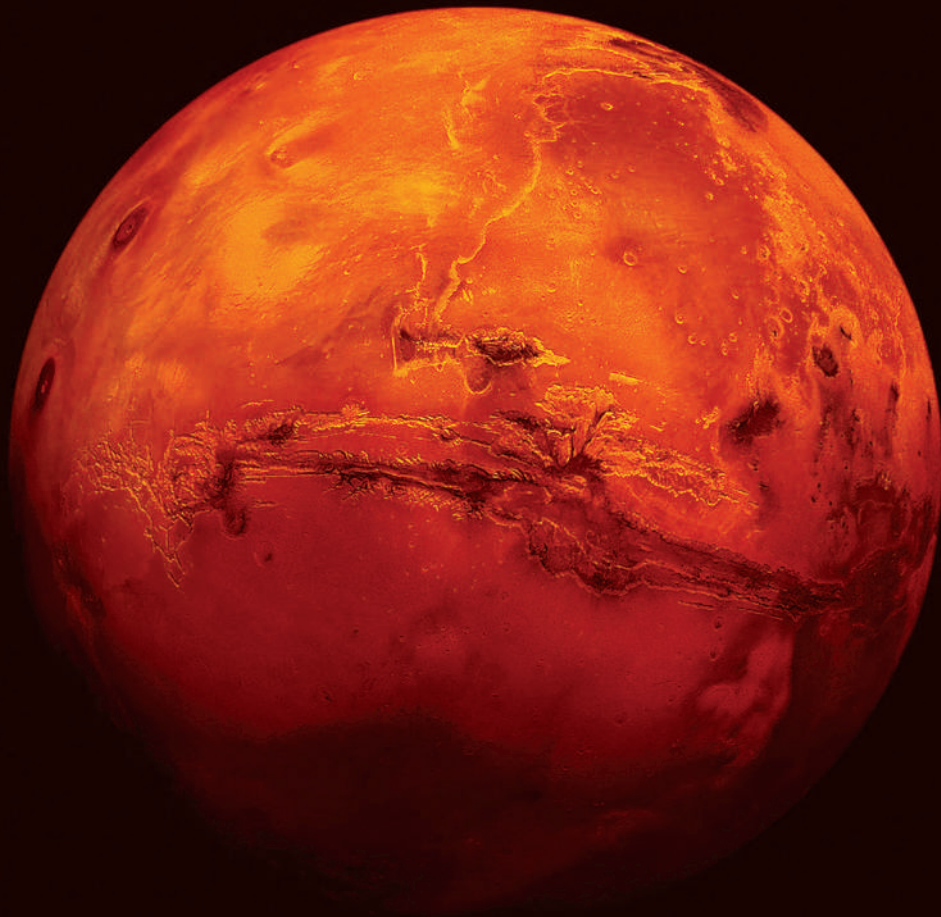
- Равномерное нанесение фоторезиста на подложки с рельефом и отверстиями
- Работа с подложками любых форм и размеров, рабочая область до 400×400 мм
- Возможность работы с партией подложек: 60×48 мм, 2", 3", 4", 6"
- Высокая эффективность использования фоторезиста, более 95%
- Различные по производительности варианты подачи фоторезиста
- Автоматическая очистка ультразвуковой головки

## Отраслевой интегратор

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [micro.dipaul.ru](http://micro.dipaul.ru) / [micro@dipaul.ru](mailto:micro@dipaul.ru) / тел. (812) 702-12-66

# Классный красный

Вибростенды марки LDS



**Число установленных по всему миру вибростендов LDS приближается к 15 000, выводя компанию в мировые лидеры своей отрасли.**

Перемены могут быть положительными или отрицательными. Но для пользователей вибростендов линейки LDS любые изменения непременно сводятся к повышению эффективности работы оборудования. В январе 2009 года очередной предпосылкой к этому стало вхождение британской компании LDS Test and Measurement Ltd. в состав датской компании Brüel & Kjær Sound & Vibration A/S.

Сложно оспорить преимущества объединения мировых лидеров по производству испытательных вибрационных установок и систем сбора и анализа данных вибрации и шума, ведь в результате мир получил глобального поставщика оборудования с непревзойденными техническими возможностями и уникальным обслуживанием.

С продукцией линейки LDS компания Brüel & Kjær является крупнейшим поставщиком испытательных вибрационных систем в мире, и с момента объединения востребованность продукции LDS неуклонно набирает силу. Несмотря на затяжной кризис мировой финансовой системы, Brüel & Kjær расширяет ассортимент указанных установок.



Григорий Романенко,  
глава представительства фирмы  
«Брюль и Кьер» в РФ



Рис. 1. В настоящий момент в мире существует около 13 000 отдельных вибростендов LDS, исполненных в традиционном красном цвете. Более 5000 из них были установлены после объединения LDS Test and Measurements с Brüel & Kjær в 2009 г.



Рис. 2. Ройстон (Великобритания) — место базирования производственного подразделения Brüel & Kjær по выпуску испытательных вибрационных систем LDS. Все научно-исследовательские работы и специальные проекты заказчиков осуществляются в одном месте, что упрощает обмен информацией

Наиболее успешным по заказам LDS-оборудования стал 2012 г., что явилось отражением растущего доверия к марке в мире. «Мы выпускаем около 900 вибростендов в год, и эта цифра быстро растет», — объясняет глава НИОКР по продукции LDS компании Brüel & Kjær Алекс Уильямсон (Alex Williamson). На протяжении пятидесяти лет испытательные вибрационные системы LDS изготавливаются в Ройстоне, недалеко от Лондона, на самой крупной фабрике в мире по изготовлению такого оборудования, и к настоящему моменту общее количество вибростендов LDS перевалило за десятки тысяч. При этом большинство испытательных вибрационных систем LDS находятся в постоян-

ном использовании по всему миру. Изо дня в день они занимаются тем, что «истощают» жизненный ресурс любых испытуемых объектов, за несколько часов подвергая их такому стрессу, который они могли бы и не испытать за весь срок своей службы. При таком интенсивном графике, учитывая, что время простоя слишком дорого, испытательные вибрационные системы должны иметь колоссальный запас надежности. Продолжительный срок службы — это то, что должны получать заказчики при масштабных инвестициях.

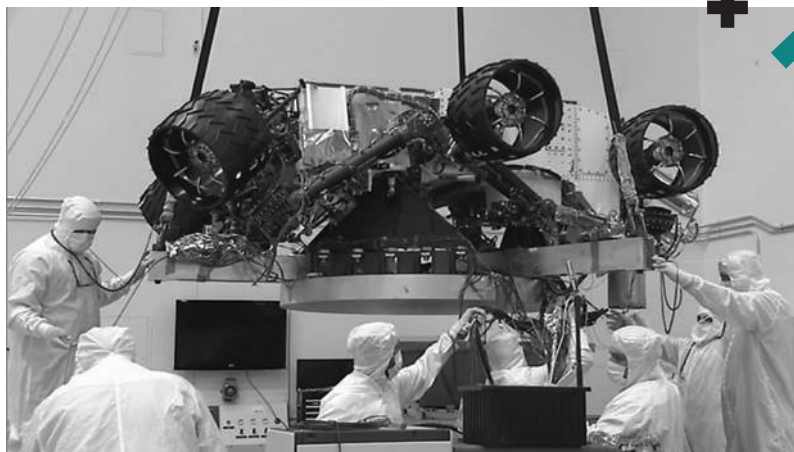


Рис. 3. Марсоход NASA Curiosity проходит испытания на вибрационной системе LDS (см. видео на <https://www.youtube.com/watch?v=wMXWlb23jfy>)



## Большой объем индивидуальных заказов

Дополнительные ресурсы компании Brüel & Kjær резко увеличили возможности по «изготовлению на заказ» испытательных вибрационных систем LDS, что является ключевой особенностью оборудования, предлагаемого компанией. Как сообщают представители фирмы: «Около двух третей нашего производства вибростендов — это индивидуальные заказы. И возможность довести вибростенд до соответствия специфическим требованиям заказчика — большое преимущество. Главная наша цель — сфокусироваться на решении проблем заказчиков».

Выполненные на заказ конфигурации из двух и четырех вибростендов обычно включают горизонтальные столы скольжения, расширительные столы с направляющими, специальные оснастки, интерфейсы для климатических камер, специальные устройства охлаждения и глушения шума. Вибростенды адаптируются для работы в космической, авиационной, оборонной, автомобильной, буровой промышленности, а также для испытаний потребительских товаров, упаковки и т. п.

Отличительная характеристика линейки вибростендов LDS — номи-

нальная вынуждающая сила, которая варьируется в диапазоне от 9 Н до максимально возможного на сегодня день показателя в 640 кН (в системе из четырех V984). Такие огромные воздействия используются для испытаний спутников ESA-ESTEC (Европейское космическое агентство — Европейский центр космических исследований и технологий). При наличии такого диапазона вибростендов нет области вибрационных испытаний, где компания Brüel & Kjær не могла бы предложить свое решение.

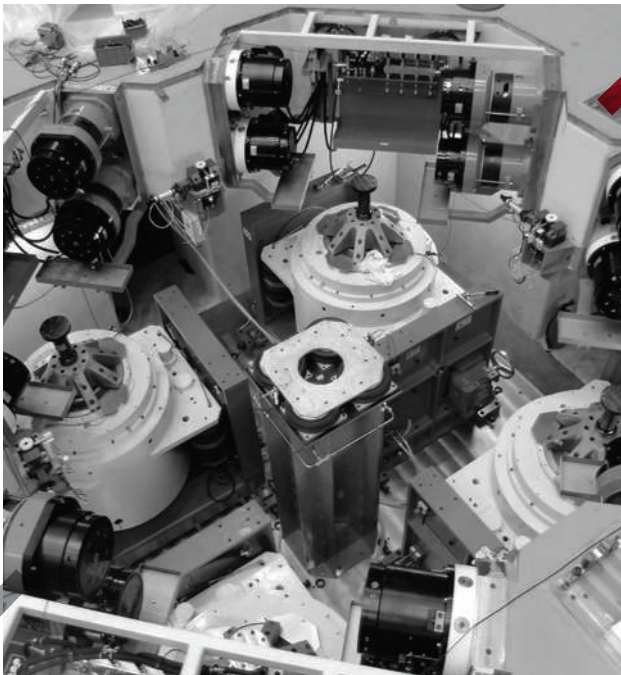


Рис. 4. ЕКА-ЭСТЕК владеет системой счетверенных вибростендов (640 кН вынуждающей силы) для испытаний спутников

Изо дня в день вибрационные системы LDS занимаются тем, что «истощают» жизненный ресурс любых испытуемых объектов, за несколько часов подвергая их такому стрессу, который они могли бы не испытать за весь срок своей службы

## Готовая система от поставщика

Слияние породило успешную синергию, хорошим доказательством чему является одна из систем по проведению квалификационных испытаний спутника, которая установлена в Национальном институте космических исследований Бразилии (INPE). Данная система, в которой соединяются аппаратура сбора данных Brüel & Kjær LAN-XI с испытательной вибрационной системой LDS, стала наглядным выражением преимуществ комбинации продукции LDS и Brüel & Kjær. Безопасность испытаний и отсутствие излишней испытательной нагрузки критически важны. Решение Brüel & Kjær обеспечивает управление с обратной связью с интегрированным сбором данных более ста каналов. Каждый канал дает точную информацию об уровне силы или вибрации в любой точке спутника, гарантируя отсутствие лишней нагрузки на эту хрупкую и дорогостоящую конструкцию и обеспечивая поступление ценных данных для корреляции с конечно-элементной моделью.

При наличии такой системы заказчику достаточно работать с одной организацией, управляющей всем проектом и обеспечивающей необходимую поддержку и обслуживание.

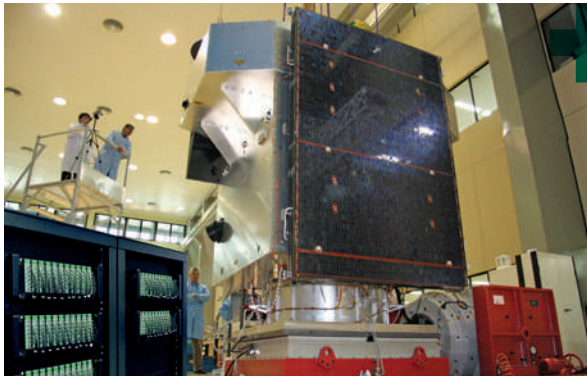


Рис. 5. Система для квалификационных испытаний спутников Национального института космических исследований Бразилии (INPE) включает более трехсот каналов сбора данных и многочисленных мониторов визуализации испытательного оборудования различных зон. На фотографии красная испытательная вибрационная система LDS расположена в зоне испытания с закрепленным на ней спутником, готовым к проверке

## Направленность на изменения

Быть на вершине означает постоянное стремление к совершенству, что является частью культуры производства LDS. Как отражение вложений, сделанных в продукцию под маркой LDS, в сентябре 2011 года фабрика в Ройстоне получила высокую награду как лучшая фабрика в категории «Электротехника и электроника». Положительные изменения особенно очевидны в сфере НИР, где продукция LDS унаследовала технологические инструменты, оказавшие значительную помощь в увеличении проектного КПД.

## Улучшение в службе по работе с заказчиком

В компании введена система поощрений «До. После. Результат. Следующее» (V.A.R.N.), которая мотивирует сотрудников к совершенствованию и поиску новых путей для создания лучшего продукта.

Техник по сборке Ричард Окли говорит: «Уже приняты и введены в производственный процесс семь из моих V.A.R.N.-проектов. Руководство действительно прислушивается к нам, и мы гордимся тем, что делаем. Для меня значительный стимул — знать, что то, к чему я приложил руку, испытывает спутники перед запуском».

Объединение усилий компаний Brüel & Kjær и LDS привлекло значительные инвестиции в ставшую глобальной организацию, позволив ей осуществлять последовательное сервисное обслуживание высшего качества по всему миру. Сегодня установлены партнерские отношения

с дистрибьюторами, которые специализируются на вибрационных испытаниях. Для заказчиков это облегчает доступ к продукции компании Brüel & Kjær, которая предлагает широкий диапазон услуг и вариантов технического обслуживания на выбор.



Рис. 6. Вибростенд LDS V875-440 LPT 600


### ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

Компания Valeo, один из крупнейших в мире производителей комплектующих для автомобильной промышленности, имеет пять вибростендов LDS V875-440 со столами скольжения, каждый из которых проработал значительное количество часов. Так, например, V875-440 LPT600, проработал 74 131 ч с 1999 г. — это более 16 ч в сутки на протяжении 12 лет!

Испытания на данном вибростенде проводятся для оценки срока службы автомобильных генераторов переменного тока.

### СПРАВКА

Первые поставки вибростендов марки LDS в СССР состоялись в начале восьмидесятых годов прошлого века. В настоящее время в России количество эксплуатируемых вибростендов данного производителя, по оценкам специалистов, приближается к 500.

С ними работают такие компании, как ЦНИИМАШ, РКК «Энергия», НПО Лавочкина, ОДК-Авиадвигатель, ЦИАМ им. Баранова, концерн ВКО «Алмаз-Антей», НИИ «Экран», АО «Равенство», АО «Завод Навигатор», Центр Коллективного пользования ЮРГУ, НПП «Радий», Автоваз и другие. 

# Productronica–2017

Каждый год в середине ноября мюнхенский выставочный центр Messe Munchen (Германия) становится местом встречи компаний и специалистов со всего мира, имеющих отношение к электронной промышленности.

14–17 ноября 2017 г. специалисты компании «Диполь» традиционно приняли участие в одной из крупнейших европейских промышленных выставок Productronica–2017, устанавливающей стандарты на рынке электронной промышленности.

Productronica — это уникальная в своей области выставка, на которой представлен обширный ассортимент электроники, а также всего, что связано с ее производством. Именно здесь компании со всего мира представляют полный цикл промышленного процесса в отрасли — от разработки до готового продукта.



В этом году мюнхенская выставка собрала 44 000 посетителей из 85 стран, что на 20% больше, чем в предыдущем. Инновации в области производства и разработки электроники представили 1200 экспонентов из 42 стран. Положительным нововведением этого года стала еще одна очень авторитетная выставка SEMICON Europa, проходившая одновременно с Productronica.

Согласно опросу исследовательского института рынка Gelszus, удовлетворенность посетителей про-

должает увеличиваться (97% посетителей поставили Productronica оценку от «хорошо» до «отлично»). Кроме того, 96% опрошенных сказали, что Productronica оправдывает их ожидания в отношении инноваций.

Заметно увеличилось число посетителей из Тайваня, США, Франции и Нидерландов. А наибольшее количество визитеров приехало из Германии, Италии, Австрии, Швейцарии, Франции, Российской Федерации, Чехии и Великобритании.







