

02 (02) сентябрь 2013

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал



## ПЕРСПЕКТИВЫ

Алексей Ефремов  
Антон Нисан

10

ЗАДЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ



## КАЧЕСТВО

Андрей Насонов

26

МОЖНО ЛИ СОЗДАТЬ  
БЕЗДЕФЕКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО?



# 3D MID

Экономия

Экологичность

Гибкость  
конструирования

## Технология или искусство?

3D-MID — это полная свобода проектирования электроники.

Решение позволяет термопластику придать любую форму, а потом сформировать на нем 3D-проводники и установить электронные компоненты. Уменьшается число входящих элементов, повышается материалоемкость и надежность. 3D-MID — это высокая гибкость и миниатюризация, это огромный простор для проектирования. С уверенностью можно сказать: 3D-MID — передовая технология, позволяющая создавать просто настоящие произведения искусства в области современных технологий.

### Области применения технологии 3D-MID



Автомобильная  
индустрия



Платежные  
системы



Медтехника



Телекоммуникации



www.3dmid.ru

Тел.: (495) 788-44-44  
info@ostec-group.ru



будущее  
создается

www.ostec-group.ru



### **Уважаемые читатели!**



Актуальные вопросы развития радиоэлектронной промышленности — тема, над которой мы предложили поразмышлять нашим авторам.

Учитывая сложность и масштаб этой темы, мы поставили вопросы и постарались найти на них ответы с точки зрения перспективных технологий и техпереворужения производств электроники и радиоэлектронной аппаратуры.

Существует еще один актуальный вопрос, который между строк поднимается практически в каждой статье номера — производственная культура. То особенное понятие, которое нельзя «потрогать руками», но которое определяет уникальность отечественной промышленности. Сейчас модно говорить об американской, европейской и, особенно, японской производственных культурах, но есть еще и наша, отечественная школа.

У каждого пути есть нюансы, а у каждой успешной страны — своя траектория, основанная на истории, традиции и культуре. Поэтому невозможно взять и «в лоб» скопировать успешные западные или азиатские модели. Гораздо лучше сделать это, используя лучшие черты отечественной инженерной мысли и производственной культуры. Мы в этом уверены!

**Антон Большаков, директор по маркетингу**

**Научно-практический журнал «Вектор высоких технологий», учредитель Группа компаний Остек.**  
 Редакционная группа: Большаков Антон, Волкова Ирина, Кузнецова Наталья.

121467, Москва, Молдавская ул., д. 5, стр. 2.

E-mail: [marketing@ostec-group.ru](mailto:marketing@ostec-group.ru)

тел.: 8 (495) 788-44-44

факс: 8 (495) 788-44-42

Оформить бесплатную подписку на журнал можно на сайте [www.ostec-press.ru](http://www.ostec-press.ru)

# В НОМЕРЕ



ПЕРСПЕКТИВЫ стр. 4

ТЕХНОЛОГИИ стр. 10



## ПЕРСПЕКТИВЫ

**ЗАДЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ . . . . . 4**

Автор: Алексей Ефремов, Антон Нисан

## ТЕХНОЛОГИИ

**ТРЕХМЕРНЫЕ СХЕМЫ НА ПЛАСТИКЕ:  
ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ . . . . . 10**

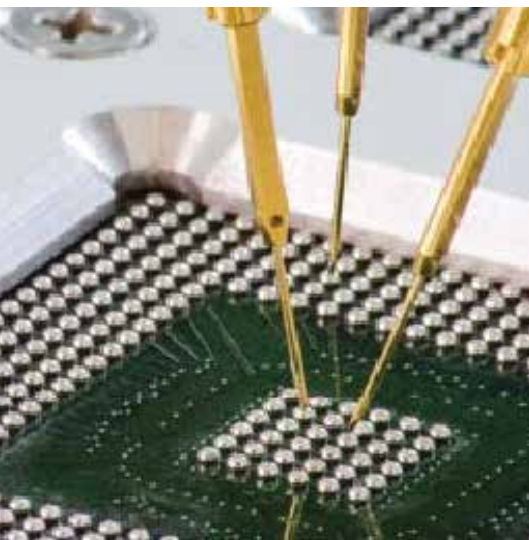
Автор: Игорь Волков

**СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ГИС  
И «СИСТЕМ В КОРПУСЕ» (СВК), КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ  
РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ  
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ . . . . . 18**

Автор: Андрей Хохлун

## КАЧЕСТВО

КАЧЕСТВО стр. 26



**МОЖНО ЛИ СОЗДАТЬ БЕЗДЕФЕКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО? . . . . . 26**

Автор: Андрей Насонов

**ОСНОВНОЙ ЗАКОН ПРОИЗВОДСТВА . . . . . 30**

Автор: Дмитрий Ублинский



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 36



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 51

## ОПТИМИЗАЦИЯ

### СКЛАД. ПОРА НАВОДИТЬ ПОРЯДОК? ..... 36

Автор: Андрей Мазалов

## ТЕХПОДДЕРЖКА

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА. КАК СОКРАТИТЬ ВРЕМЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В 3 РАЗА? ..... 40

Автор: Алексей Смирнов

### КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖГУТОВ И ВНУТРИБЛОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ..... 45

Автор: Андрей Голубьев

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СБОРОЧНО- МОНТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ АППАРАТУРЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ..... 51

Автор: Евгений Липкин

## АВТОРЫ НОМЕРА

### Алексей Ефремов

Директор Направления развития образования и прикладных исследований ЗАО «НИИИТ»  
edu@ostec-group.ru

### Антон Нисан

Главный специалист ЗАО «НИИИТ»  
edu@ostec-group.ru

### Игорь Волков

Директор Направления производства трехмерных схем на пластиках ЗАО «НИИИТ»  
info@3dmid.ru

### Андрей Хохлун

Генеральный директор ЗАО «Остек-ЭК»  
micro@ostec-group.ru

### Андрей Насонов

Технический директор ЗАО «Остек-Электро»  
nec@ostec-group.ru

### Дмитрий Ублинский

Начальник группы АСУТП ЗАО «Остек-Инжиниринг»  
lines@ostec-group.ru

### Андрей Мазалов

Начальник группы автоматизированных систем хранения ЗАО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru

### Алексей Смирнов

Начальник отдела КИП ЗАО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru

### Андрей Голубьев

Генеральный директор ЗАО «Остек-ЭТК»  
cable@ostec-group.ru

### Евгений Липкин

Генеральный директор ЗАО «Остек-СМТ»  
lines@ostec-group.ru

# ПЕРСПЕКТИВЫ

## Задельные технологии.

### Перспективы развития печатной электроники

Текст: **Алексей Ефремов**  
**Антон Нисан**

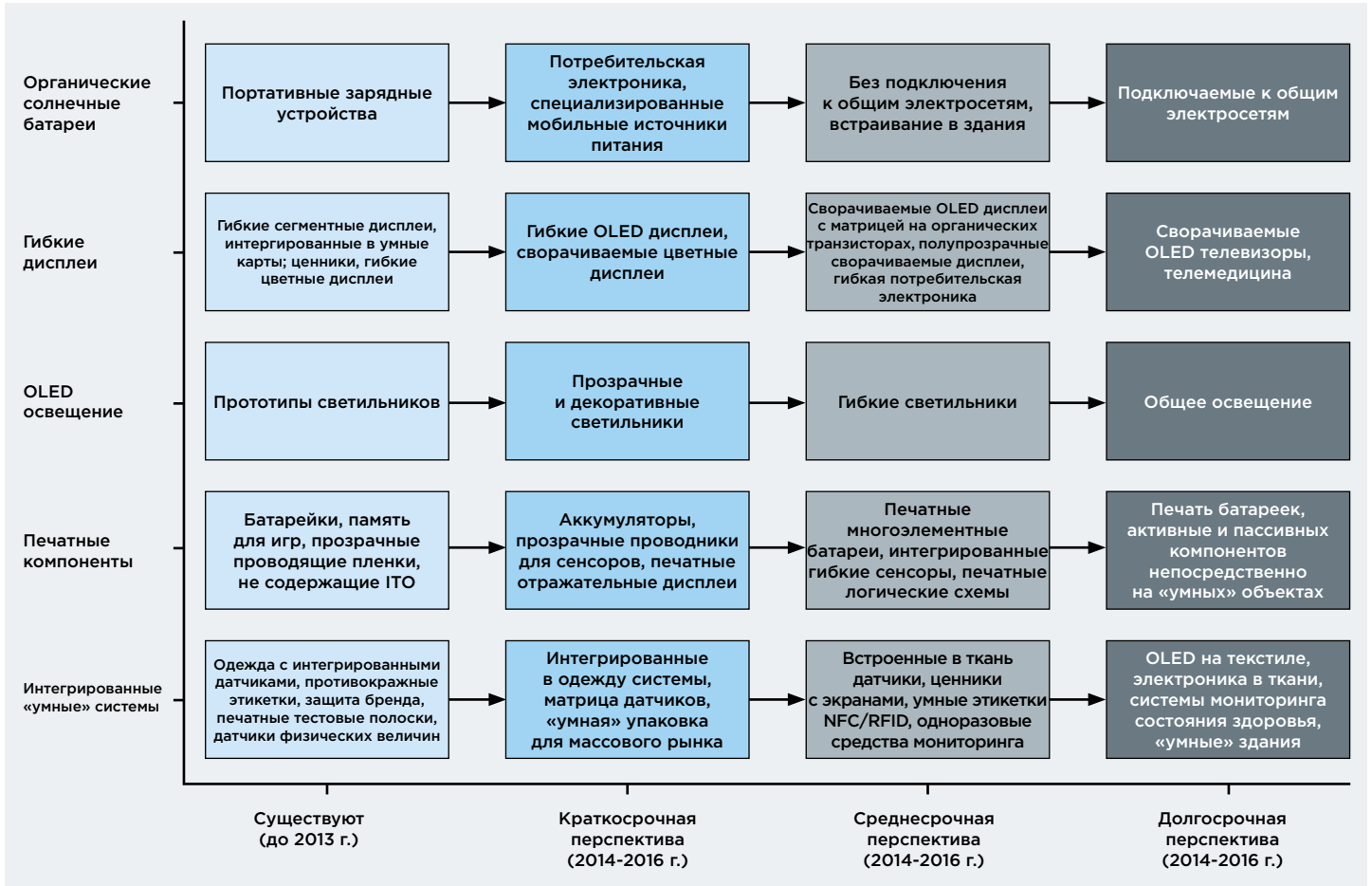
Взаимодействуя с предприятиями радиоэлектронного комплекса России, проводя аудиты производства и участвуя в проектах реконструкции и технического перевооружения предприятий радиоэлектронной промышленности, мы регулярно сталкиваемся с ситуацией, когда в производство внедряются не самые современные и передовые технологии. При этом очевидно, что технические характеристики выпускаемых изделий радиоэлектроники, конкурентоспособность выпускаемой продукции и, в том числе, возможность создания перспективных образцов вооружений зависят от того, какие радиоэлектронные технологии будут применяться в скором будущем. Именно поэтому встает вопрос разработки отечественных задельных технологий производства радиоэлектронной аппаратуры, которые будут определять перспективы развития конечных изделий в краткосрочной (3-5 лет) и среднесрочной (5-10 лет) перспективе **рис 1, 2**.

Одной из таких бурно развивающихся задельных технологий является печатная электроника. Хотя уже сейчас создаются перспективные образцы конечных изделий, созданных по технологиям печатной электроники, массовое внедрение этой технологии в промышленность ожидается через 5-7 лет, будет ли Россия готова к внедрению?

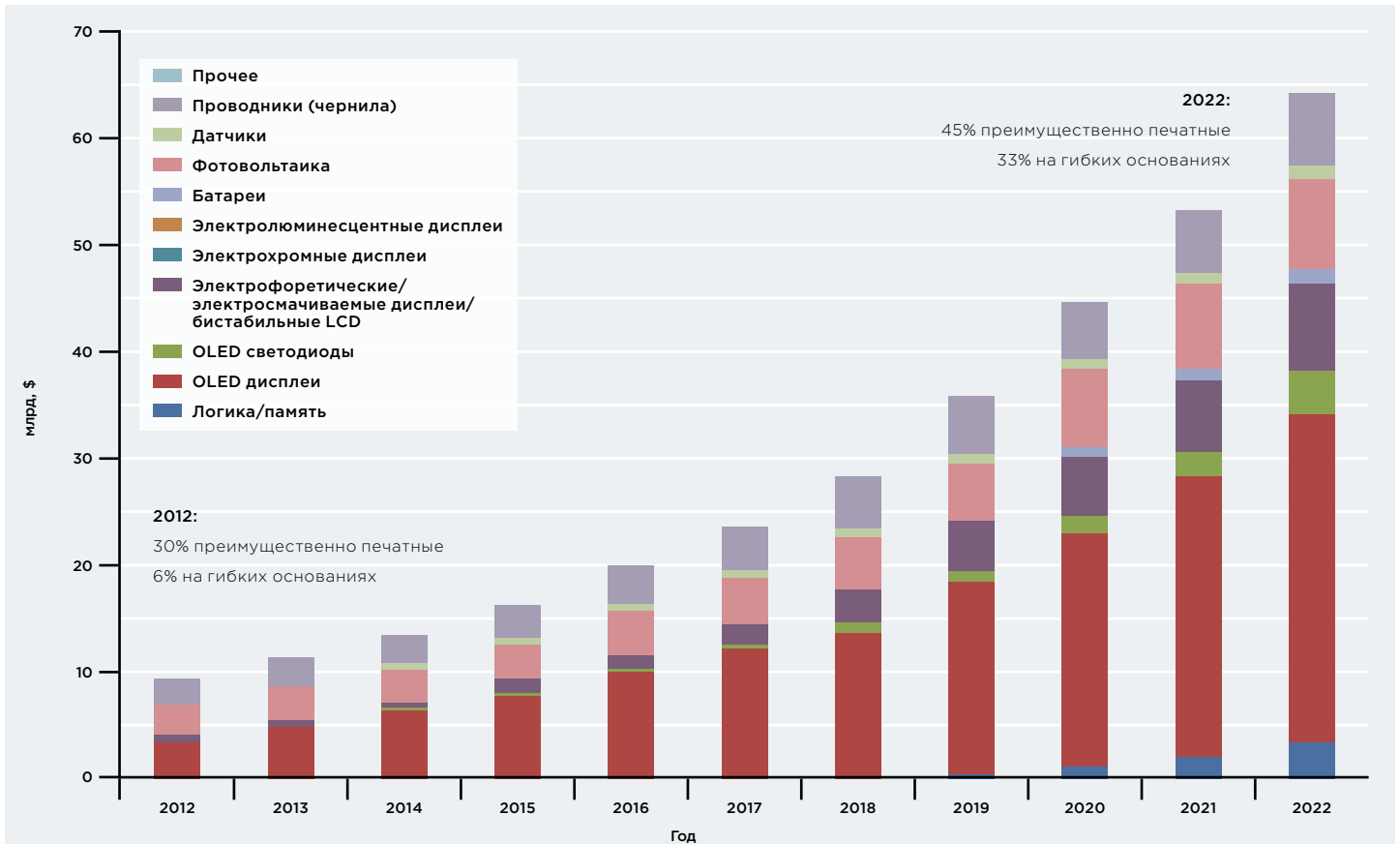
К задельным технологиям предъявляются следующие требования:

- наличие существенных преимуществ задельной технологии над классическими технологиями;
- универсальность, т.е. возможность изготовления широкого спектра изделий;
- наличие рынков сбыта продукции.

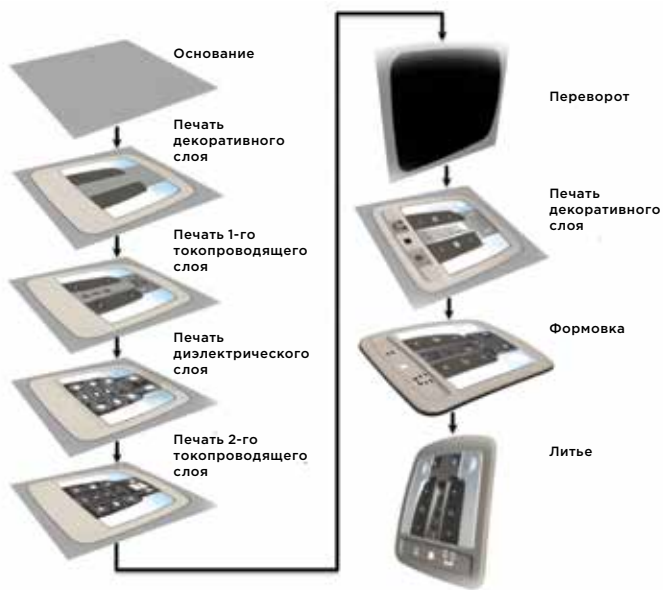
Рассмотрим несколько примеров, иллюстрирующих возможности реализации печатной электроники как задельной технологии. Конечные продукты, рассмотренные в этих примерах, уже начинают серийно выпускаться либо планируется их коммерциализация в краткосрочной перспективе.



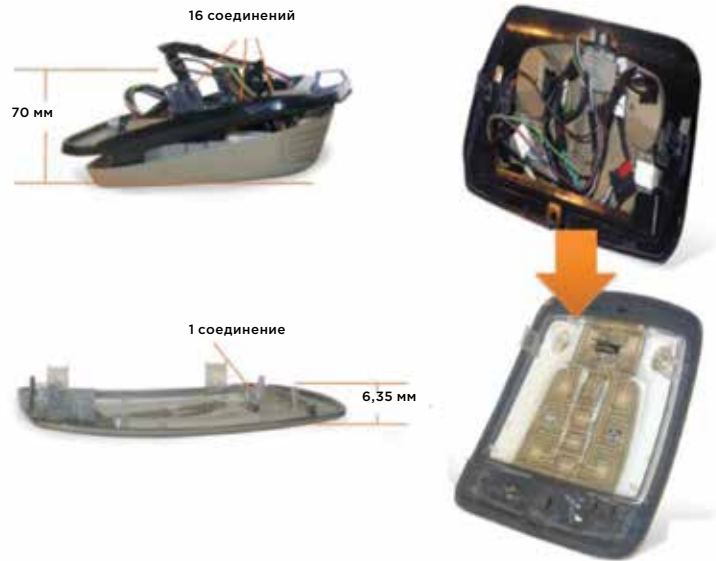
1 Прогноз доступности на рынке органической и печатной электроники. Источник: OE-A



2 Прогноз рынка органической и печатной электроники. Источник: IDTechEx



3 Интеграция печатной электроники в корпус на примере потолочной панели управления автомобиля Ford Fusion. Схема процесса изготовления. Источник: T-Ink



4 Потолочная панель управления автомобиля Ford Fusion, выполненная по классической (сверху) и задельной (снизу) технологиям. Источник: T-Ink

## Интеграция печатной электроники с корпусными изделиями

Технологии печатной электроники разрабатываются не только в качестве самостоятельного направления. Активно развивается тема создания гибридных изделий, когда гибкие элементы печатной электроники интегрируются с жестким пластиковым основанием или корпусом. Печатные технологии позволяют выполнить электрические межсоединения, выключатели, резистивные и другие элементы непосредственно на корпусах. Такие технологии уже активно внедряются в промышленность, и в качестве одного из примеров мы расскажем о технологии производства элементов приборной и потолочных панелей для автомобилей Форд. На рис 3 представлена схема одного из возможных процессов создания гибридного изделия. На пленке печатаются проводящие и диэлектрические слои для формирования схемы и кнопочных выключателей, а также декоративные слои для придания необходимого внешнего вида. После этого пленка формируется, причем рисунок может удлиняться на 500% без нарушения целостности. Затем пленка помещается в литьевую форму и производится отливка пластмассового корпуса.

Преимущества, обеспечиваемые интеграцией печатной электроники с корпусными изделиями рис 4:

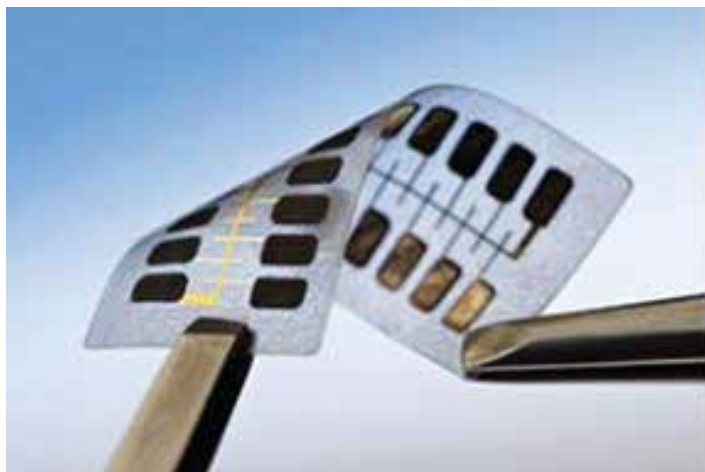
- печать всех элементов с внутренней стороны;
- увеличение надежности: отказ от использования механических переключателей, уменьшение числа соединений;
- уменьшение стоимости;
- простор для конструирования: возможность использования поверхностей сложной формы;
- уменьшение массы и размеров изделия: в рассматриваемом примере рис 4 высота уменьшена более чем в 10 раз.