На стенде промышленной мебели Viking (компания «Диполь») демонстрировались как новинки ассортимента рабочих мест и дополнительного оснащения, так и уже зарекомендовавшие себя модели, с успехом применяемые на отечественных и западных предприятиях:


Вместе с сотрудниками головного офиса, как и в предыдущие годы, на стенде компании работали представители европейского подразделения «Диполь» (DiPaul s.r.o.) из Праги. Чешское подразделе-

ние, в числе прочего, занимается управлением работой центрально европейского склада, способствует продвижению промышленной мебели и антистатического оснащения VKG Tools на европейский рынок и оказывает поддержку клиентам и дистрибьюторам из стран Европы.

Большой интерес вызвал новый шкаф сухого хранения, впервые представленный на европейском рынке. Также на стенде «Диполь» было представлено паяльное оборудование японской компании НАККО.



Помимо этого на стенде «Диполь» было представлено передовое паяльное оборудование крупнейшего японского разработчика - компании НАККО. В ходе выставки состоялись встречи высшего руководства Hakko corp. в лице президента компании Mrs. Yoshimura Kayoko и дирек-

тора Mr. Onda Makoto с руководителями компании «Диполь» - председателем совета директоров Николаем Ковалевым и директором по развитию Софьей Честниковой. В этих беседах обсуждалось развитие продукции Hakko corp. как на российском рынке, так и в странах СНГ. 

# Швейцарский нож



Настоящий швейцарский армейский нож всегда был заветной мечтой тысяч советских подростков. Если у кого-то во дворе появлялся такой, он сразу становился героем округа, атакуемым множеством вопросов, главным из которых всегда был один: «Настоящий?» «Конечно!», — следовал неизменный ответ. Далее обязательно демонстрировался белый крест на красной рукояти и шло детальное описание каждого из инструментов этого чуда: штопора, открывашки, консервного ножа, пилы, отвертки... Словом, всего, что заставляло нас, мальчишек, замирать в благоговении. Названия «Викторинкс», а тем более «Венгер» никто не знал, да это было и не важно: красная рукоять, белый крест — швейцарский!

Время шло, мы выросли. Швейцарский нож превратился из объекта поклонения в прикладной инструмент. Качественный, удобный, многофункциональный, иногда незаменимый, но всего лишь инструмент. Однако феномен швейцарского ножа не потерял своей уникальности: он по-прежнему то, чем был создан, — универсальное устройство с достаточным набором функций, необходимых в повседневной жизни. «Необходимо и достаточно» — именно эта формулировка как нельзя более точно описывает любое лучшее решение — математическое, жизненное или техническое.



Алексей Зайцев,  
руководитель направления  
тестового оборудования  
компании «Диполь»  
az@dipaul.ru



ТАКАУА не перестает удивлять. Все, что сейчас преподносится конкурентами как инновация, в системах этого японского производителя использовалось десятки лет назад. Достаточно сказать, что именно ТАКАУА в середине 80-х годов прошлого века стала первооткрывателем самой технологии тестирования печатных узлов зондовым методом. И за эти десятилетия японцы достигли в данном направлении впечатляющих результатов. Основной упор в разработках делается на выдерживании высочайших характеристик

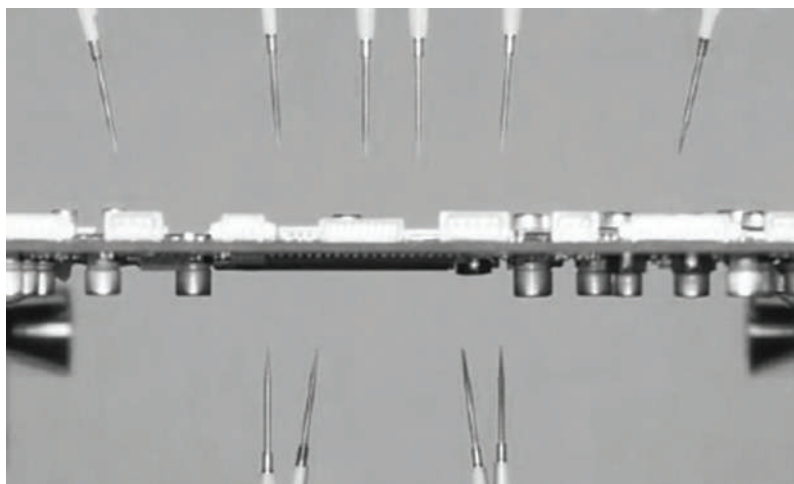


TAKAYA APT-1600FD



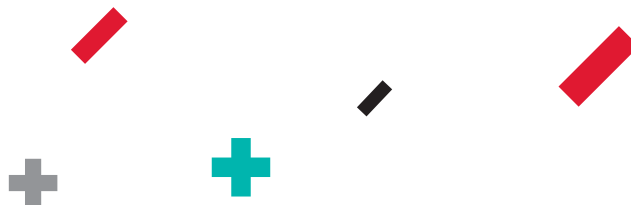
вкупе с беспрецедентной надежностью. Не распываясь на внедрение сомнительных функций, ТАКАУА всегда обеспечивает тот функционал, который необходим для решения задач тестирования. «Необходимо и достаточно», помните? Как катана — простая форма, максимальная эффективность.

Новый ТАКАУА APT-1600FD исповедует ту же философию. Максимальная надежность и производительность, оптимальный функционал, и ничего более.



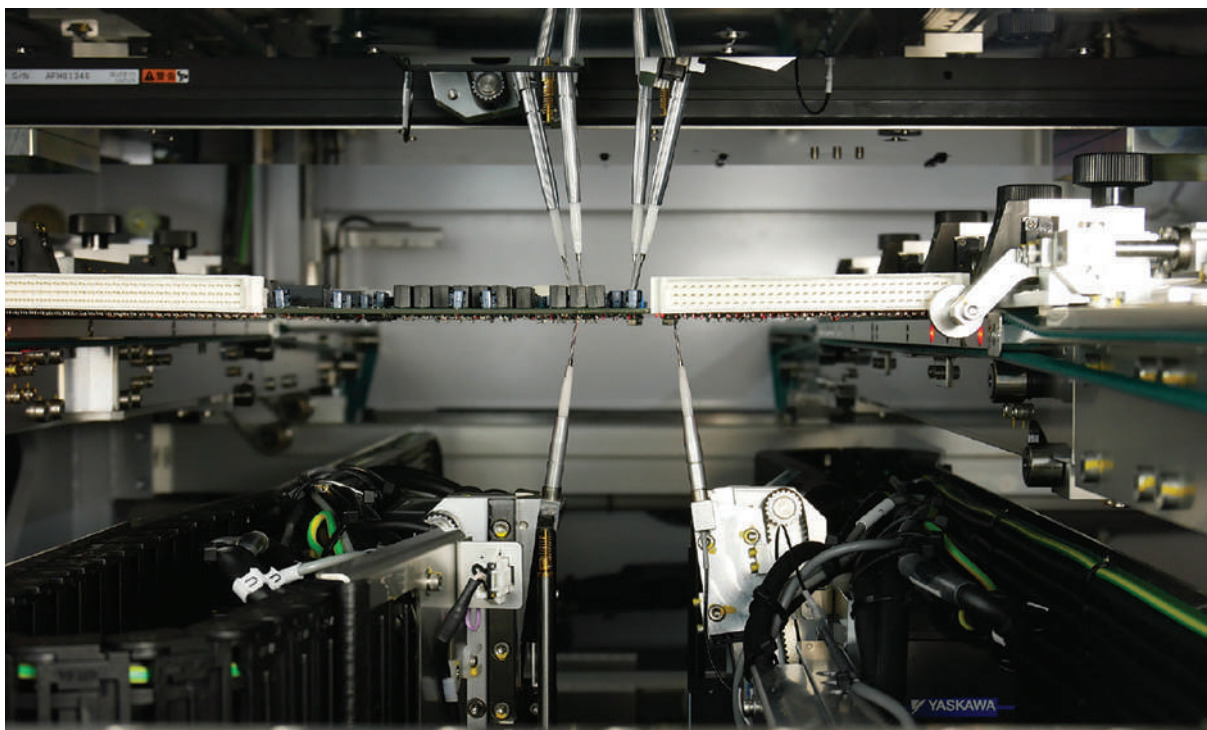
Общее количество тестовых щупов — 10



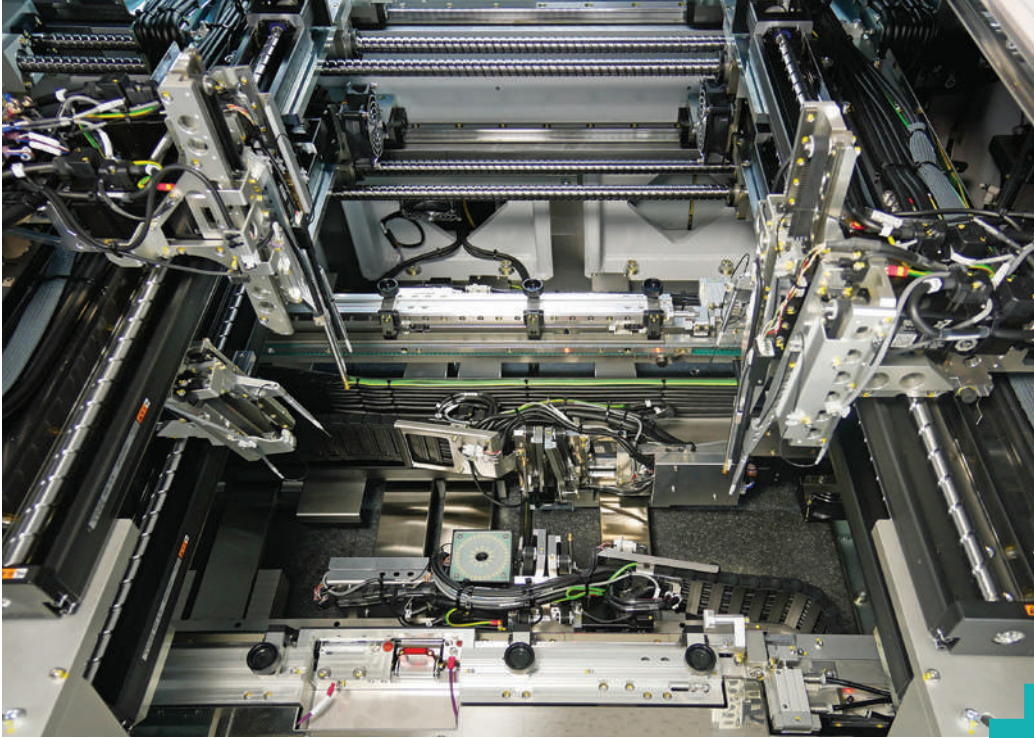


На первый взгляд, APT-1600FD не отличается от своего прародителя — хорошо известной в России односторонней системы TAKAYA APT-1400F. Но это ошибочное впечатление: за схожей внешностью (японская скромность?) кроется эволюция содержания. Переработанные приводы, усовершенствованная механика — это всего лишь слова. Цифры и факты куда объективнее:

- 10 тестовых щупов — шесть с верхней стороны платы, четыре с нижней;
- четыре емкостных датчика — по два с каждой стороны платы;
- двусторонняя оптическая инспекция;
- двустороннее тестирование светодиодов;
- двусторонняя система компенсации прогибов платы и измерения высот на основе лазерных датчиков;
- точность позиционирования 25 микрон;
- полный набор тестовых методов (включая Boundary Scan и Net Signal Wave).



Двустороннее тестирование печатной платы на TAKAYA APT-1600FD



Тестовое пространство APT-1600FD

Специалистам очевидно, что возможностей APT-1600FD достаточно для решения практически любых задач по тестированию печатных плат, будь то простое внутрисхемное тестирование или комплексный функциональный тест. Однако суть этой системы в другом. Ее основное предназначение заключается в обеспечении максимума эффективности при минимуме затрат (ресурсных, временных, человеческих и, как следствие, финансовых). На это работает все в данных системах, от интуитивно понятного программного обеспечения до примененных в них энергосберегающих технологий.

«Необходимо и достаточно» — этот принцип японские промышленники исповедуют, начиная от производства автомобилей и заканчивая выпуском сложного промышленного технологического оборудования. Это и есть разумный подход — прежде всего к использованию имеющихся ресурсов. Вот один из рецептов японского экономического и технического чуда.

TAKAYA APT-1600FD — не панацея, которая обеспечит стопроцентное качество выпускаемой продукции. Но это отличный инструмент, способный решать каждодневные производственные задачи, не требуя при этом огромных затрат времени, сил и средств.

Как швейцарский нож. Только по-японски. 



## Шкафы сухого хранения **VIKING** серии DC

- Диапазон поддержания влажности 1–50% с точностью +/- 1 %;
- Полностью антистатическое исполнение, мобильность, 2 цветовых решения на выбор;
- 3 изолированных отделения, возможность установки до 6 дополнительных полок в каждое;
- Удобная система управления с помощью цифровой панели;
- Светодиодная подсветка внутренних отделений шкафа;
- Рациональное энергопотребление и низкий уровень шума;
- Автоматическая функция сигнала открытой двери;
- Обеспечение класса защиты IP55 от внешних воздействий.

## Отраслевой интегратор

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [micro.dipaul.ru](http://micro.dipaul.ru) / [micro@dipaul.ru](mailto:micro@dipaul.ru) / тел. (812) 702-12-66

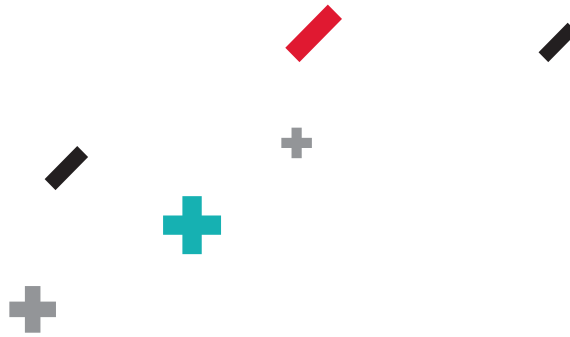


# Ksmart — значит «умный»

Качественный скачок  
в создании предприятия будущего







Производители электроники постоянно ищут новые способы оптимизации, эффективного контроля своих производственных процессов и управления ими. Решение Ksmart компании Koh Young Technology, ведущее к реализации концепции «Индустрии 4.0», помогает обеспечивать полностью автоматизированное управление технологическими процессами, предваряя создание «умного» предприятия завтрашнего дня. Система автоматизированного управления (АСУ) Ksmart обеспечивает огромные преимущества в оптимизации процессов в текущий момент времени, повышает производительность при снижении затрат до минимума и, в конечном счете, приводит к получению лучшего конечного результата.



Вячеслав Фадеев,  
руководитель направления  
контрольного оборудования  
fadeev@dipaul.ru

Предприятие завтрашнего дня закладывается уже сегодня на производственных мощностях под системами управления «умным» предприятием (Smart factory). Когда-то это было футуристической концепцией, а сейчас стало реальностью — четвертая промышленная революция («Индустрия 4.0») переходит от стадии хаоса на этапе создания к стадии развития, наблюдаемого по многим направлениям и при использовании различных методов. В основе качественного скачка вперед лежат инновации, включающие решение Ksmart ком-

пании Koh Young Technology, которое позволяет пользователям обеспечивать наиболее эффективное управление технологическими процессами быстро переналаживаемого производства с меняющейся номенклатурой изделий. Концепция «Индустрия 4.0» может быть реализована только в условиях полностью интегрированного и оптимизированного производственного процесса. Полная интеграция предполагает обеспечение связи между всем оборудованием в составе линии, что является обязательным связующим условием Smart factory. Однако недостаточ-

но просто начать производственный процесс. Для достижения наилучшей эффективности «Индустрии 4.0» необходима также оптимизация производственного процесса, при этом связь между процессами представляет собой ключевой фактор, позволяющий объединить производственные элементы при наличии обратной связи от систем контроля, производящих измерения на собранных изделиях, тем самым обеспечивая качество проводимого анализа.

Компания Koh Young, являющаяся передовым производственным предприятием в области проведения

трехмерных измерений (AOI и SPI), научилась применять точные трехмерные измерения и информацию по определению дефектов примени-

тельно ко всему производственному процессу. Сейчас все большее количество отраслевых производителей внедряют системы автоматического

контроля и управления для создания «умных» предприятий с целью повышения производительности труда и улучшения качества выпускаемой продукции. Что же такое Ksmart? Данное решение представляет собой автоматизированную систему, построенную на основе последних технических достижений, которая объединяет все ее составляющие с системой анализа процессов Smart, а также обеспечивает быстрый и удаленный контроль и управление процессами в режиме реального времени. С помощью Ksmart руководитель предприятия может следить за возникающими на производственной линии нарушениями, анализировать их причины и вносить изменения в программы контроля «на ходу» в случае необходимости, находясь даже вне предприятия (с помощью специального интерфейса на планшете/телефоне).



Рис. 1. Intelligent Platform — интеллектуальная платформа, объединяющая все решения Ksmart. Является виртуальной платформой на удаленном сервере, позволяющей дооснащать ее по мере необходимости различными продуктами Ksmart

## KeySmart = «Умный Ключ», или ключ к умному производству

Решение Ksmart компании Koh Young Technology является интеллектуальным центром управления технологическими процессами и общим производством продукции. Успех внедрения обуславливается применением новых программных технологий компании, которые функционируют в тесном взаимодействии с возможностями AOI и SPI — системами трехмерных измерений. В состав данных технологий входит система дистанционного контроля (RMS) Ksmart, Ksmart Link и другие элементы.

Ksmart состоит из модуля «Интеллектуальная платформа», кото-

рый обеспечивает максимальный уровень взаимосвязи применительно ко всем станциям контроля, повышая возможности комплексной автоматизации. Данная платформа представлена модулем программного обеспечения (ПО), использующим машинный алгоритм искусственного интеллекта (AI). «Интеллектуальная платформа» обеспечивает высокий уровень эксплуатационной гибкости, так как она может объединять все проверочные установки (AOI, SPI, периферийные устройства) в заданной системе или системах SMT. Она также способна собирать и анализи-

ровать большое количество данных измерений процесса SMT.

Решение Ksmart — основа перспективного видения компании Koh Young Technology, целью которой является содействие клиентам в реализации максимальной эффективности производства и управления в условиях современного высоко развитого производства электронного оборудования. Сегодняшняя производственная среда связана с массой различных сложностей: современные (миниатюрные) комплектующие, устанавливаемые в изделия все меньшего размера, более

высокие требования в области эксплуатационной гибкости (применительно к высокопроизводительным/многономенклатурным производствам), растущие требования стандартов на оборудование, которое должно устанавливать связь в режиме реального времени. Ksmart содержит легкие в использовании,

но эффективные встроенные инструментальные средства, разработанные для разрешения указанных задач, и позволяет осуществлять анализ дефектов в режиме реального времени, начиная с простого предоставления точных данных 3D-измерений, полученных из систем 3D-контроля Koh Young. Представ-

ленные данные являются необходимыми для определения причин возникших дефектов и оптимизации технологического процесса. Помимо этого, можно выполнить «точное копирование» настроек линии для применения в комплексных производственных системах и даже на различных площадках.

## Ksmart Solutions как инструмент перехода к «Индустрии 4.0»

Помимо выполнения 3D-анализа дефектов в режиме реального времени с помощью имеющегося в поставке ПО SPC@Ksmart (SPC statistic process control — статистический метод управления производством), существуют также следующие функции Ksmart Solutions:

- RMS@Ksmart («Система дистанционного контроля») — первый программный продукт, позволяющий отслеживать дефекты в режиме реального времени;
- LM@Ksmart («Администратор библиотеки»), обеспечивающий хранение и распределение файлов заданий и условий проверок из централизованной базы данных в систему 3D-контроля компании Koh Young;
- Link@Ksmart, обеспечивающий просмотр, обнаружение ошибок и неисправностей и оптимизацию систем поверхностного монтажа (SMT) путем хранения и предоставления результатов проверки из системы 3D Koh Young;
- OLD@Ksmart («Автономная наладка») — удаленная настройка параметров инспекции в заранее установленное время без остановки производственной линии.

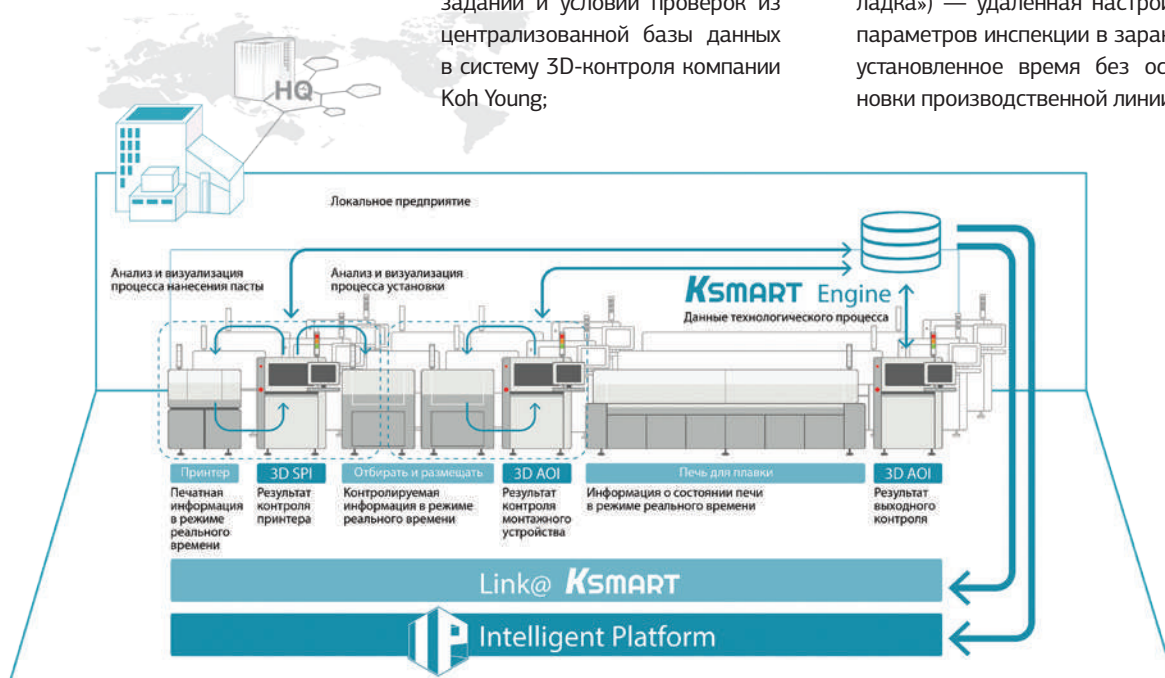


Рис. 2. Схематичное описание взаимодействия SMT-линии с Ksmart Solutions. Ключевую роль играют системы инспекции, «собирающие» информацию в 3D-формате с каждой платы для дальнейшей обработки на сервере Ksmart

### Система дистанционного контроля Ksmart (RMS@Ksmart)

С помощью RMS@Ksmart обеспечивается эффективная работа и передача в режиме реального времени данных о состоянии контрольно-измерительных устройств Koh Young, информации о выходе продукта с производственных линий и данных о присутствующих дефектах со всех имеющихся установок SPI и AOI компании Koh Young на производственных линиях.



Рис. 3. RMS Ksmart — удаленный мониторинг статуса и состояния каждой установки в режиме реального времени

Руководители предприятия могут отслеживать причины возникновения дефектов и вносить изменения в программы инспекции в режиме реального времени. Данные о дефектах в режиме реального времени автоматически предоставляются операторам на удаленные станции, где они могут подтвердить/проверить информацию и отбраковать плату или отправить ее дальше по технологической цепочке производства. Достоверные данные, полученные на основе 3D-измерений компании Koh Young, являются основополагающей концепцией, которая позволяет пользователям оптимизировать техпроцессы.

После RMS@Ksmart использует функция Link@Ksmart, анализирующая все результаты 3D-измерений, полученных от систем 3D SPI и 3D AOI на системах Koh Young. RMS@Ksmart объединяет и передает на сервер

следующую информацию: данные по выпуску продукции (% годных изделий в смену/неделю/за год); состояние установки (сколько установка работает/простаивает и т. д.); данные о дефектах из систем SPI и AOI.

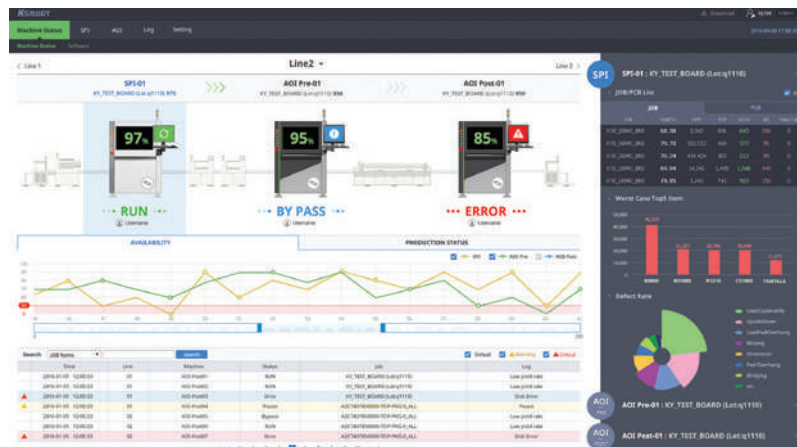


Рис. 4. Link@Ksmart — вкладка, отображающая состояние линии в целом и каждой установки в отдельности, с подробным отчетом о дефектах, ухудшающих общие показатели производительности



При таком использовании интеллектуальных систем контроля для управления многопоточным производством в режиме реального времени требуется небольшое количество инженеров и операторов, что облегчает процесс и сосредотачивает его в одном месте, обеспечивая повышение производительности. Состояние технологических процессов и анализ отдельных производственных линий также могут контролироваться и управляться дистанционно.

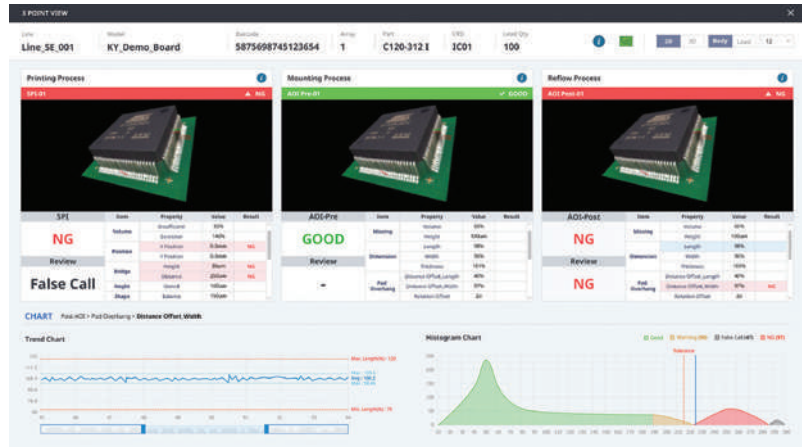


Рис. 5. Link@Ksmart — отображение конкретного дефекта с различных установок, позволяющее определить стадию его возникновения

### Администратор библиотеки Ksmart (LM@Ksmart)

Это лучшее решение в области управления рисками применительно к AOI (анализ и помощь в поиске оптимальных границ техпроцесса). Что касается SPI, то управление параметрами этих систем не столь сложное в сравнении с AOI, поскольку затрагивает лишь несколько параметров.

Кроме того, функция статистического контроля качества продукции (SPC Char) предоставляет возможность управления несколькими линиями в режиме реального времени, позволяя инженерам-технологам проверять такие данные, как состояние системы, выход годной продук-

ции, причины аварийного состояния и т. д. Также выполняется визуализация данных для анализа работы каждой системы с возможностью формирования различных отчетов по любым параметрам (наихудшее отклонение, компонент, имеющий большее количество дефектов, и т. д.).

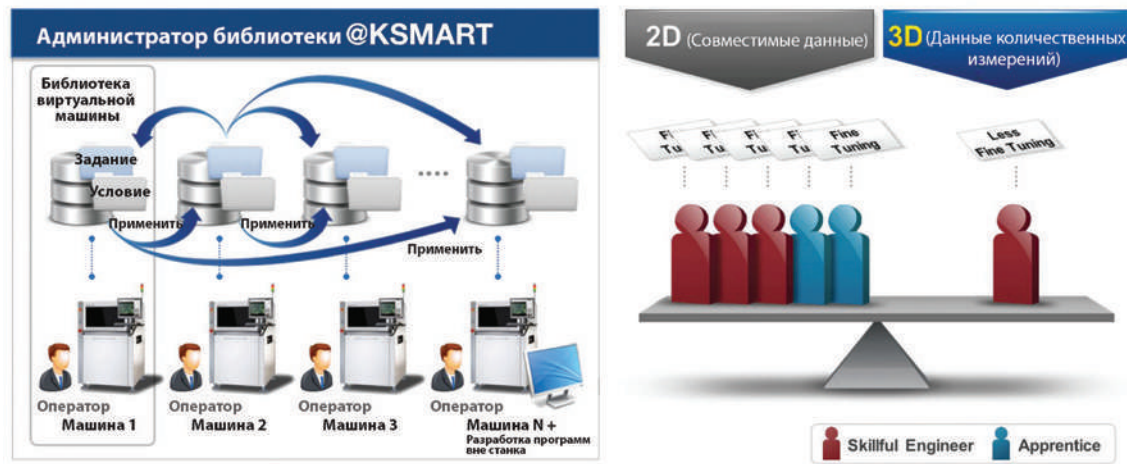


Рис. 6. LM@Ksmart — единая среда управления всеми программами и библиотекой

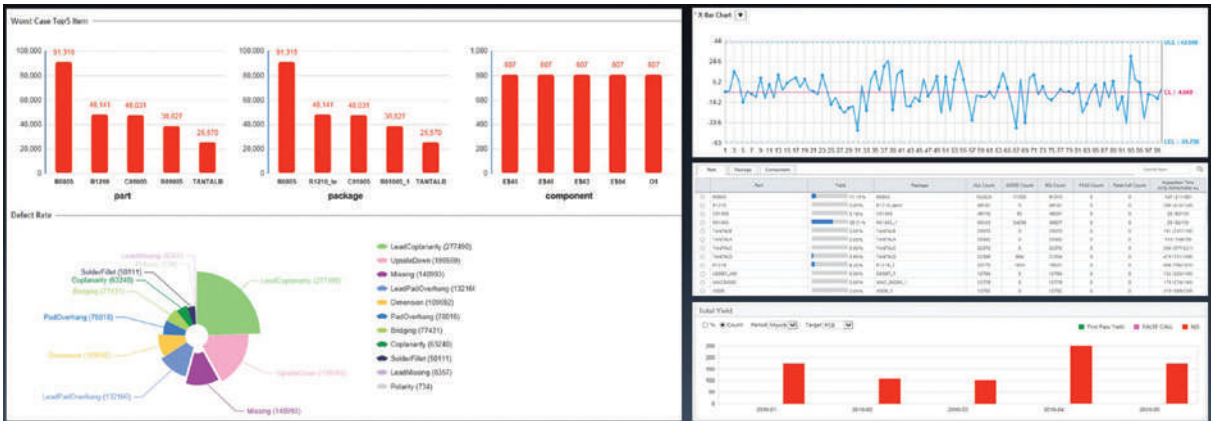


Рис. 7. LM@Ksmart – визуализация данных для анализа и формирования различных отчетов

## Выгода применения решения Ksmart

Ksmart содержит легкие в использовании, но эффективные встроенные инструментальные средства, позволяющие осуществлять управление производственным процессом и оптимизировать его, обеспечивая максимально низкий уровень возникающих дефектов (на основе данных 3D-измерений).

С помощью уникальных функций Ksmart, к числу которых относятся SPC@Ksmart и Link@Ksmart, пользователи могут устанавливать и отслеживать причину дефекта или отклонения процесса путем проведения обязательных анализов данных 3D-измерений.

Помимо этого, контроль и анализ могут выполняться непрерывно даже при проведении удаленной настрой-

ки с помощью OLD@Ksmart. В итоге это приводит к оптимизации технологического процесса, и конечный результат заключается в нулевых потерях. Инструменты анализа в реальном времени делают невозможным выход изделий с дефектами, которые

сложно определить. Поскольку с использованием 3D-технологии ни один из дефектов не проходит незамеченным, технологический процесс считается оптимизированным и хорошо отлаженным, а производство — эффективным и надежным.

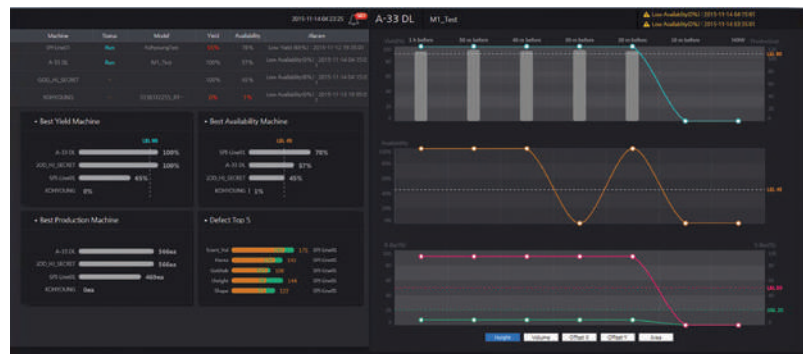


Рис. 8. SPC@Ksmart — статистический анализ технологического процесса

## Оптимизация технологического процесса

Устройство оптимизации технологического процесса Ksmart объединяет измеренные данные, полученные со всех производственных линий, для выполнения анализа и сравнения текущего процесса с проведенным ранее анализом. Ksmart объединяет все данные, полученные из систем измерения по каналу «обратной связи» с технологическими единицами (трафаретный

принтер, установщик и т. д.), и анализирует полученные значения для управления несколькими линиями одновременно в режиме реального времени. Анализ можно провести, например, по предоставлению данных с каждой установки и каждой системы в линии. При этом управление каждой установки в составе всех производственных линий может осуществляться дистанционно.