## Печатная память и ее применения

Еще одним из наиболее успешных примеров коммерциализации печатной электроники служит печатная память рис 5 и изделия на ее основе. Например, этикетки для защиты от подделок, при поднесении которых к считывателю передается содержание памяти этикетки и на основании этого определяется подлинность товара рис 6, «умная» упаковка, отслеживающая температуру во время хранения и транспортировки скоропортящихся товаров рис 7. Востребованность исключительно сложно подделываемых и недорогих этикеток для защиты бренда во многом обусловлена тем, что, по оценкам экспертов, ежегодные суммарные потери компаний из-за подделок составляют 600 млрд долларов США.

Компанией Thinfilm, ведущим разработчиком технологии печати памяти, только за последние 10 месяцев было заключено четыре крупных договора на поставку большого объема изделий на основе памяти, включая игровые карточки, этикетки для защиты бренда, устройства идентификации T1 и T2.



5 Серийно выпускаемая печатная перезаписываемая память объемом 20 бит. Стоимость 5 центов. Источник: Thinfilm



6 «Умная» этикетка для защиты бренда. Источник: Thinfilm



7 Прототип «умной» упаковки, отслеживающей температуру скоропортящегося товара во время транспортировки и хранения. Источник: Thinfilm

Т 1

Сделки. Источник: Thinfilm

ИЗДЕЛИЕ	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ	КЛИЕНТ	ГОДОВОЙ ОБЪЕМ ПРОДАЖ КЛИЕНТА, МЛРД \$
Память	Игры (например, игровые карточки)	Hasbro	4,3
	Защита бренда	Не разглашается (крупный производитель потребительских товаров)	>10
Интегрированные системы (могут содержать память, экран, датчики, элемент питания)	Этикетки с датчиками	Vemis (мировой лидер в производстве гибкой упаковки, 78 заводов по всему миру)	3,5 (200 млрд упаковок)
	Устройства идентификации / «умные» этикетки	Не разглашается (крупный производитель дорогих этикеток)	>10

## Печатная электроника в медицине

Технологии печатной электроники могут использоваться в медицине для массового производства одноразовых средств диагностики. Например, тестовые полоски для глюкометров, которыми пользуются больные сахарным диабетом для самостоятельного измерения уровня глюкозы в крови, по одной из технологий изготавливаются трафаретной печатью **рис 8**.

Более того, в июне на выставке по органической и печатной электронике LOPE-C 2013 был представлен результат европейского проекта SIMS, направленного на разработку миниатюрных автономных систем диагностики, — прототип тестовой карточки для определения уровня холестерина в крови **рис 9**. Тестовая карточка состоит из датчика холестерина, на который помещается образец крови, гибкой органической схемы для обработки сигнала с датчика и управления экраном, электрохромного экрана, батарейки. Элементы формировались методами печати: экран и батарейка — трафаретной, а датчик — трафаретной и струйной, исключение составила органическая схема, которая была изготовлена фотолитографией.



**8** Печатные тестовые полоски для глюкометра. Источник: Dr. E. Fu. Application of Inkjet Printing in Printed Electronics

Технологии печатной электроники могут быть также использованы для создания упаковки для таблеток **рис 10**, которая фиксирует и сохраняет время, когда таблетка извлекается из упаковки (работы в этой области ведутся Хольст Центром совместно с компанией Qolpac). Демонстрируются прототипы упаковки, которые не только отслеживают время принятия таблеток, но и сами напоминают об очередном приеме. Необходимость в таких упаковках вызвана тем, что порядка 50% пациентов принимают препараты не в соответствии с назначением врача, что сказывается на эффективности лечения.

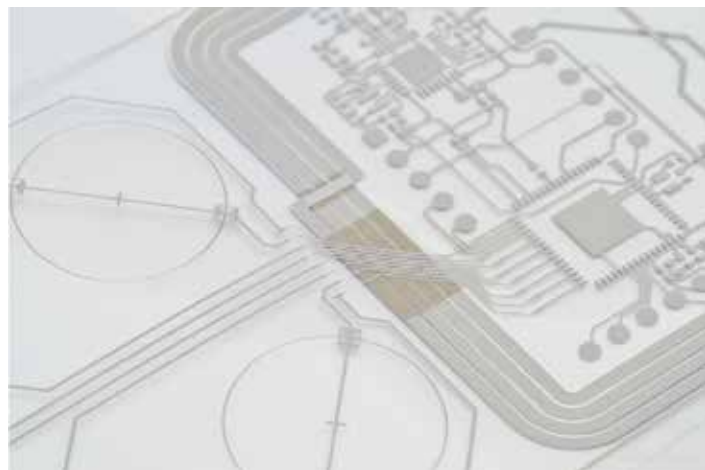
T 2

Параметры линий контрактного производителя, на заводе которого изготавливается печатная память компании ThinFilm. Источник: InkTec


ПАРАМЕТР	ЛИНИЯ		
	1	2	3
Максимальная ширина печати, мм	350	1600	1600
Годовая производительность (при круглосуточной работе), тыс. кв.м	870	10 000	10 000
Длина зоны сушки, м	12	25	25
Методы нанесения:			
глубокая печать	+	+	+
ротационная трафаретная печать	+	-	+
покрытие S-образным ракелем (S-knife coating)	+	+	-



9 Тестовая карточка для определения уровня холестерина в крови



10 Фрагмент прототипа «умной» упаковки для таблеток: слева и внизу ячейки для таблеток. Источник: Marc Koetse, Holst Centre

Исследования в области печатной электроники, пока в ограниченном объеме, ведутся и в России, например, разрабатываются токопроводящие, диэлектрические, светоизлучающие и другие чернила и пасты, проводятся работы по оптимизации нанесения различных функциональных материалов разными методами печати на широкий спектр оснований, разрабатываются технологии изготовления солнечных элементов и дисплеев. Для того, чтобы Россия была готова к своевременному внедрению технологий печатной электроники, эти исследования должны быть существенно расширены, ориентированы на конечные применения и проводиться в сотрудничестве с ведущими мировыми исследовательскими центрами. 

# ТЕХНОЛОГИИ

## Трехмерные схемы на пластике: преимущества и перспективы



Текст: Игорь Волков



Мы уже привыкли к таким терминам, как повышение эффективности производства, функциональная интеграция, миниатюризация, свобода дизайна, уменьшение стоимости продукции... За этими словами стоит большой круг проблем и задач, решать которые можно по-разному: увеличивать степень интеграции компонентов, усложнять печатные платы или вообще переходить на новые материалы или технологии сборки. Выбор того или иного решения зависит от многих факторов и зачастую связан с необходимостью значительных инвестиций в перепроектирование изделий, перевооружение, обучение специалистов и многое другое. В этой статье я хочу представить еще один вариант возможного решения. Оно расширяет возможности традиционной электроники и дает новую степень свободы конструкторам, не требуя значительных расходов на реализацию идеи.





**1** Трехмерные схемы на пластике – объединение пластикового основания, интегрированной системы поверхностных межсоединений и установленных электронных компонентов

## Объемная электроника

Трехмерные схемы на пластике (3D-MID – 3D molded interconnected device) – инновационная технология, способная удовлетворить быстроменяющимся требованиям времени. Более того, развитие этой технологии позволит в ближайшем будущем реализовывать идеи не только на пластике, но и на металлических основаниях. Уже сейчас во всем мире все больше мехатронных<sup>1</sup> модулей производится с использованием данной технологии. Они обеспечивают огромный технический и экономический потенциал и являются более экологичными по сравнению с обычными печатными платами, однако не заменяют их, а скорее дополняют.

Исследование 3D-MID ассоциации (3-D MID e.V., Германия) показало, что с момента первого серийного изделия, созданного по MID технологии в 2006 году, к 2012 году произошел технологический всплеск, обеспечивающий рост количества производителей систем и расширение рынков применения устройств.

## Что же такое трехмерные схемы на пластике?

3D-MID представляет собой 3D основание из литого термопластика, на котором выполнены 3D проводники и контактные площадки **рис 1**. 3D-MID обеспечивает высокую гибкость проектирования за счет интеграции электронных, механических и оптических элементов, различных форм устройства, миниатюризации.

<sup>1</sup> Мехатроника — это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающими проектирование и производство качественно новых модулей, систем, машин и систем с интеллектуальным управлением их функциональными движениями. Для мехатроники характерно стремление к полной интеграции механики, электрических машин, силовой электроники, программируемых контроллеров, микропроцессорной техники и программного обеспечения. Википедия

## Преимущества технологии

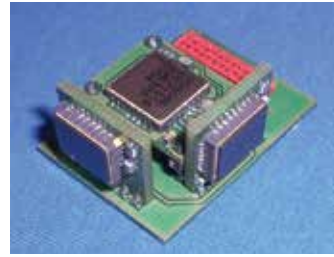
3D-MID позволяет создавать продукты с новой, до сих пор не реализованной функциональностью.

Среди преимуществ данной технологии стоит отметить меньшее число входящих в состав элементов, повышенную надежность, меньшую материалоемкость.

Возможность работы не на плоскости, а в трех измерениях позволяет значительно упрощать конструкцию изделия самой физической геометрией основания детали и создавать рабочие поверхности, строго ориентированные между собой. Как пример, на рис 2 представлены два варианта реализации трёхосевого датчика перемещения – традиционного, на основе печатных плат, и нового, по технологии 3D-MID. Помимо значительного сокращения линейных размеров устройства удалось упростить сборку изделия. Для устройств данного типа очень важно взаимное пространственное расположение датчиков – это отдельная процедура сборки. Для новой технологии сама форма основания устройства задает положение сенсоров, тем самым сокращая и упрощая процедуру сборки и настройки прибора.

Глобальной целью применения технологии является упрощение конструкции изделия, сокращение количества сборочных единиц, в некоторых случаях отказ от применения традиционных печатных плат как таковых.

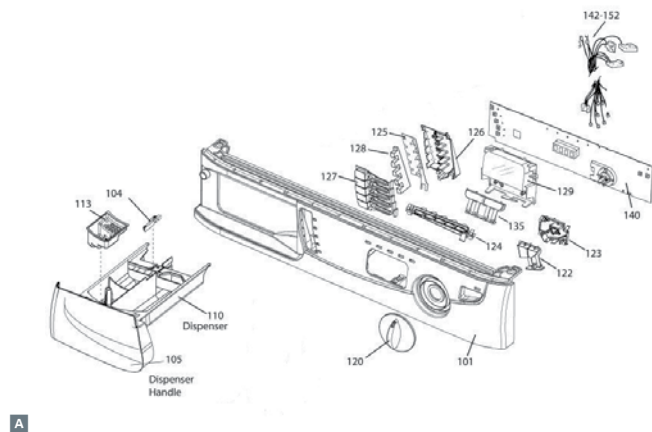
На рис 3 представлен образец переработки изделия по новой технологии. Исходно: панель управления



2 Трёхосевой датчик перемещения (было/ стало)

стиральной машины состояла примерно из 230 элементов (пластиковые компоненты корпуса и внутреннего монтажа, выключатели и переключатели, индикаторы, жгуты проводов, соединители и крепеж). Время и трудоемкость сборки изделия высоки, невозможна автоматизация процесса производства из-за большого количества компонентов и сложности самого процесса. И это все накладывает на необходимость организации крупносерийного производства узла.

На рис 4 представлен переработанный вариант изделия, состоящий из 3 (трёх)! сборочных единиц с полностью автоматизированной сборкой. Помимо значительного упрощения конструкции, снижения себестоимости, повышения качества изделия и улучшения его потребительских свойств значительно сократилось время монтажа панели на машину.



A



B

3 Панель управления стиральной машины до переработки (а – укрупненный перечень компонентов, б – общий вид изделия в сборе)



A



B

4 Дизайнерский эскиз панели управления стиральной машины (а) и действующее изделие (б), изготовленное по технологии 3D-MID. Изделие получается полностью герметичным и основано на сенсорном управлении

## Традиционные секторы применения технологии 3D-MID и реализуемые приложения:

- автомобильная промышленность:
  - переключатели и соединители;
  - датчики и приводы;
  - антенны;
  - светотехника.
- медицинское оборудование:
  - переключатели и соединители;
  - датчики;
  - антенны;
  - слуховые аппараты.
- оборудование для платежных систем:
  - экраны безопасности ввода информации;
  - элементы управления;
  - модули камеры;
  - антенны.
- телекоммуникации:
  - антенны;
  - датчики;
  - элементы управления;
  - модули камеры.

## Области применения технологии

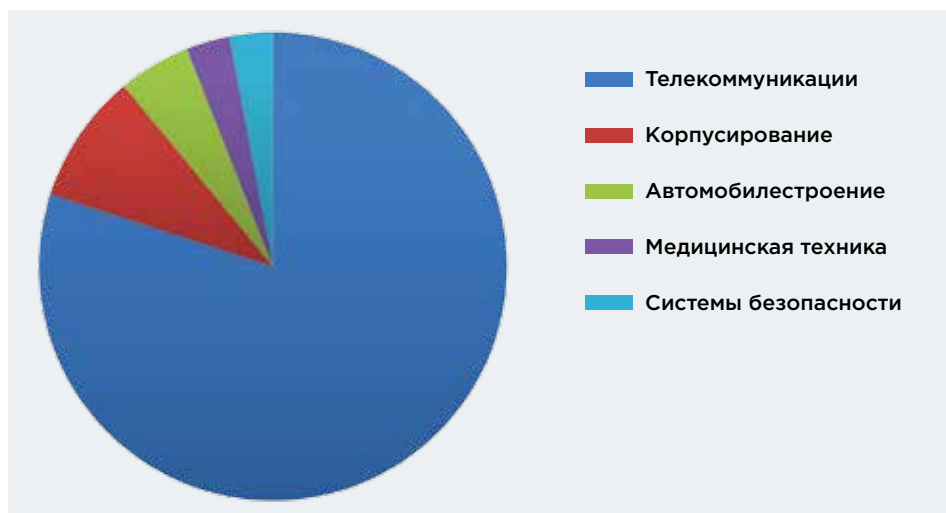
Идея использования корпуса изделия как функциональной части появилась в начале 80-х годов прошлого столетия в США, но тогда не получила широкого распространения ввиду сложностей, связанных со свойствами материалов и технологией производства.