### Устройство оптимизации KSMART

Схема ведущего модуля принтера

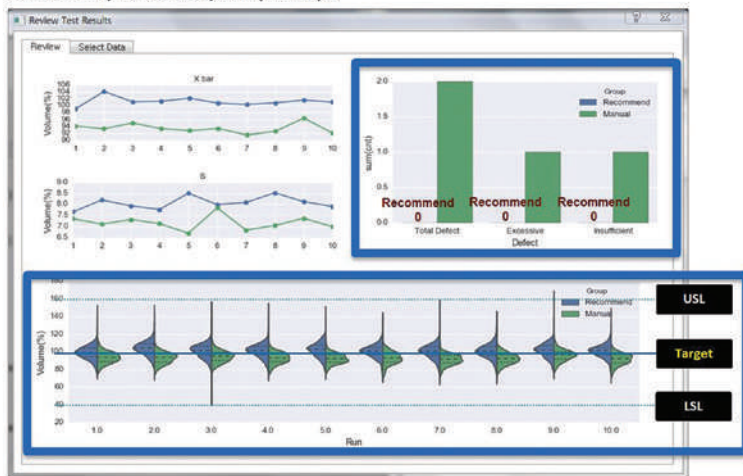
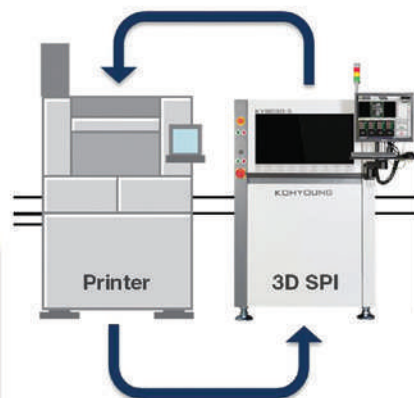


Рис. 9. КРО — оптимизация работы принтера с помощью Ksmart Printer Optimizer



## Целевое инвестирование, обдуманнные шаги

Разработка и внедрение Ksmart ведутся в различных офисах компании Koh Young по всему миру. Компания повсеместно расширяет количество своих научно-исследовательских центров, инвестирует средства на изобретение новых устройств,

а также ведет совместную работу с другими организациями для достижения общей цели. Примером такой синергии может служить взаимодействие с Южной Кореей и Инженерным центром по интегральным схемам (IEEC) Бингемтонского уни-

верситета (SUNY), у которого имеется своя собственная лаборатория по производству «умной» электронной аппаратуры. Подразделение Ksmart Solution также ведет совместную работу с научно-исследовательским центром KAIST для проведения исследований и разработок решений в области машинного зрения. Кроме того, Koh Young открыла научно-исследовательский центр в Сан-Диего (шт. Калифорния) для создания основы платформ AI, используемых для оптимизации производственных процессов.

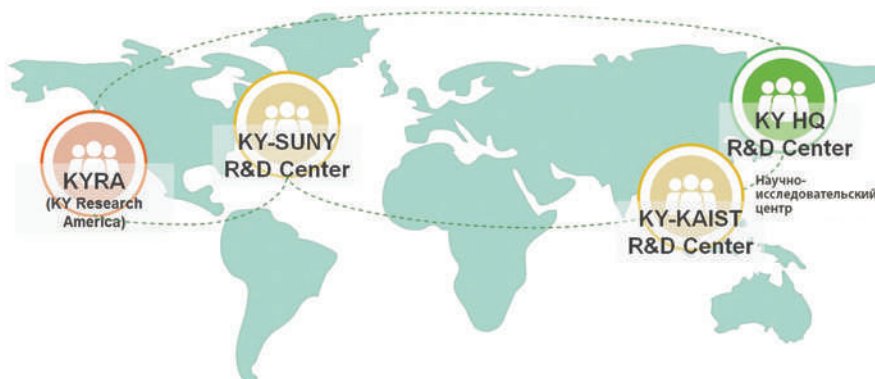
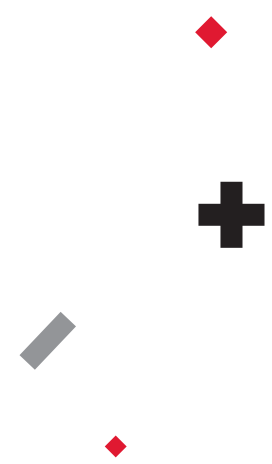


Рис. 10. R&D научно-исследовательские центры компании Koh Young

Все это является естественным для лидера в области технологии 3D-инспекции, занимающего первое место на мировом рынке в течение последних 11 лет (первое место по доле рынка SPI (49%), а также 25% от общей доли рынка SPI и AOI). Koh Young выпустила уже более 10 000 измерительных установок 3D-инспекции, установленных по всему миру, что является знаковым показателем в области инспекции SMT.

Производители электроники постоянно ищут более выгодные пути оптимизации процессов производства,

обеспечения эффективного контроля и управления ими. Решение Ksmart от Koh Young Technology помогает клиентам уже сегодня гарантировать полностью автоматизированный контроль производственного процесса на перспективных «умных фабриках». ACU Ksmart предоставляет бесчисленное количество преимуществ оптимизации производственного процесса в реальном времени; она повышает продуктивность при одновременной минимизации расходов, в конечном итоге обеспечивая наилучший результат. 



### СПРАВКА

Компания Koh Young Technology предоставляет решения в области 3D-измерений, которые удовлетворяют требования конкретного клиента и подходят для использования в различных производственных средах, включая «умные» приборы, электронную аппаратуру подвижных объектов, линии связи, предприятия в сфере вооруженных сил, авиации, здравоохранения и медицины. Центры по прямым продажам и поддержке находятся в Германии, США, Японии, Сингапуре, Китае и Корее.





**Компания «Диполь» создает и реализует высокотехнологичные проекты для различных отраслей промышленности, выполняя весь комплекс работ по созданию современного производства «под ключ».**

В рамках этой деятельности осуществляется:

- Проектирование объекта строительства, включая технологические и инженерные решения;
- Строительство чистых производственных помещений и инженерной инфраструктуры любой степени сложности;
- Комплексное строительство новых и реконструкция существующих промышленных предприятий;
- Модернизация и переоснащение предприятий для соответствия актуальным технологическим требованиям;
- Ввод в промышленную эксплуатацию предприятий.

\*Представленные данные являются справочными, подробную информацию можно уточнить у менеджеров компании.

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург / Саров / Прага  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru) / тел. (812) 702-12-66

# Высшая школа SMT

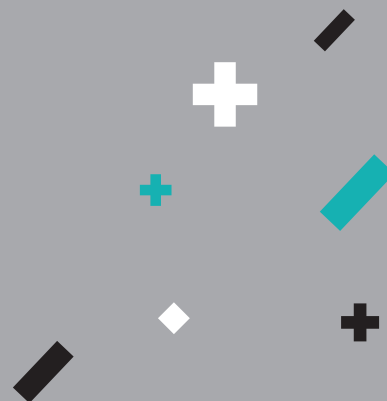
24–25 августа в Москве состоялся тренинг одного из ведущих специалистов США по SMT, всемирно известного технолога Рэя Прасада (Ray Prasad). Мероприятие, организованное компанией «Диполь», было посвящено технологиям поверхностного монтажа и особенностям работы с такими компонентами, как BTC (Bottom Termination Components), CSP, QFN, BGA.





Ведущий тренинга, технолог Рэй Прасад

Тренинг среднего и повышенного уровня сложности предназначался для профессионалов с практическим опытом в технологиях поверхностного монтажа и собрал более тридцати участников из двадцати пяти российских компаний. Основную целевую аудиторию составили специалисты, напрямую связанные с конструированием, сборкой, инспекцией и ремонтом BFC-, QFN- и BGA-компонентов.



В теме разработки компонентов с учетом технологичности Рэй Прасад рассмотрел особенности современной элементной базы, вопросы надежности сборки узлов с применением этих компонентов и обратил внимание на ряд свойственных им проблем: современные материалы печатных плат, способы защиты переходных отверстий на многослойных печатных платах и так далее. Речь шла о выборе конструкций контактных площадок (КП), о приемах решения распространенных проблем при пайке QFN- и других компонентов с теплоотводными площадками, таких как разделение КП с помощью маски или конструкции трафаретов для нанесения пасты под теплоотводящие полигоны.

Обсуждая особенности процесса сборки, Рэй, в частности, остановился на таких деталях процесса, как: паяльная паста и ее нанесение; пайка оплавлением и парофазная пайка; флюс, отмывка и безотмывная технология; контроль качества, инспекция и ремонт.



Рэй Прасад и руководитель службы технологической поддержки IPC компании «Диполь» Андрей Фешко

Также были рассмотрены практические вопросы, касающиеся надежности смешанных технологий, применения бессвинцовых BGA, а также влияния бессвинцовых технологий на надежность.



Основной канвой встречи стала актуальнейшая для каждого технолога тема — повышение процента годных изделий и их надежности в условиях современного производства и с учетом особенностей ряда компонентов. Участники тренинга исключительно положительно отозвались о проведенном мероприятии и высоко оценили знания и практический опыт, которым поделился Рэй Прасад.



### КОММЕНТАРИЙ СПЕЦИАЛИСТА

**АНДРЕЙ ФЕШКО, РУКОВОДИТЕЛЬ СЛУЖБЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ИРС КОМПАНИИ «ДИПОЛЬ»:**

В своей деятельности компания «Диполь» уделяет внимание не только собственным обучающим программам для специалистов отрасли (тренинги по технологии СМТ, отмывке, стандартам ИРС и др.), но и стремится привлекать к обмену опытом известных зарубежных экспертов. Мы уже знакомили наших партнеров с такими специалистами, как Боб Уиллис, Ларс Валин, Хан Раетсен. В этот раз мы пригласили известнейшего специалиста и консультанта из США Рэя Прасада для проведения двухдневного тренинга по актуальным вопросам SMT-технологий.

Признаюсь, иницируя данное мероприятие, я ничуть не сомневался в успехе, так как информационный голод и потребность во встречах подобного рода вполне очевидны. Но конечный результат превзошел самые оптимистичные ожидания — несмотря на сезон отпусков и сжатые сроки организации,

тренинг собрал в несколько раз больше участников, чем планировалось (нам даже пришлось срочно менять место проведения, чтобы вместить всех желающих). Это говорит и о большом интересе к озвученным вопросам, и о необходимости в новых экспертных знаниях. Конечно, работе российских предприятий присуща определенная специфика, но это нисколько не умаляет ценности передового зарубежного опыта, накопленного лучшими специалистами за многие годы. Отзывы посетителей тренинга только укрепляют нас в этом мнении и подталкивают к продолжению практики подобных мероприятий. Поэтому мы будем ждать от заказчиков новых вопросов, предложений «горячих» тем, для обсуждения которых мы готовы приглашать как уже знакомых, так и новых зарубежных специалистов.








## СПРАВКА

Рэй Прасад — автор книги «Технология поверхностного монтажа: принципы и практика», ставшей одним из основных руководств для технологов США и Европы и используемой многими зарубежными ВУЗами.

Р. Прасад занимался внедрением технологии поверхностного монтажа в компании Boeing, отвечал за глобальное внедрение технологий SMT компаний Intel на предприятиях по всему миру, управлял пакетной программой Intel PentiumPro™. Разработал курсы DFM и SMT для инженеров Intel.

В 2013 г. Р. Прасад приглашен в Зал славы IPC за вклад в развитие технологии SMT. Является лауреатом премии SMTA за выдающиеся достижения, лауреатом награды президента IPC за собствен-

ный вклад в продвижение электронной промышленности и лауреатом высшей награды Intel — Intel Achievement Award.

В настоящее время Рэй Прасад является председателем комитета BGA IPC-7095 «Применение процесса проектирования и сборки для BGA», сопредседателем IPC-7093 «Внедрение процесса проектирования и сборки для компонентов поверхностного монтажа с выводами под корпусом (BTC), QFN, DFN и MLF». Отвечает за разработку и внедрение SMT для многочисленных системных продуктов. 

# Гибкая конфигурация

Типовые решения Keysight

## ДЖИМ АРМЕНТРАУТ (JIM ARMENTROUT), KEYSIGHT TECHNOLOGIES, INC.

Производители новых мобильных электронных устройств стремятся сократить расходы и одновременно повысить характеристики этих устройств и расширить их функциональные возможности. Но чем сложнее такие устройства, тем больше дополнительных тестов требуется для их проверки, а это значит, что необходимо повышать быстродействие новых систем тестирования. Системы тестирования должны обеспечивать высокую точность, воспроизводимость результатов измерений, расширенные возможности измерений и производительность, удовлетворяющие потребности производителей в условиях быстрого развития рынка.

При переходе к новой или модернизированной тестовой платформе неизбежны определенные трудозатраты и риски. Производителю потребуется освоить или адаптировать соответствующее программное обеспечение и, возможно, потратить месяцы или даже годы, чтобы оценить конфигурацию системы тестирования на предмет ее соответствия стоящим задачам, которая, в итоге, может оказаться неприемлемой. Составление сценариев тестирования предполагает наличие опыта программирования, а для испытания сложного оборудования необходимы глубокие знания в области метрологии. Чтобы составить правильную комбинацию приборов, отвечающую конкретным потребностям испытаний, следует оценить, в первую

очередь, характеристики контрольно-измерительного оборудования. Затем нужно решить проблему интеграции приборов и программного обеспечения в систему тестирования, чтобы оптимизировать производительность и точность измерений. Возможно, вам еще не раз придется изменять конфигурацию приборов, параметры и алгоритмы измерений, чтобы постепенно разработать методику, которая позволит достичь заданных целей тестирования. При создании решения для тестирования инновационных устройств проверка характеристик приборов и программного обеспечения, объединенных в единую систему, оказывается затруднительной, и инженерам приходится решать проблемы, связанные как с исследуемым устройством, так

и с характеристиками системы тестирования. Получить требуемую систему тестирования можно только при условии решения всех этих системных проблем.

Сжатые циклы проектирования вынуждают специалистов по тестированию искать альтернативные решения, основанные на существующих решениях других производителей. Компания Keysight оптимизировала конфигурации аппаратного и программного обеспечения для решения определенных задач, возникающих в процессе тестирования. Некоторые конфигурации снабжены примерами программ с открытым исходным кодом и предлагаются компанией Keysight как Типовые решения.

## Что такое Типовые решения?

Типовые решения Keysight — это сконфигурированные системы тестирования, в состав которых входит несколько контрольно-измерительных приборов в модульном (PXI, AXIe) или настольном формате с соответствующими программными драйверами, измерительными алгоритмами и примерами программ. Приборы выбираются исходя из оптимального быстродействия и производительности для конкретных приложений, а также используются преимущества модульных приборов, такие как

гибкость и масштабируемость. Отметим, что Типовые решения применимы как для сегодняшних, так и для будущих задач, которые раньше казались невыполнимыми.

В расширенном специализированном Типовом решении можно использовать прибор любого типа. Например, модульные быстродействующие генераторы сигналов в формате PXI применимы для производственного тестирования беспроводных устройств, а высокопроизводительные и высококачественные модульные генераторы сигналов произвольной формы в формате AXIe — для научных исследований или имитации сигналов РЛС. Типовые решения охватывают аналоговые, цифровые и ВЧ/СВЧ-приложения, каждое из которых предъявляет уникальный набор требований к контрольно-измерительному оборудованию и порождает проблемы, которые должны быть решены (рис. 1).

твенные модульные генераторы сигналов произвольной формы в формате AXIe — для научных исследований или имитации сигналов РЛС. Типовые решения охватывают аналоговые, цифровые и ВЧ/СВЧ-приложения, каждое из которых предъявляет уникальный набор требований к контрольно-измерительному оборудованию и порождает проблемы, которые должны быть решены (рис. 1).

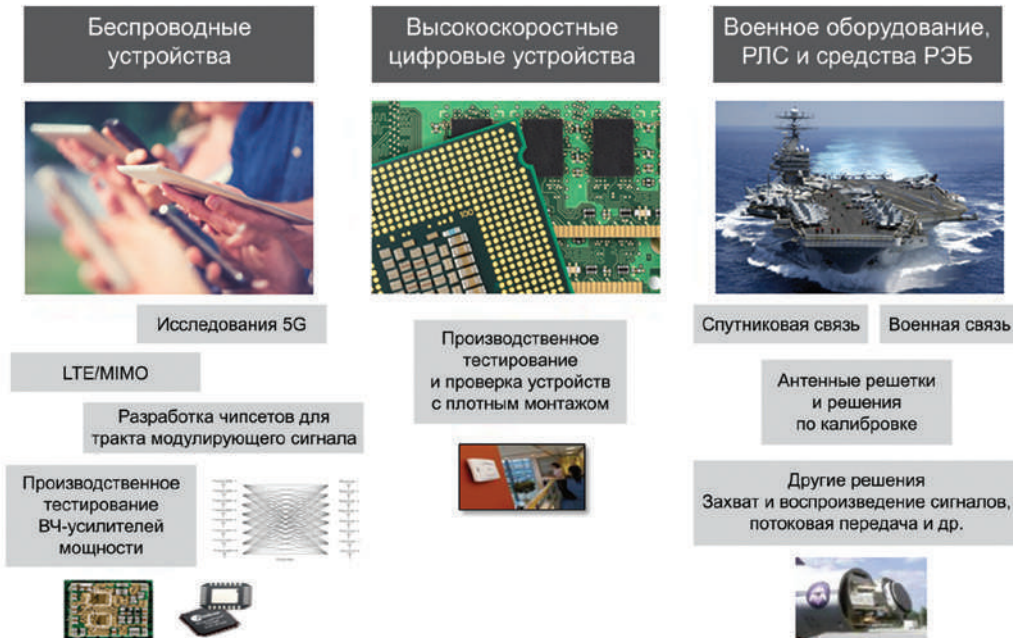


Рис. 1. Приложения с особыми требованиями к тестированию, часть которых покрывается Типовыми решениями



Практическое преимущество Типовых решений Keysight заключается в том, что каждое из них было разработано и успешно реализовано в реальных условиях. Усовершенствования, сделанные в соответствии с запросами заказчиков, улучшили характеристики, которые наиболее важны для конкретных приложений. Создание Типового ре-

шения Keysight представляет собой сложную и трудоемкую задачу по разработке системы тестирования, включая выбор приборов и программного обеспечения, конфигурирование и проверку. Гибкость при разработке решений позволяет инженерам добавлять процедуры тестирования, измерительные каналы, измерения и собственные

алгоритмы для конкретных приложений. С помощью Типовых решений Keysight инженеры могут создавать системы тестирования, наиболее точно соответствующие техническим требованиям. Для этого рекомендуется реализовать полное Типовое решение, а затем доработать его в соответствии с конкретными планами тестирования.

## Примеры Типовых решений

Типовое решение для тестирования беспроводных устройств позволяет инженерам одновременно и быстро проверять сигналы нескольких антенных элементов и анализировать модуляционные и ВЧ-характеристики, чтобы обеспечить точную синхронизацию и высокое качество сигналов при агрегировании несущих и формировании диаграммы направленности систем MIMO. Типовое решение Keysight для тестирования многоканальных конфигураций LTE/LTE-A — это компактная система в формате PXI для генерации и анализа сигналов, предлагающая до 8 синхронизированных фазово-когерентных каналов. Для создания сложных сигналов LTE-A используется ПО Signal Studio, а для подключения нескольких анализаторов — ПО 89600 VSA/WLA. Это решение можно сконфигурировать в соответствии со специальными потребностями тестирования устройств беспроводной связи.

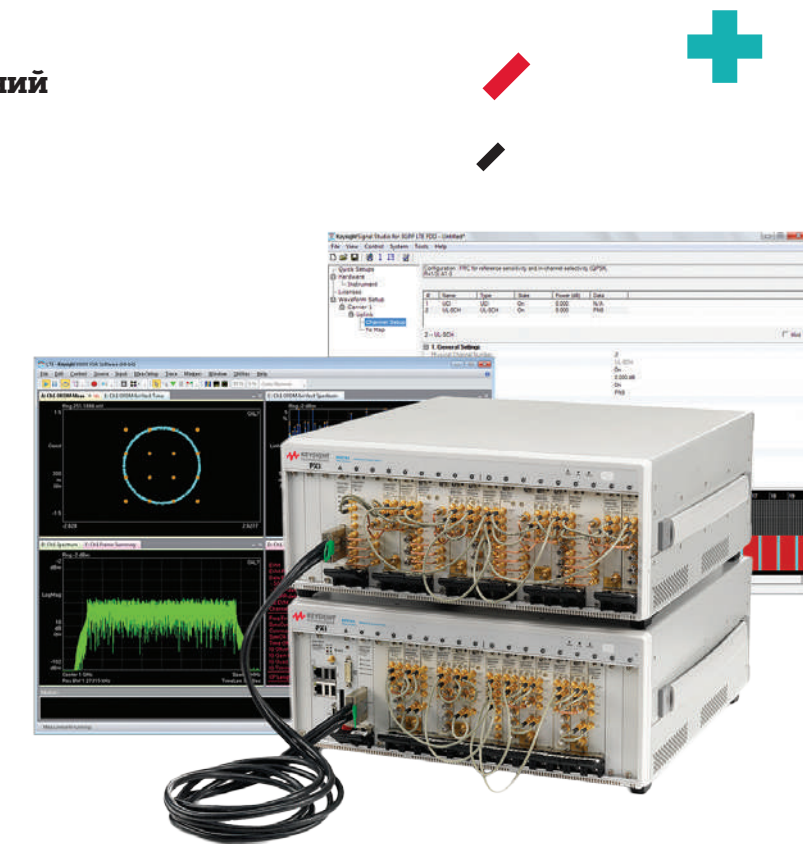


Рис. 2 Типовое решение для многоканальных конфигураций LTE/LTE-A

При производственном тестировании усилителя мощности/выходного модуля с помощью Типового решения, использующего 2-портовый векторный анализатор цепей, можно измерять характеристики пассивных компонентов выходного модуля,

чтобы повысить скорость передачи данных и уменьшить производственные расходы. Ускоренные измерения цифровых преобразования с или без обратной связи и измерения с отслеживанием огибающей выполняются в течение десятков миллисекунд. Типовое решение Keysight для тестирования и измерения характеристик ВЧ-усилителя мощности/модуля сопряжения позволяет получать характеристики модулей УМ ВЧ для различных мобильных устройств. С его помощью можно измерять S-параметры, мощность, мощность в соседнем канале, нелинейные искажения и параметры демодуляции.

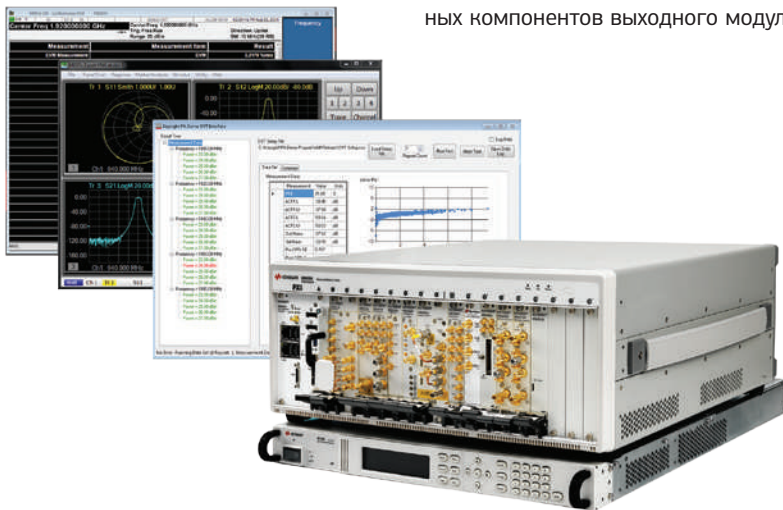


Рис. 3. Типовое решение для тестирования ВЧ-усилителя мощности/модуля сопряжения

Типовое решение Keysight для многоканального тестирования антенн, объединяющее аппаратные и программные средства, позволяет калибровать узкополосные антенны. Гибкость конфигурации системы тестирования обеспечивается возможностью добавления каналов, применением опций понижающего преобразования частоты в приемных каналах антенны, выбором полосы анализа и источников ВЧ-/СВЧ-сигналов. Основные компоненты этого решения — векторный анализатор сигналов, векторный генератор сигналов, векторный анализатор цепей, цифровой формирователь испытательных сигналов, ускоритель измерений и ПО Signal Studio.



Рис. 4. Типовое решение для многоканального тестирования антенн

Для разработки систем 5G можно использовать Типовое решение исследования каналов. Благодаря гибкости аппаратных и программных средств это решение обеспечивает передачу и измерение сигналов миллиметрового диапазона, формирование и анализ широкополосных сигналов и обработку данных в режиме реального времени. В состав системы тестирования входят широкополосный дигитайзер, аналоговый генератор СВЧ-сигналов, векторный генератор сигналов, генератор сигналов произвольной формы, ПО VSA и ПО Waveform Creator.

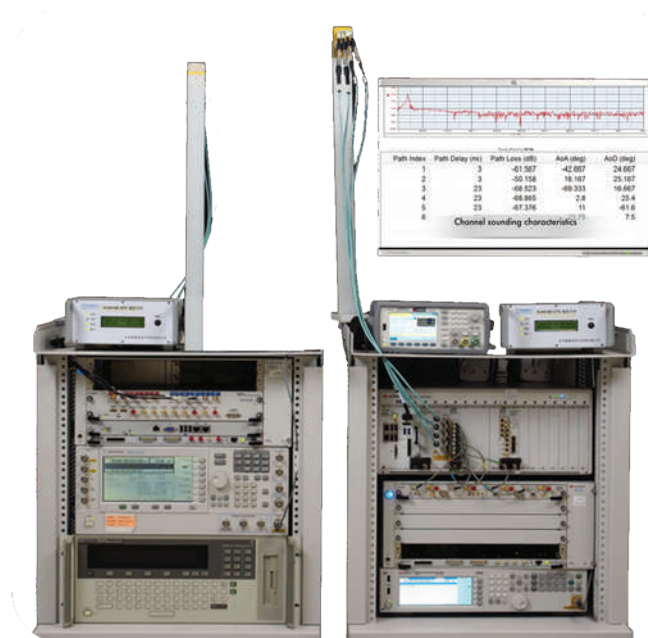
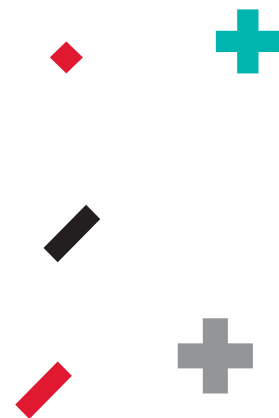


Рис. 5. Типовое решение для исследования каналов 5G

## Выводы

Типовые решения Keysight разработаны для решения проблем тестирования в конкретных приложениях. Каждое решение — это практический опыт работающих у заказчика инженеров-разработчиков и исследователей, объединенный с опытом специалистов компании Keysight по разработке контрольно-измерительного оборудования и программного обеспечения для систем тестирования. В результате различных форм сотрудничества появились

передовые системы тестирования, которые позволят инженерам сократить цикл разработки устройств и ускорить их продвижение на рынок. Измерительные системы на основе проверенных комбинаций приборов и программного обеспечения можно быстрее внедрять, адаптировать и модернизировать для удовлетворения текущих и будущих требований к испытаниям, используя предоставленную документацию и примеры программ. 



Статья опубликована в журнале «Компоненты и технологии»

# По заказу «Авроры»

Компанией «АО «НПФ «Диполь» по техническому заданию заказчика АО «Концерн «НПО «Аврора» разработан стенд-комплект встраиваемых средств технического контроля электронной аппаратуры. В основе комплекта использовано измерительное оборудование Keysight Technologies.

Основной частью комплекта измерительной аппаратуры стала система на базе шасси PXI Keysight Technologies M9018A. Модуль M9037A со встроенным компьютером на базе ЦПУ Intel Core i7 и операционной системой Windows 7 (64bit) управляет всеми внешними измерительными приборами по шинам GPIB, USB, LAN и встроенными модулями PXI по шине PCIe. В состав шасси PXI входят также следующие модули:

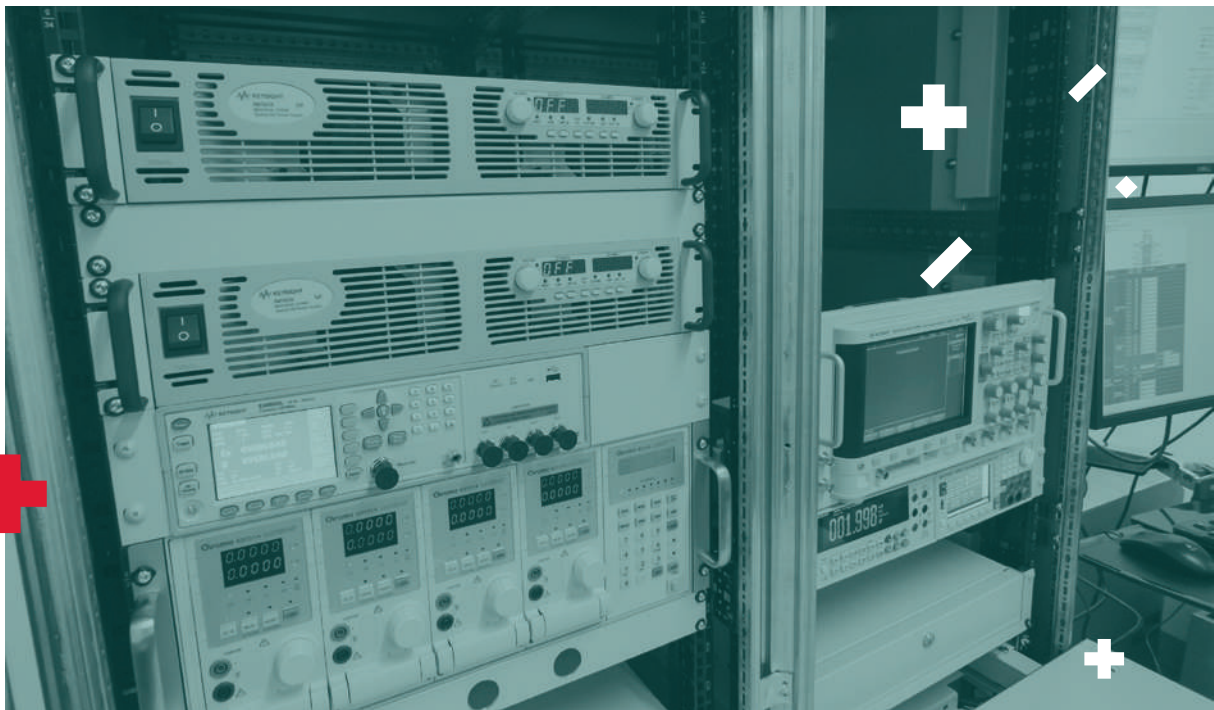
МОДУЛЬ	ОПРЕДЕЛЕНИЕ	ХАРАКТЕРИСТИКИ	ФУНКЦИЯ
M9187A	Модуль цифрового ввода/вывода в формате PXI	32 входа; 32 выхода; напряжение на входе и выходе от 0,3 В до 50 В	Управление исследуемой аппаратурой
M9135A	Силовое реле в формате PXI	Однополюсное на одно направление; 20 каналов; 5 А; 300 Вт	Переключение нагрузок исследуемой аппаратуры
M9122A	Модуль матричного коммутатора в формате PXI (матрица 8×32)	Однопроводной; входное значение 100 В/2 А; якорные реле	Коммутация нагрузок на входах/выходах исследуемой аппаратуры
M9102A	Мультиплексор высокой плотности в формате PXI	128 каналов; однопроводной; входное значение 100 В/1 А; герконовые реле	Коммутация входов/выходов исследуемой аппаратуры





Питание осуществляется по постоянному или переменному току, в зависимости от исследуемого устройства.  
Системы питания исследуемых устройств:

МОДУЛЬ	ОПИСАНИЕ	ХАРАКТЕРИСТИКИ	УПРАВЛЕНИЕ ШАССИ
По переменному току			
Chroma 61703	Программируемый источник питания переменного тока	0–300 В, DC 15–1200 Гц; три фазы; 4,5 кВА	По шине GPIB
АКИП-1317	Модуль нагрузки электронной программируемой для источников постоянного и переменного тока	4 А/300 В/300 Вт; DC от 10 до 400 Гц; три модуля установлены в шасси 3300С	По шине GPIB или по RS-232
По постоянному току			
N8762A	Источник питания постоянного тока	600 В/8,5 А/5100 Вт	По шине GPIB
N6774A	Модуль источника питания	8,5 А/35 В/300 Вт; модули установлены в шасси N6712A	
Chroma 63101A	Модуль электронной нагрузки постоянного тока	40 А/80 В/200 Вт; модули установлены в шасси Chroma 6314A	





Для поиска неисправностей в исследуемом устройстве используются:


- DSOX2014A.  
Осциллограф: 100 МГц, четыре аналоговых канала, управление по шине LAN. Используется для анализа сигнала на исследуемом устройстве в различных контрольных точках.
- E4980AL.  
Прецизионный измеритель LCR, от 20 Гц до 300 кГц, управление по шине GPIB. Используется для измерения и анализа характеристик пассивных компонентов на соответствие требованиям, предъявляемым к исследуемому устройству и его составным компонентам.
- B2901A.  
Прецизионный параметрический анализатор: один канал; 100 фА; 210 В; 3 А/10,5 А (постоянный/импульсный ток); управление по шине GPIB. Используется для измерения вольт-амперных характеристик активных компонентов и (как пробойная установка с напряжениями 50, 100, 200 В) для анализа изоляции межблочных соединительных проводов на пробой.