В середине 90-х – начале 2000-х годов пальма первенства в развитии технологии перешла к европейским компаниям. К этому моменту появились новые материалы и универсальные технологии производства электроники на пластике. И можно констатировать, что в текущий момент все больше европейских и азиатских производителей внедряют эту технологию в производство электроники.

В настоящее время, несмотря на относительную «новизну» технологии, уже сложились традиционные рынки, которые используют ее возможности.

На рис 5 представлено распределение мирового рынка 3D-MID решений на конец 2012 года. Следует отметить, что по мере развития технологии и рынков появляются новые области, где реализуются решения с помощью 3D-MID. Например, аэрокосмическая отрасль, изделия для потребительской электроники.

На сегодняшний день имеющиеся технологические решения позволяют организовать любой объем производства: от единичных изделий до крупносерийного и массового производства.



5

Сегментирование рынка 3D-MID компонентов в мире на конец 2012 года. Источник: Research Association Molded Interconnect Devices 3-D MID e.V.



6 Перенос GSM 900/1800 антенн на корпус телефонного аппарата позволил значительно сократить его размеры при наращивании функциональности

Гибкость и свобода дизайна, которые в полной мере реализуются на базе этой технологии, позволяют легко «менять» изделие во время проектирования или в процессе производства. Все характеристики (линейные размеры, положение, геометрия и т.д.) могут быть легко изменены в процессе опытного производства, что значительно сокращает сроки перехода от прототипа к реальному действующему образцу. Более того, даже в процессе серийного производства мы можем вносить оперативные изменения без перестройки технологического процесса.

## Возможности технологии

Для реализации идеи производства трехмерных схем на пластиках существуют минимум десять технологических процессов, позволяющих получить один и тот же результат при использовании совершенно разных подходов. В принципе, все они имеют право на существование, а выбор конкретного процесса должен быть основан на требуемой серийности и себестоимости продукции, имеющихся материалах и возможностях производства.

Но только три технологии получили широкое распространение благодаря высокой гибкости процессов, скорости их перестройки и высокой эффективности.

7 Типовые параметры толщин проводящих слоев и размеров проводников и зазоров для процессов прямого лазерного структурирования (LDS) и двухшаговой (2S) заливки

### СТАНДАРТНЫЕ ПОКРЫТИЯ И ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ

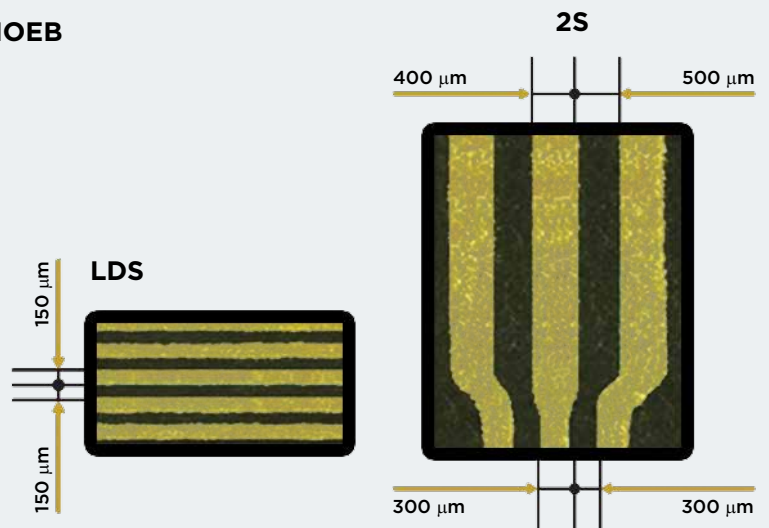
Медь/никель/золото  
 Cu: от 5 до 8  $\mu\text{m}$ , NiP: от 5 до 8  $\mu\text{m}$ ,  
 Au: от 0,05 до 0,1  $\mu\text{m}$   
 (другие толщины возможны)

### СТАНДАРТНЫЕ РАЗМЕРЫ LDS:

Толщина проводника > 150  $\mu\text{m}$ ;  
 расстояние > 150  $\mu\text{m}$

### СТАНДАРТНЫЕ РАЗМЕРЫ 2S:

Толщина проводника > 300  $\mu\text{m}$ ;  
 расстояние > 300  $\mu\text{m}$





Это прямое лазерное структурирование (LDS – laser direct structuring) от компании LPKF (Германия), технология двухстадийной заливки, технология литья со вставкой, созданные группой компаний во главе с одним из крупнейших мировых производителей термопластавтоматов – компанией Engel (Австрия).

В данной статье мы не будем останавливаться на тонкостях этих процессов. Каждый из них имеет свои плюсы и минусы и является эффективным для разного объема производства изделий. Процесс от LPKF наиболее гибок и позволяет легко и быстро создавать прототипы изделий, модифицировать топологию изделий как на этапе прототипа, так и в процессе производства, и имеет, пожалуй, лучшие характеристики по соотношению ширина проводника/зазора. Именно на базе этой технологии большинство мировых производителей смартфонов, планшетов и ноутбуков оснащают свои устройства Wi-Fi, GSM, GPS/Glonass и Bluetooth антеннами. На рис 6 изображен типичный представитель этих устройств с GSM антенной, выполненной на пластиковом корпусе.

Производство изделий по процессам прямого лазерного структурирования и двухшаговой заливки (2S – two step) идентично и различается только способом формирования рисунка проводников на пластиковой поверхности. В первом случае это происходит с помощью лазера по модифицированному пластику<sup>2</sup>, во втором – сначала отливается основание будущей детали с рисунком проводников из уже активированного пластика<sup>3</sup>, и затем изделию придается конечная форма пассивным материалом, оставляя на поверхности только рисунок проводников. Все дальнейшие операции химического осаждения проводящих слоев (традиционно это медь/никель/золото общей толщиной 10-20 мкрн) и конечной сборки изделия осуществляются одинаково. На рис 7 представлены ключевые параметры обеих технологий. Следует отметить, что материалы и толщины проводников могут быть разными в зависимости от требований изделия. Для получения толстых слоев проводников применяются методы гальванического осаждения металлов, при этом добавляются операции по разделению проводников по завершении химических процессов.

После получения на поверхности проводящих слоев мы можем устанавливать электронные компоненты



8 Технология позволяет монтировать компоненты на разные поверхности трехмерного изделия

рис 8 в зависимости от материала подложки: на токопроводящий клей (для низкотемпературных материалов – ABS/PP/PC пластик) или припаять (для высокотемпературных материалов LCP/PES пластик).

В зависимости от серийности изделий процессы сборки могут осуществляться как вручную (для опытного и мелкосерийного производства), так и полностью автоматически.

Литье со вставкой – это относительно новая технология, разработанная специально для крупносерийного производства изделий. Здесь пленка с уже нанесенным рисунком проводников, сенсоров и установленными компонентами (при необходимости) подается в пресс-форму термопластавтомата и заливается пластиком. На выходе получается готовое изделие, не требующее дальнейшей доработки. Образец подобного изделия показан на рис 4 В.