Весь комплект встраиваемых средств технического контроля электронной аппаратуры имеет систему автоматического управления посредством программного обеспечения, созданного в среде LabVIEW и установленного на модуль M9037A PXI. Соответственно, комплект встраиваемых средств технического контроля электронной аппаратуры не требует подключения к внешнему компьютеру и управляется оператором средствами самого комплекта.



Комплект встраиваемых средств технического контроля электронной аппаратуры размещен в два соединенных 19" шкафа (стандартная ширина 600 мм). Шкафы выполнены с ЭМС-защитой. На шкафы по желанию заказчика установлены кронштейны под два монитора и клавиатуру. Также на шкафы установлен стол для размещения исследуемо-

го устройства и всех необходимых соединительных проводов к нему; распределенная нагрузка на стол составляет 80 кг. Для всего комплекта оборудования были изготовлены кронштейны крепления в 19-дюймовую раму (с учетом веса оборудования). Дополнительно по заданию заказчика для всего комплекта встраиваемых средств тех-

нического контроля электронной аппаратуры был сделан расчет тепловыделения всех измерительных приборов, учтена климатическая зона применения и установлена необходимая система охлаждения и поддержания необходимой температуры внутри шкафов. 



Оборудование

# На одном языке

## Программирование источников питания







Алексей Телегин,  
ведущий блога по источникам питания  
Keysight Technologies

Мы продолжаем знакомить читателей с материалами, посвященными базовым понятиям и подходам в использовании источников питания (ИП), современным решениям в данной области и уникальным функциям, помогающим решить самые сложные задачи, возникающие при тестировании. В этом номере менеджер по развитию бизнеса и ведущий раздела по системам электропитания объединенного блога Keysight Technologies в России Алексей Телегин обсуждает вопросы программирования ИП.

## Как передать команды в устройство?

Сегодня я хочу рассмотреть способы передачи команд в прибор. Другими словами, какой библиотекой ввода/вывода можно воспользоваться для передачи команд? Все мои рассуждения будут основаны на библиотеках ввода/вывода Keysight, поскольку с этой средой я знаком очень хорошо. Здесь возможны два варианта: прямой ввод/вывод, в котором применяются команды SCPI, или драйверы, к чьим функциям можно обращаться.

Сначала поговорим о прямом вводе/выводе. Я научился программировать приборы с помощью языка HPBASIC, так что для меня все началось именно с этого. Для выполнения данной работы компания Keysight предлагает два основных стандарта. Первый и самый старый из них — библиотека VISA. С ней удобно работать, если вы программируете прибор на языке C. Ниже приведен фрагмент кода на языке C на основе VISA, взятый из примера программы для N6700 (я намеренно убрал комментарии, чтобы показать программу в чистом виде):

```
VISAsstatus=viOpenDefaultRM(&defrm);  
VISAsstatus=viOpen(defrm,"GPIB0::5",VI_NULL,VI_NULL,&session);  
viPrintf(session,»VOLT 5,(@1) \n»);  
viPrintf(session, «OUTP ON, (@1) \n»);  
viPrintf(session, «MEAS:VOLT? (@1) \n»);  
viScanf(session,»%s»,&voltmeasurement);  
viClose(session);  
viClose(defrm);
```

Функции `viPrintf` и `viScanf` очень похожи на некоторые базовые функции языка C, так что если вам приходилось программировать на C, то трудностей не возникнет.

Однако существует и новая библиотека Keysight VISA COM, замечательно взаимодействующая с языками, поддерживающими COM. VISA COM хорошо работает с языками Visual Basic и C#. Здесь показана та же программа, написанная на VB:

```
Set ioMgr = New KeysightRMLib.SRMCLsSet
Instrument = New VisaComLib.FormattedIO488Set
Instrument.IO = ioMgr.Open(«GPIB0::5»)
Instrument.WriteString « VOLT 5,(@1)»
Instrument.WriteString « OUTP ON, (@1)»
Instrument.WriteString «MEAS:VOLT? (@1)»
Result = Instrument.ReadstringInstrument.IO.Close
```

По-моему, это читается лучше, чем VISA. Вот почему, когда мне нужно написать программу, я предпочитаю VISA COM и Visual Basic.

Другой способ управления — использование драйвера. В настоящее время мы предлагаем с нашими приборами драйверы двух разных типов: VXI Plug and Play и IVI COM. Впрочем, драйверы VXI Plug and Play считаются устаревшими, и я не буду на них останавливаться. Вот пример нашей программы, написанной с помощью драйвера IVI (на C#):

```
driver = new Keysight.KeysightN67xx.Interop.KeysightN67xx();
IKeysightN67xxProtection2 protectionPtr;
IKeysightN67xxMeasurement measurementPtr;
IKeysightN67xxOutput3 outputPtr;
int channeldriver.Initialize(“GPIB0::5”, idquery, reset, initOptions);
outputPtr = driver.Outputs.GetItem(driver.Outputs.GetName(channel));
protectionPtr =
driver.Protections.GetItem(driver.Protections.GetName(channel));
measurementPtr =
driver.Measurements.GetItem(driver.Measurements.GetName(channel));
outputPtr.VoltageLevel(3.0, 3.0);
outputPtr.Enabled = true;
mVolt = measurementPtr.Measure(KeysightN67xxMeasurementTypeEnum.KeysightN67xxMeasurementVoltage);
driver.Close();
```

Как видите, программа с драйвером получается значительно сложнее прямого ввода/вывода. Тем не менее можно привести несколько аргументов в пользу драйвера. Первый и самый весомый аргумент заключается в том, что сама ваша система рассчитана на применение драйверов. Другой веский

аргумент — переносимость кода. В драйвере IVI определены классы приборов, которые будут работать с любым совместимым источником питания постоянного тока. Одним из основных недостатков наших драйверов IVI является то, что функции почти всегда один к одному совпадают с SCPI, поэтому не столь

много функций могут работать на более высоком уровне, и вы не сэкономите время на программировании.

Я предпочитаю VISA COM в Visual Basic, поскольку считаю это самым простым способом программирования, и он полностью меня устраивает.



## Какой язык программирования выбрать?

Вместо того чтобы рекомендовать какой-нибудь конкретный язык, я собираюсь сравнить графические языки программирования с текстовыми.

Для начала давайте предположим, что точного ответа на поставленный вопрос нет и выбор языка программирования — дело вкуса.

В отличие от большинства моих коллег я не специализировался на аналоговой электронике и всегда интересовался компьютерными технологиями и благодаря такой специализации получил некоторые базовые знания о языках программирования. Я предпочитаю сидеть и программировать на текстовых языках, потому что именно этому я обучен.

Графические языки программирования сейчас очень популярны (самый знакомый для меня — Keysight VEE). Я считаю, что такие языки незаменимы для написания коротких

программ. Если программа целиком помещается на одном экране, то графические языки программирования работают просто замечательно. Кроме того, они позволяют действительно легко создавать интерфейсы пользователя, поскольку в них есть множество простых функций для управления прибором и ото-

бражения информации. Но я считаю, что они становятся очень громоздкими, если понадобится обмениваться с прибором большими объемами данных. Также я обнаружил, что в них используются весьма странные конструкции циклов. Многие утверждают, что эти графические языки очень напоминают электрические

**Графические языки программирования позволяют действительно легко создавать интерфейсы пользователя, поскольку в них есть множество простых функций для управления прибором и отображения информации**

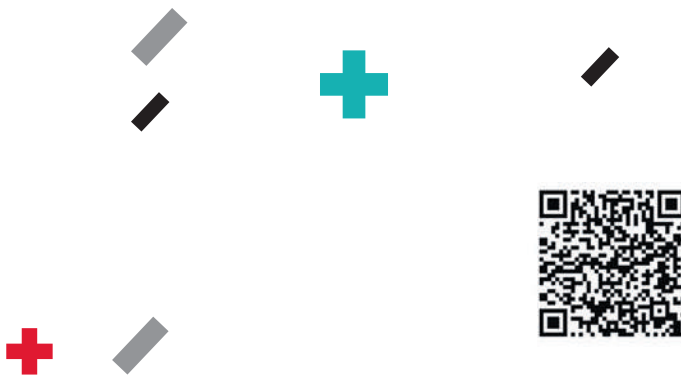
схемы, и я хорошо понимаю, почему люди предпочитают такое представление простому текстовому программированию.

Должен признаться, если мне нужно быстро написать программу, которую не придется кому-либо показывать, я по-прежнему сделаю ее на HPBASIC. Я обнаружил, что простые программы пишутся на этом языке очень легко. Если все настроено правильно, то никакие драйверы не нужны; обмен информацией с прибором выполняется легким движением руки. Впрочем, большие программы на HPBASIC уже не так просты.

Сейчас я предпочитаю программировать на Visual Basic (с помощью библиотеки ввода/вывода VISA COM). Если вы взглянете на прилагаемый пример программы для источника питания, то увидите много кода на VB. Думаю, текстовые языки программирования позволяют создавать значительно более компактный код: он занимает меньше места на экране, чем эквивалентная программа на графическом языке. Кроме того, языки вроде Visual Basic обладают большей гибкостью, поскольку ориентированы не только на контрольно-измерительные, но и на более универсальные приложения. Циклы

здесь работают очень хорошо, и последовательность операций выглядит для меня более логичной. К тому же я быстрее ввожу текст, чем соединяю квадратики. Однако у текстового программирования есть и свои недостатки. Например, графические языки изначально ориентированы на управление приборами. Они имеют встроенные функции и команды обработки данных, значительно упрощающие жизнь, и предлагают очень хорошие библиотеки для построения интерфейсов пользователя.

Так что правильным ответом на поставленный вопрос будет такой: лучшим языком программирования является тот, с которым вам удобнее работать. 🇺🇸



Ссылка на блог по источникам питания  
Keysight Technologies





## ДИПОЛЬ представляет уникальный 3D-принтер SLA650 производства компании SHINING3D.

В основе технологического процесса 3D-печати установки заложен метод стереолитографии (Stereolithography – SLA) – отверждение жидкого фотополимера под воздействием лазерного излучения ультрафиолетового спектра.

3D-принтер ориентирован на промышленное применение и позволяет печатать изделия габаритами до 650 мм из широкого спектра различных пластиков.

Основной сферой применения 3D-принтера SLA650 является низкосерийное и высокономенклатурное производство в области приборостроения – изготовление корпусных и крепежных элементов, быстрое прототипирование, а также литьевое производство – создание выжигаемых моделей под литье металла.

Объединяют в своем составе:

- Максимальный размер — построения 650X600X400мм (полная ванна);
- Максимальный — вес модели 10 кг;
- Точность —  $\pm 0.1$ мм (размер < 100мм) /  $\pm 0.1\%$  (размер  $\geq 100$ мм)  
(Точность может варьироваться в зависимости от параметров модели, геометрии и размеров детали, ориентации детали, и последующей обработки);
- Лазер — Твердотельный с тройной частотой Nd: YVO<sub>4</sub>;
- Длина волны — 355 nm;
- Размер пятна лазера — номинальный диаметр 0.08 - 0.12 мм;
- Скорость сканирования — 10м/с (макс); 6-10м/с (мин);
- ПО для подготовки — Materialise Magics;
- Толщина слоя — 0.05мм (мин) - 0.25мм (макс);
- Габариты машины — 1220X1400X2000мм;
- Вес — 1300 кг.

\*Представленные данные являются справочными, подробную информацию можно уточнить у менеджеров компании.

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург / Саров / Прага  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru) / тел. (812) 702-12-66

# Step by КЭП

Первое сентября для Колледжа электроники и приборостроения (КЭП) стало двойным праздником. Кроме традиционного Дня знаний коллектив этого профессионального образовательного учреждения отмечал сорокалетний юбилей своей организации.





1 сентября 1977 г. на базе Ленинградского электромеханического завода было образовано Городское профессиональное техническое училище № 130. В 2003 г. Профессиональному лицейу № 130 присвоили имя Героя России Владимира Широкова, а через десять лет, в соответствии с Положением о Комитете по образованию, лицей был переименован в Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Колледж электроники и приборостроения».

За прошедшие годы из стен колледжа вышли тысячи высоко востребованных специалистов отрасли, а само учреждение неоднократно становилось лауреатом



Директор Колледжа электроники и приборостроения Галина Воронько



профессиональных конкурсов, таких как «Образование-2008», «100 лучших образовательных учреждений СПО России», «Образовательная организация XXI века. Лига лидеров — 2016». В 2016 г. колледжу присуждена награда Правительства Санкт-Петербурга — почетный знак «За качество товаров (продукции), работ и услуг».

В настоящее время КЭП является Отраслевым центром приборостроения, Членом ассоциации предприятий радиоэлектроники, приборостроения, средств связи и инфотелекоммуникаций, Городским ресурсным центром и осуществляет подготовку специалистов для электронного кластера Санкт-Петербурга по направлениям «Электроника» и «Мехатроника»: радиомеханик, монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов, электромонтаж-

ник-наладчик, мастер по обработке цифровой информации, техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники, радиоаппаратостроение, радиотехнические информационные системы, автоматизация технологических процессов и производств, монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств.

В День знаний сотрудники компании «Диполь» навестили своего давнего партнера, поздравили коллектив колледжа с праздником и побеседовали с его директором Галиной Воронько, которая рассказала нам о жизни КЭП и организации учебного процесса.

**Жизненный цикл изделий в радиоэлектронике короткий — один-два года, и очень важно, что наши выпускники приходят на современное производство, вооруженные новейшими знаниями**



Директор по маркетингу компании «Диполь» Игорь Ивичев вручает подарки лучшим студентам колледжа





сертификата «Оператор автоматизированной линии поверхностного монтажа». За девять лет автоматизированная линия, приобретенная на средства гранта, полностью окупилась на выполнении производственных заказов. И что самое ценное — на ней работают сами студенты! Например, сейчас мы выполняем заказ по монтажу и сборке печатных плат для доступ-контроля в метрополитен. Освещение Вантового моста — там тоже платы, изготовленные на нашем производстве. Много, что имеется в колледже, куплено на средства от доходов предпринимательской деятельности (выпуск продукции, обучение сотрудников предприятий).

В установке и наладке производственной линии нам помогала группа компаний «Диполь», которая уже десятый год является техническим партнером колледжа, и мы ведем сотрудничество по таким направлениям, как производственная практика и трудоустройство студентов, совместные семинары по инновационным технологиям с участием педагогов колледжа. Наши учебные мастерские практически полностью укомплектованы оборудованием, поставленным компанией «Диполь».

Конечно, сухой перечень не может передать всю степень трепетного отношения к нам со стороны специалистов «Диполя». Ваши директора сами вызываются проводить у нас занятия, чтобы студен-



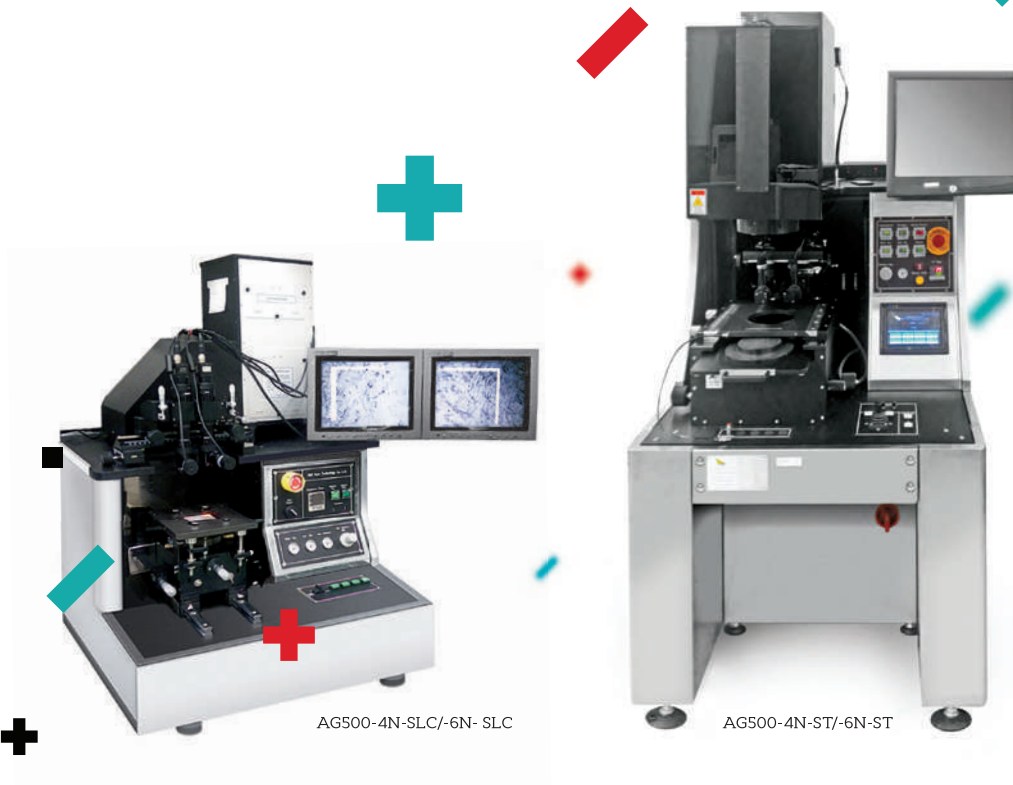
ты могли из «первых рук» получить информацию о новом оборудовании и задать необходимые вопросы. Мы знаем, что в аварийной ситуации всегда можем рассчитывать на оперативную помощь сервисной службы «Диполь». Мы получаем приглашения на все ваши семинары и присутствуем на них, чтобы мастера и преподаватели колледжа могли изучить информацию о новых технологиях в отрасли и передать ее своим ученикам. Наши выпускники приходят на современное производство, вооруженные новейшими знаниями. Нам говорят: «Спасибо, ваши детки все знают!». Это очень важно, ведь жизненный цикл изделий в радиоэлектронике короткий — всего два года, и мы стараемся быть на пике инноваций и своевременно обновлять материально-техническую базу учреждения.



Помимо прочего, «Диполь» всегда помогает нам с участием в таких профессиональных конкурсах, как «Шаг в профессию» и WorldSkills, монтируя нам рабочие площадки и предоставляя оборудование.

Надеюсь, дружба с вашей компанией будет только крепнуть. Ну, а в дальнейших наших планах — открытие новой специальности «Мехатроника и мобильная робототехника» и получение аккредитации Центра сертификации компетенций по электронике. 📺





## Ручные и полуавтоматические установки совмещения-экспонирования серии AG500:

- Оптимальное решение для пластин 60×48 мм и полупроводников 2"–6" при разрешении до < 0,8 мкм
- Универсальная оснастка для образцов и шаблонов
- Автоматическое выравнивание образца параллельно шаблону
- Удобство работы оператора: моторизованная видеосистема и джойстик (для версии -ST)
- Массивное основание для защиты от вибраций (для версии -ST)
- Низкая цена и стоимость эксплуатации

## Отраслевой интегратор

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород / Екатеринбург  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [micro.dipaul.ru](http://micro.dipaul.ru) / [micro@dipaul.ru](mailto:micro@dipaul.ru) / тел. (812) 702-12-66



# WorldSkills–2017

15–17 ноября 2017 г. в Санкт-Петербурге на территории конгрессно-выставочного центра «Экспофорум» состоялся III Открытый региональный чемпионат «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia) 2017. Организатором компетенции «Электроника» данного конкурса при поддержке компании «Диполь» выступил Колледж электроники и приборостроения.



На региональном открытом чемпионате Санкт-Петербурга «Молодые профессионалы» WorldSkills Russia посетители имели возможность ближе познакомиться с различными профессиями и поучаствовать в мастер-классах, пройти профориентационное тестирование, а также получить информацию о деятельности профессиональных образовательных учреждений, находящихся в ведении комитета по образованию, о правилах приема и условиях обучения в них.







WorldSkills International (WSI) — это существующее с 1946 г. международное некоммерческое движение, целью которого является повышение статуса профессионального образования и стандартов профессиональной подготовки и квалификации по всему миру.

Этот конкурс профессионального мастерства позволяет повысить уровень образовательной и профессиональной подготовки молодых рабочих и специалистов, выявить, распространить и внедрить в учебный процесс положительный опыт профессионального образования, повысить значимость и престиж рабочих профессий и специальностей.

В рамках чемпионата WorldSkills Russia прошли конкурсы по многочисленным компетенциям: дизайн костюма; каменщик; сварочные технологии; токарные и фрезерные работы на станках с ЧПУ; ювелирное дело; поварское дело; ресторанный сервис; парикмахерское искусство; плотницкое дело и др.




# world skills Russia



Площадка компетенции «Электроника», организованная Колледжем электроники и приборостроения (КЭП), была оснащена электростатическим оборудованием и промышленной мебелью Viking, предоставленной компанией «Диполь». В ходе всех трех дней чемпионата студенты различных образовательных учреждений (КЭП, Колледж коммерции и управления, Политехнический колледж городского хозяйства, Техникум отраслевых технологий, финансов и права) должны были выполнить четыре различных задания:

1. Разработка печатной платы, изготовление и монтаж.
2. Программирование робота.
3. Поиск неисправности и ремонт.
4. Монтаж и сборка изделия.

После подведения итогов были названы победители в компетенции «Электроника». Первые два места завоевали студенты КЭП, третье место занял учащийся Политехнического колледжа городского хозяйства. 



**ТЕПЕРЬ  
С НАПРЯЖЕНИЕМ  
36 В**



## **Паяльник с регулировкой ТЕМПЕРАТУРЫ Накко FX-600 (36 В)**

Универсальный паяльник Hakko FX-600 с регулировкой температуры и напряжением питания 36 В. Диапазон рабочей температуры 200–500 °С.

Большой выбор наконечников, малый вес и габариты паяльника позволяют осуществлять пайку с различными видами компонентов.

Используется для проведения самых разнообразных паяльных работ, в т. ч. при пайке электронных деталей и микросхем.

Новый паяльник Hakko FX-600 (36 В) является полноценной заменой одноканальных паяльных станций.

- Универсальный уровень мощности (50 Вт).
- Процедура управления рабочей температурой паяльника осуществляется простым поворотом ручки (расположена на рукоятке).
- Имеется возможность фиксации температуры с помощью специального ключа.
- Индикатор состояния установки температуры.
- Надёжный керамический нагревательный элемент длительного срока службы.
- Тепловая защита предохраняет рукоятку инструмента от перегрева.
- Эргономичная и облегченная рукоятка из лёгкой пластмассы обеспечивает удобную работу.
- Стабильность температуры  $\pm 1$  °С.



# Вот и он, вот ион...

**Контроль уровня ионных загрязнений как элемент управления технологическим процессом сборки электронных узлов с соблюдением критериев «6 сигма»**

**P. Eckold, L. Henneken, R. Fritsch, U. Welzel  
Robert Bosch GmbH, Automotive Electronics, Stuttgart, Germany  
M. Routley, G. Naisbitt  
Gen3 Systems Limited, Farnborough, UK  
Под ред. инженера-технолога к. х. н. Татьяны Кузнецовой  
Перевод: Артем Вахитов**



Данная статья посвящена описанию новой методики контроля уровня ионных загрязнений на основе п. 2.3.25 стандарта IPC-TM 650, предназначенной для использования на серийных производствах.

Методика успешно внедряется в качестве элемента управления технологическим процессом производства высоконадежных электронных узлов и позволяет обеспечить соответствие критериям «6 сигма».

Для оценки повторяемости и воспроизводимости методики контроля (Gauge R&R) с использованием вновь разработанных систем контроля загрязнений, установленных в пяти разных точках мира, использовался калибровочный

раствор NaCl с массовой концентрацией 0,1%. При целевом значении NaCl, равном 1,0 мкг/см<sup>2</sup>, полуширина доверительного интервала концентрации загрязнений на поверхности составила менее 0,1 мкг/см<sup>2</sup> NaCl ( $\pm 8,8\%$ ) в условиях ручной лабораторной подготовки жидкостей (дозирование пипеткой, контроль температуры). Это значение приемлемо для целей управления технологическими процессами и показывает, что контроль уровня ионных загрязнений на основе п. 2.3.25 стандарта IPC-TM 650 может успешно применяться для управления технологическим процессом изготовления электронных управляющих устройств.

## Введение

Все более широкое применение электронных управляющих устройств в жестких условиях среды, особенно в составе высоконадежных систем, выполняющих критические функции безопасности, требует тщательного обеспечения их стойкости к электрохимической коррозии и электромиграции. Обеспечить такой уровень надежности можно только на основе глубоких теоретических знаний.

Производство электронных узлов включает в себя более 20 различных этапов химико-технологического процесса, большинство из которых связано с высокими концентрациями способных к диссоциации и образованию ионов веществ. Воздей-

ствие электрических потенциалов в сырой или влажной среде в присутствии ионов часто повышает вероятность электрохимических реакций с образованием токопроводящих мостиков (дендритов), вызывающих преждевременные непредвиденные отказы электронных узлов.

Для оценки стойкости к электрохимической коррозии и электромиграции электронных узлов, на базе которой строится аттестованный производственный процесс, можно использовать метод анализа поверхностного сопротивления изоляции (Surface Insulation Resistance, SIR).

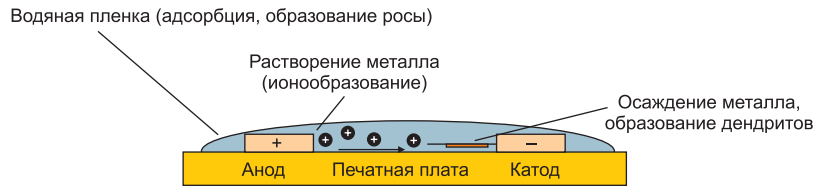
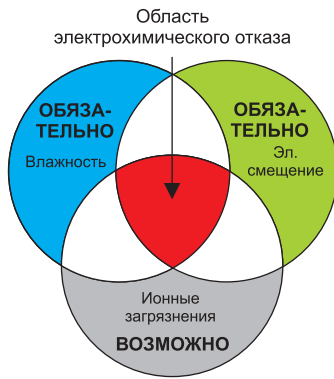


Рис. 1. Факторы, влияющие на электрохимическую миграцию (слева), и схема процесса образования дендритов между токопроводящими дорожками (справа)

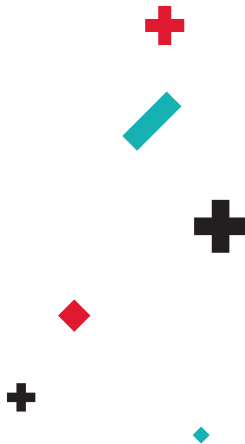
Электрохимическая миграция — это перенос электрохимически подвижной материи между токопроводящими дорожками под действием приложенного напряжения. В ходе этого процесса металл анода растворяется и осаждается на катоде, что приводит к росту металлического дендрита. На рис. 1 (слева) показаны факторы, влияющие на электрохимическую миграцию. Наличие сплошной водяной пленки и разности потенциалов между двумя токопроводящими дорожками является необходимым условием возникновения такого механизма отказа.

Ионные загрязнения поверхности печатной платы служат ускоряющим фактором, действие которого может выражаться в следующем:

- уменьшение энтальпии растворения металлов;
- снижение точки росы;
- сдвиг вверх и вниз значения pH;
- повышение электропроводности водяной пленки.

Таким образом, ионные загрязнения не являются обязательным условием электрохимической миграции, но способствуют ей. Поэтому необходимо контролировать уровень ионных загрязнений на отдельных этапах изготовления электронных узлов

(например, на этапах поверхностного монтажа или монтажа в отверстия) с использованием надлежащих средств управления технологическими процессами, чтобы общий уровень ионных загрязнений оставался в допустимых пределах.



## Проверка влагостойкости конструктивных элементов

За основу для оценки электрохимической стойкости конструктивных элементов печатных узлов при заданных климатических условиях можно взять стандарт IPC-9202. Он предусматривает измерение поверхностного сопротивления изоляции (SIR) специальной тестовой платы B52, конструктивные элементы

которой наиболее близки по своим характеристикам (материалы печатной платы, паяльные пасты и т. д.) к используемым в серийных изделиях. Это позволяет оценить в известных климатических условиях влагостойкость конструктивных элементов, изготовленных из определенного сочетания материалов.

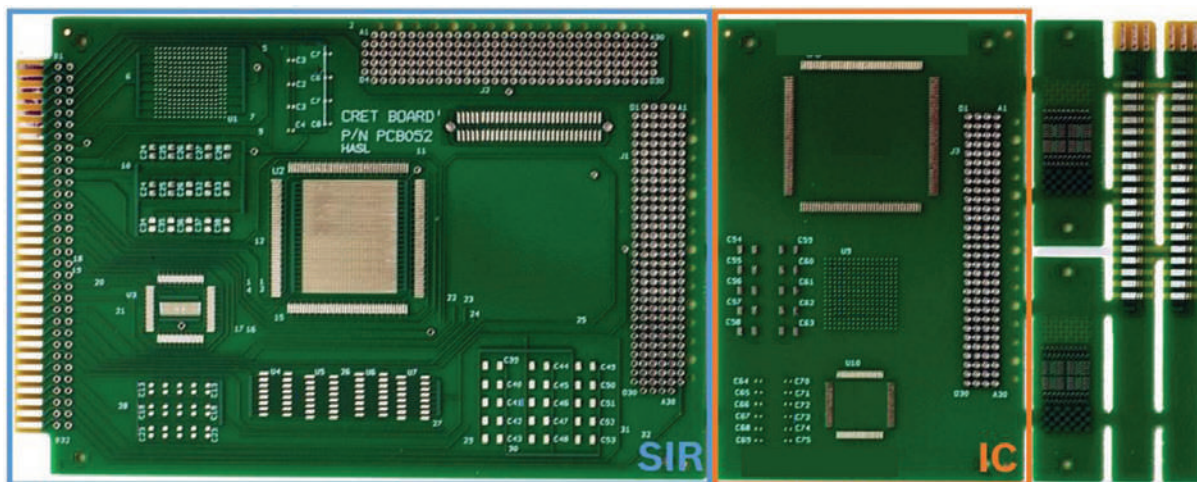


Рис. 2. Плата IPC B52 со специфическими для конкретного изделия конструктивными элементами и тестовыми структурами для измерения поверхностного сопротивления изоляции, предназначенная для проверки электрохимической стойкости

На рис. 2 показана принципиальная компоновка тестовой платы B52, предложенная в стандарте IPC-9202. Конструктивные элементы платы можно адаптировать в соответствии с требованиями к миниатюризации и элементной базе. Соответствен-

но, испытания для оценки электрохимической стойкости печатных узлов в условиях высокой температуры и влажности необходимо проводить на тех конструктивных элементах, которые используются в конкретном изделии.



## Контроль уровня ионных загрязнений как элемент управления технологическими процессами

Применяемые в настоящее время методы выявления ионных загрязнений описаны в п. 2.3.25 стандарта IPC-TM 650. Исходный метод определения удельного сопротивления экстракта загрязнений в растворителе (Resistivity Of Solvent Extract, ROSE) был специально разработан для управления технологическим процессом отмычки печатных узлов при изготовлении электронных управляющих устройств. Применяе-

мые методики измерения можно разделить на две основные группы по принципу работы измерительной установки: со статическим и динамическим экстрагированием. Различия в конструкциях анализаторов и методиках измерения делают практически невозможным сравнение данных, полученных на разнотипном оборудовании. Вдобавок данные таких измерений зачастую используются для определения абсолютного

уровня чистоты печатных узлов, изготовленных по безотмывочному технологическому процессу, хотя соответствующие методики не были на это рассчитаны.

Однако контроль уровня ионных загрязнений может применяться как элемент управления технологическими процессами для мониторинга уровня ионных остатков на поверхности электронных узлов на выходе нескольких технологических процес-

## Технологический контроль уровня ионных загрязнений

сов (например, пайка оплавлением, селективная пайка и т. д.) по ходу производственного цикла. Для этого в сотрудничестве с поставщиками систем контроля были внедрены оптимизированные система и методика контроля на основе п. 2.3.25 стандарта IPC-TM 650, призванные обеспечить соблюдение критериев «6 сигма», в том числе в масштабах нескольких производственных площадок.

Технологический контроль уровня ионных загрязнений (Process Ionic Contamination Testing, PICT) — это оптимизированная в сравнении с ROSE методика контроля. Метод PICT предусматривает использование статической системы с замкнутым контуром обратной связи по классификации, установленной п. 2.3.25 стандарта IPC-TM 650.

Принцип работы системы показан на рис. 3. Циклы контроля и регенерации реализованы независимо друг от друга, и растворенные ионные остатки с объектов контроля задерживаются в ионообменной колонне в ходе регенерации, пока электропроводность экстрагирующего раствора (или экстракта) не снизится до заданного уровня.