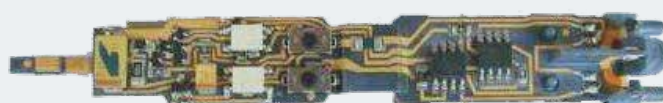
Выбор той или иной технологии диктуется необходимыми параметрами изделий, материалами и серийностью.

2 Модифицированный пластик – пластик с внедренной металлосодержащей органической добавкой, высвобождающей под действием лазерного излучения металл на его поверхности, который становится центром кристаллизации меди при ее химическом осаждении.

3 Активированный пластик – пластик, на поверхности которого уже находятся частицы металла в несвязном виде, и готовый для химического осаждения меди.

## Примеры реализации технологии

### МЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА

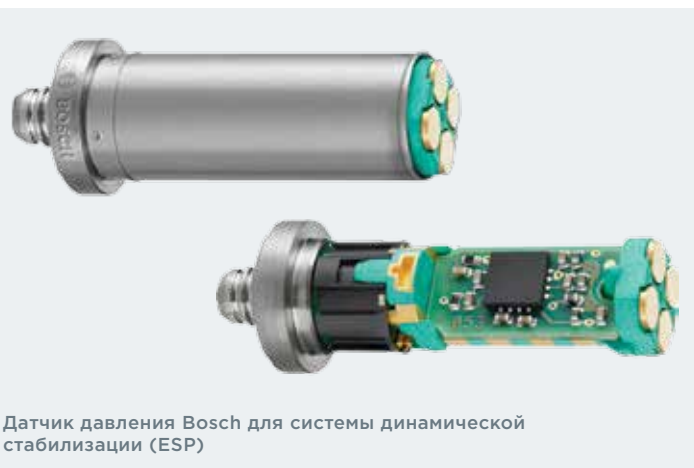
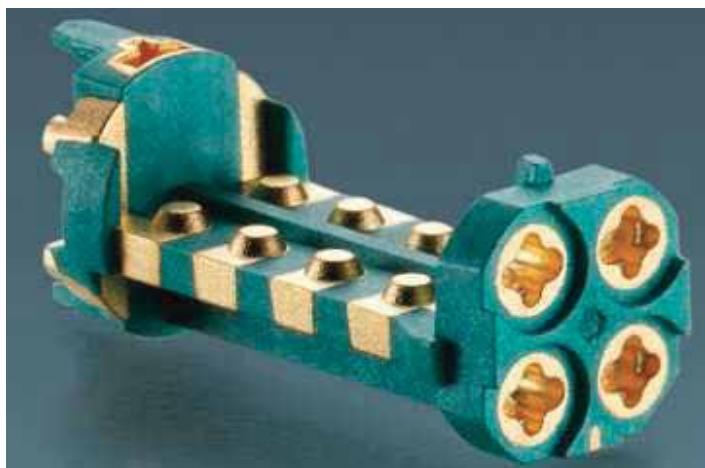


Реализация технологии для зубной техники



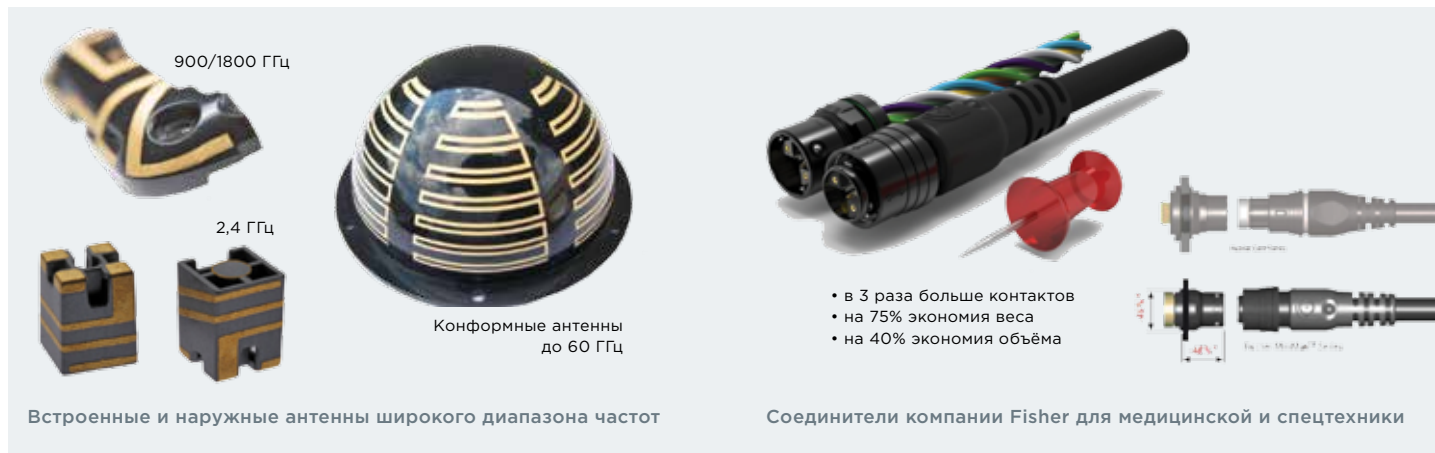
Локальная подсветка рабочей зоны

### АВТОМОБИЛЬНАЯ ТЕХНИКА




Датчик давления Bosch для системы динамической стабилизации (ESP)

## ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ



## ПЛАТЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ



Представленная технология открывает новые возможности для производителей электроники в совершенствовании их изделий. Корпуса и детали конструкции могут становиться элементами электронных схем, сокращающими количество сборочных единиц изделия с одновременным наращиванием его функциональности. С каждым годом технология продолжает свое развитие, следуя за тенденциями отрасли и упрощая технологический процесс. Появившись как решение лишь для организации соединений с помощью пластиковых деталей и конструкций, технология перешла в стадию, когда часть электронной схемы стала собираться на пластике. А впереди перспективы создания многослойных структур, переход на новые материалы носителей, включая металлы, дальнейшее упрощение технологии, процессов прототипирования и производства, интеграция решений во все более широкие области применения: от бытовой и автомобильной электроники до систем и устройств космического базирования. 

# Создание современного производства ГИС и «систем в корпусе» (СВК)

как один из путей развития  
российской электроники  
специального назначения



Текст: **Андрей Хохлун**

»

Электроника специального назначения занимает существенную часть в объеме российского производства электронных модулей. В основной своей массе эта продукция имеет малую серийность и очень широкую номенклатуру. Кроме того, учитывая, что до настоящего времени самыми востребованными на российском рынке типами электронных приборов отечественного производства являются устройства, работающие в сложных условиях эксплуатации при повышенных требованиях к надёжности и мобильности, становится очевидной необходимость применения специальных подходов к организации подобного рода производств.

Для описания состояния радиоэлектронной промышленности необходимо рассмотреть семь основных сегментов конечной аппаратуры и соответствующих им сегментов рынка:

- автомобильная электроника;
- потребительская электроника;
- компьютеры и периферийные устройства;
- промышленное оборудование и электроника;
- медицинская техника и системы жизнеобеспечения;
- электроника военного/космического назначения (спецтехника);
- телекоммуникации.

Каждый сегмент рынка имеет собственные показатели уровня технологий в определенный период времени и свою специфику, определяющую стратегию организации соответствующих производств. Очевидно, что организация производства изделий потребительской электроники существенно отличается от таковой для автоэлектроники и, тем более, для медицинской и спецтехники. При этом необходимо отметить, что именно об области производства изделий электроники специального назначения меньше всего информации в литературе и, зачастую, она бывает искажена. Из-за этого для разработки концепций создания новых производств иногда закладываются модели из других применений (потребительской или автомобильной электроники), что может приводить к существенному снижению эффективности работы создаваемого производства.

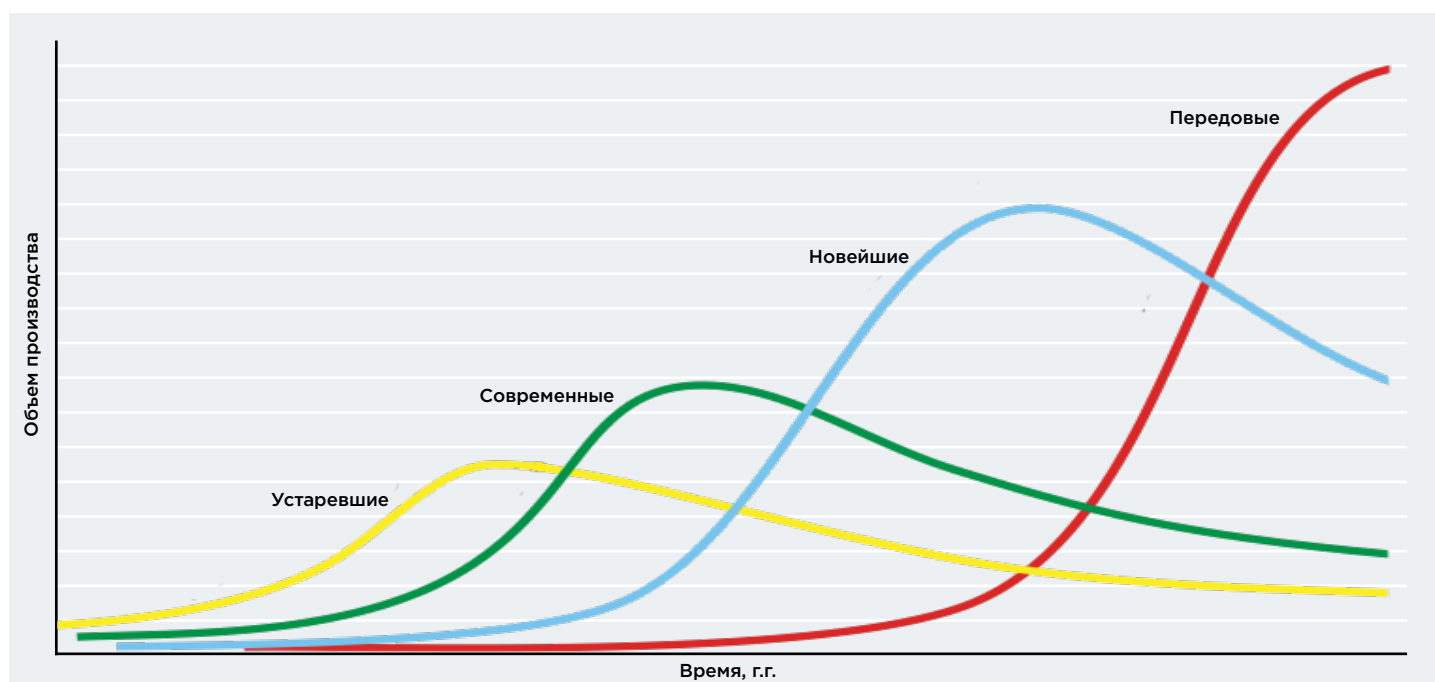
## Современное состояние производства ГИС и СВК

В настоящее время существует несколько классов гибридных интегральных схем и «систем в корпусе», появление и формирование которых во многом определяется развитием технологий их производства за последние полвека. Одновременно с делением по функционально-типovому признаку можно проследить деление по типу технологии изготовления и, на что хочется особенно обратить внимание, по времени разработки/внедрения данной технологии. Технологии производства основных групп изделий, существующих в рамках данного технологического уклада или, иначе говоря, базовые технологии, можно условно разбить на следующие группы:

- устаревшие;
- современные;
- новейшие;
- передовые или технологии будущего.

На рис. 1 показана зависимость объема производства от жизненного цикла по группам базовых технологий.

Из рисунка видно, что в определенные периоды после начала применения объем производства изделий по определенным базовым технологиям достигает своего максимума. При этом технологии различных поколений могут использоваться одновременно. Это совершенно нормальный процесс, но важно не упустить момент, когда переход на новые технологии становится



1 Объем производства в зависимости от жизненного цикла по группам базовых технологий

эффективным. Разработка или трансфер технологий более высокого уровня требует проведения комплекса мероприятий, начиная от самых ранних этапов разработки изделий до создания отраслевых стандартов и программ обучения специалистов.

Исходя из специфики российского рынка электроники, наиболее конкурентоспособны в настоящее время производители спецтехники, которые максимальным образом используют свои наработки в старых технологиях производства ГИС, поддерживая их на высоком уровне, и способные к внедрению современных и новейших технологий для производства электронных изделий, соответствующих последним требованиям рынка. Необходимо отметить еще одну интересную особенность, хотя это, конечно, больше исключение, чем правило: сохранение старых технологий может обеспечить конкурентное преимущество на рынке, так как большинство мировых производителей может их уже утратить, а старые технологии могут успешно комбинироваться с современными в совершенно новых конструктивах изделий.

В **Т 1** приведена классификация базовых технологий производства ГИС и СНК по временному фактору их жизненного цикла с описанием основных параметров изделий электроники.

В современной электронной технике для спецприменений всё более отчетливо прослеживается тенденция миниатюризации и интеграции. В отличие от дискретной цифровой техники, где до последнего времени интеграция в основном наблюдалась на уровне кристаллов, в комплексных системах, где в одном устройстве могут быть соединены цифровые и аналоговые ИС, пассивные компоненты, МЭМС и МОЭМС, СВЧ приёмопередающие устройства, эти процессы идут практически параллельно как на кристалльном уровне, так и на уровне ГИС и СВК. Еще некоторое время назад типовые конструкции электронных модулей (конструктивно выполненные на основе печатной платы с припаянными стандартными компонентами или на основе набора поликоровых, ситалловых подложек, размещённых в массивном металлическом корпусе и соединённых между собой паянными или сварными соединениями с использованием устаревшей отечественной элементной базы) устраивали потребителей в области авионики, аэрокосмической техники и мобильных приложений. Но сейчас, с появлением новых технологий корпусирования, идёт быстрая замена данного сегмента электроники на современную компонентную базу.

**Т 1**

Основные характеристики базовых технологий производства ГИС

	УСТАРЕВШАЯ ТЕХНОЛОГИЯ	СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ	НОВЕЙШАЯ ТЕХНОЛОГИЯ	ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
Описание конструктивно-технологических характеристик изделий	Одно- и двухслойные ГИС на поликоровых