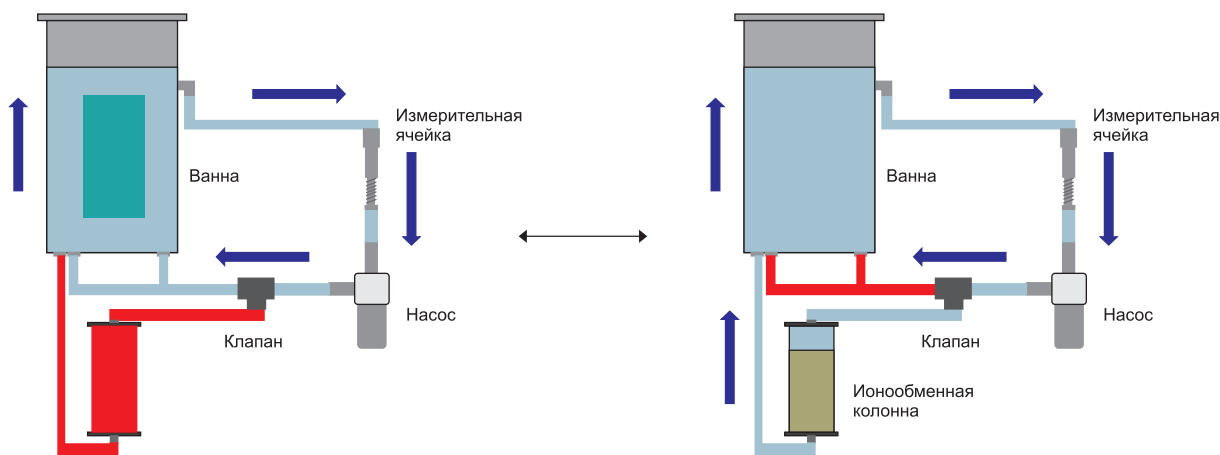


Рис. 3. Принцип работы измерительной установки на основе метода PICT, представляющей собой статическую систему контроля с замкнутым контуром обратной связи согласно п. 2.3.25 стандарта IPC-TM 650: слева — в режиме контроля; справа — в режиме регенерации

Расход раствора был оптимизирован во избежание излишней турбулентности в ходе цикла контроля. Это позволяет обеспечить быстрое удаление ионных загрязнений с поверхности печатного узла и сократить длительность цикла контроля. Кроме того, удалось ослабить влияние реакции образования угольной

кислоты из двуокиси углерода. Тем не менее компенсация влияния двуокиси углерода является ключевым условием достижения воспроизводимости результатов измерений при анализе ионных загрязнений. В зависимости от условий окружающей среды (например, от состава атмосферы, температуры, относительной влаж-

ности и т. д.) электропроводность растворителя может повышаться из-за образования угольной кислоты с последующей ее диссоциацией на катионы водорода и карбонат-анионы. По результатам тестовых измерений при разных условиях среды для разных производственных площадок было математически вычислено зна-



чение поправочного коэффициента, компенсирующего влияние двуокси углерода. Анализ растворов с низкой концентрацией ионов требует использования высокоточной ячейки для измерения электропроводности. Для этой цели применяется твердотельная ячейка, подключенная к баллистическому усилителю. Такая схема обеспечивает измерение с точностью  $\pm 0,005$  мкСм/см.

Чтобы использовать контроль уровня ионных загрязнений в качестве элемента управления технологическими процессами при производстве изделий электроники, было проведено исследование повторяемости и воспроизводимости методики контроля на нескольких производ-

ственных площадках. Оборудование для контроля было установлено на пяти производственных площадках, расположенных в разных точках мира, и прошло наладку в соответствии с техническими требованиями поставщика. В каждом случае через датчик электропроводности анализатора вводилось с последующей циркуляцией 2 мл измерительного раствора хлорида натрия массовой концентрацией 0,1%. Измеряемое в непрерывном режиме значение электропроводности раствора пересчитывалось в эквивалентное значение хлорида натрия (мг-экв/см<sup>2</sup> NaCl) по известной площади поверхности.

Результаты анализа повторяемости приведены на рис. 4. На одной производственной площадке в течение трех дней было выполнено 40 измерений с использованием рас-

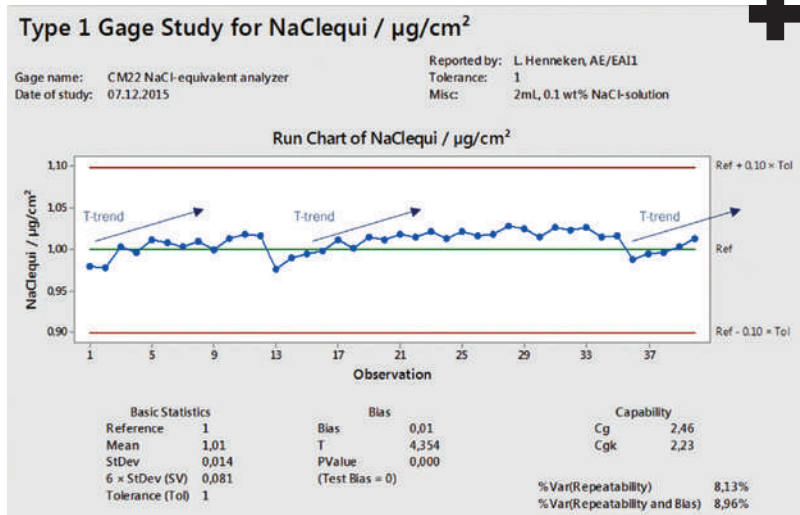


Рис. 4. Анализ повторяемости измерений эквивалентной поверхностной плотности NaCleq в мкг/см<sup>2</sup> по результатам сорока измерений на одной площадке с использованием раствора хлорида натрия массовой концентрацией 0,1% (снимок с экрана измерительного прибора)

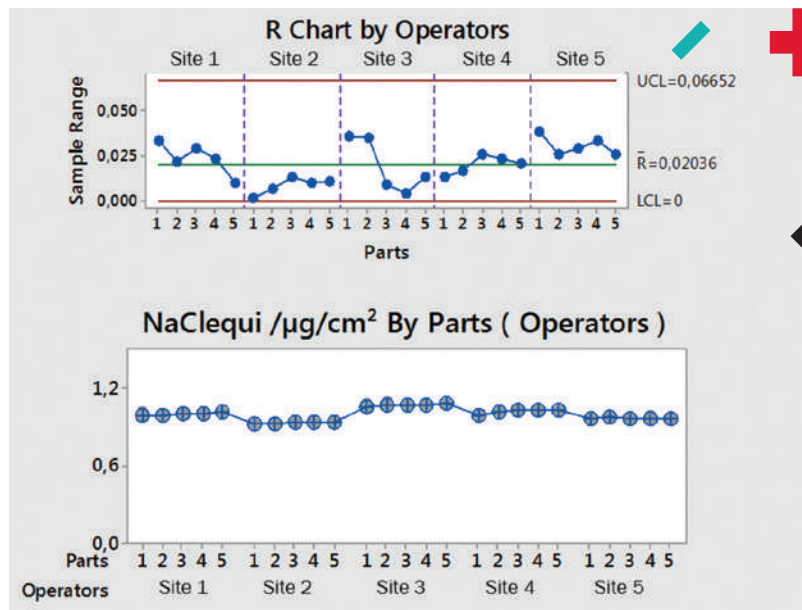


Рис. 5. Результат кругового сличения результатов измерения уровня ионных загрязнений на пяти различных производственных площадках по всему миру (снимок с экрана измерительного прибора)

творя натрия хлорида массовой концентрацией 0,1%. Статистических выбросов в данных не обнаружено. Исходя из имеющихся данных, внутренний отказ анализатора был бы обнаружен с вероятностью 96,8%. При этом наблюдался небольшой рост показаний прибора в течение каждого из трех дней с последующим снижением за ночь. Этот эффект можно объяснить влиянием температуры измерительного раствора при последовательном выполнении измерений на протяжении одного дня. Повышение температуры раствора ведет к увеличению подвижности ионов и, соответственно, к повыше-

нию электропроводности. Процесс был признан способным обеспечить требуемую точность ( $\pm 10\%$ ). В целом повторяемость анализатора отвечает критериям «6 сигма».

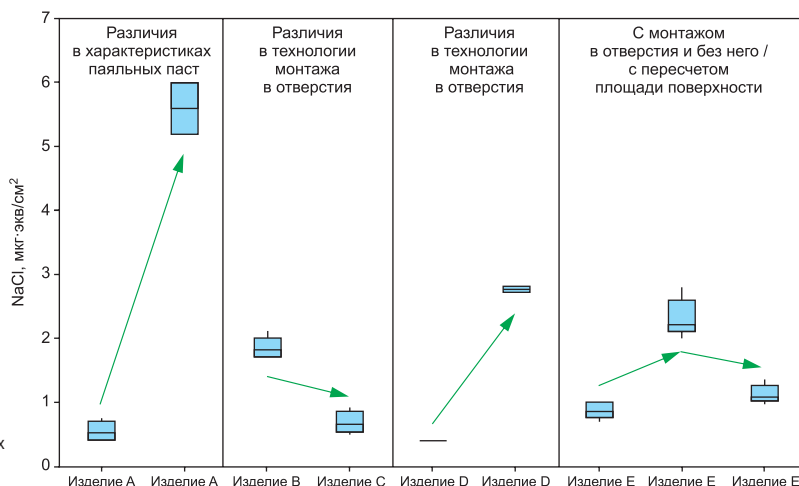
Исследование воспроизводимости выполнялось с использованием пяти различных анализаторов на пяти производственных площадках, расположенных в разных точках мира. Посредством унифицированных рабочих инструкций и указаний по порядку местной калибровки был обеспечен единообразный порядок выполнения измерений. При анализе результатов особенно важно учитывать вариации лабораторной

подготовки жидкостей (дозирование пипеткой, контроль температуры и т. д.). Расчетная ширина доверительного интервала составила  $\pm 8,8\%$ , что приемлемо для целей химического анализа. Графики на рис. 5 демонстрируют лишь незначительное отклонение измеренных значений, полученных на отдельных площадках. Вывод таков, что оптимизированная по параметрам методика контроля уровня ионных загрязнений может использоваться в качестве элемента управления технологическими процессами для определения уровня ионных загрязнений печатных узлов.

## Влияние технологических параметров и оптимизация технологического процесса

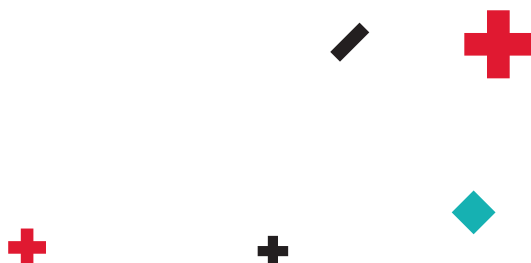
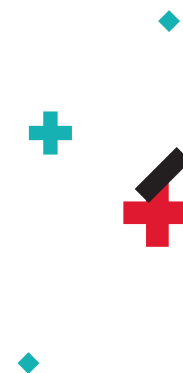
С помощью описанной выше методики контроля можно исследовать влияние некоторых технологических параметров на уровень ионных загрязнений. На рис. 6 показано, как некоторые факторы влияют на итоговое значение ионных загрязнений в мг-экв/см<sup>2</sup> NaCl на уровне изделия.

Рис. 6. Измеренный уровень ионных загрязнений для различных изделий при использовании разных материалов и технологических процессов



Различия в характеристиках материалов (например, паяльной пасты, флюса для селективной пайки и т. д.) оказывают сильное влияние на результаты измерения уровня ионных загрязнений. Их значение меняется в зависимости от химической активности и инкапсуляции остатков флюса после пайки. Следует отметить,

что чем больше этапов в процессе сборки, тем больше разброс абсолютного значения на уровне изделия. Можно, однако, вести мониторинг отклонений технологических параметров, анализировать их глубинные причины и устранять эти причины с прицелом на обеспечение устойчивости технологического процесса.




**Контроль уровня ионных загрязнений может применяться как элемент управления технологическими процессами для мониторинга уровня ионных остатков на поверхности электронных узлов на выходе нескольких технологических процессов**

## Выводы

Как подчеркивалось выше, причиной электрохимической миграции служит наличие электрического поля и сплошной водяной пленки между соседними токопроводящими дорожками. Ионные загрязнения являются побочным следствием использования определенных материалов и технологических процессов. Они могут ускорять электрохимические процессы в условиях высокой температуры и влажности. Соответственно, измерение уровня ионных загрязнений не позволяет прогнозировать влагостойкость печатных

узлов. Для оценки влагостойкости конструктивных элементов можно использовать измерение поверхностного сопротивления изоляции (SIR) на основе стандарта IPC 9202.

Результаты внедрения метода технологического контроля уровня ионных загрязнений (PICT) демонстрируют его преимущества по сравнению с используемым в настоящее время методом определения удельного сопротивления экстракта загрязнений в растворителе (ROSE). Благодаря оптимизации системы и унифицированным рабочим ин-

струкциям удалось обеспечить соблюдение критериев «6 сигма» по повторяемости и достаточную воспроизводимость результатов измерения уровня ионных загрязнений на пяти производственных площадках, расположенных в различных точках мира. Этот подход пригоден для управления технологическими процессами и открывает возможности для их оптимизации. 

# «Диполь» на выставке 3D Print Expo

С 13 по 14 сентября 2017 г. в Москве прошла 5-я выставка передовых технологий 3D-печати и сканирования 3D Print Expo. Компания «Диполь» приняла участие в этом крупнейшем в Восточной Европе отраслевом событии.



На выставке были представлены ведущие компании индустрии, лидеры отрасли аддитивных технологий (АТ), которые определяют завтрашнее состояние этого рынка. Посетители имели возможность ознакомиться с последними разработками в области 3D-печати, сканирования и моделирования.

Компания «Диполь» представила участникам выставки 3D-принтер InssTek MX-250 с рабочей зоной 250×250×250 мм, способный печатать изделия из различных сталей, титановых и никелевых сплавов, сплава кобальт-хром и т. д. Судя по количеству последующих обращений и уточняющих вопросов, демонстрация работы этого оборудования вызвала огромный интерес у специалистов и руководителей промышленных предприятий.

Также на стенде «Диполь» демонстрировались изделия, изготовленные на 3D-принтерах нового партнера нашей компании — SHINING3D. На стереолитографах и SLM-установках SHINING3D были



напечатаны пластиковые и металлические корпусные элементы, квик-каст (quick cast) мастер-модели под литье металла и другие подобные детали. Наибольший интерес посетителей вызвал СВЧ-волновод, напечатанный из медного сплава (Л-59) на 3D-принтере SHINING3D.

В рамках выставки прошла конференция 3D Print Expo 2017, объединившая лучших специалистов отрасли, которые представили актуальные и успешные проекты, охватывающие различные сферы применения 3D-технологий. Большую заинтересованность у слушателей вызвал доклад главного технолога направления «Аддитивные технологии 3D-печати и 3D-сканирования» компании «Диполь» Антона Шаронова. В докладе «Изготовление индивидуальных имплантов для повторного ревизионного эндопротезирования из российских титановых порошков методом селективного лазерного плавления» поднимались вопросы изготовления изделий для медицины с помощью АТ, проблемы сертификации изделий, полученных таким способом, а также особенности использования российских и иностранных материалов.

Одним из итогов конкурса 3D PRINT AWARDS, проведенного в рамках выставки, стала победа компании «Диполь» в номинации «Лучший стенд» (The best exhibit booth 2017).



# **+ Отраслевой интегратор**

**Решение ключевых задач при создании предприятия по производству радиоэлектронной аппаратуры**



# + Многогранность компетенций







#### САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Россия,  
197101, Санкт-Петербург,  
ул. Рентгена, д. 5б

Тел./факс: (812) 702-12-66  
E-mail: [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru)

#### МОСКВА

Россия,  
127254, Москва,  
Огородный проезд, д. 20, стр. 1

Тел./факс: (495) 645-20-02  
E-mail: [msk@dipaul.ru](mailto:msk@dipaul.ru)

#### НИЖНИЙ НОВГОРОД

Россия,  
603057, г. Нижний Новгород,  
пр. Гагарина, д. 50, корпус 15, офис 106/2

Тел./факс: (831) 464-97-27  
E-mail: [nnov@dipaul.ru](mailto:nnov@dipaul.ru)

#### ЕКАТЕРИНБУРГ

Россия,  
620027, Екатеринбург,  
ул. Азина, д.24, офис 609

Тел./факс: (343) 227-12-66  
E-mail: [ekb@dipaul.ru](mailto:ekb@dipaul.ru)

#### ПРАГА

Czech Republic,  
150 00 Prague 5,  
Plzenska 155/133

Tel./fax. +420 2 5573 9633  
E-mail: [info@dipaul.eu](mailto:info@dipaul.eu)

#### САРОВ

Россия,  
607190, г. Саров,  
ул. Варламовская дорога, д. 5а, офис 19

Тел./факс: (83130) 7-70-36  
E-mail: [deg@dipaul.ru](mailto:deg@dipaul.ru)



[info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru)  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru)

**ЭКСПЕРТ+**  
ЗНАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИИ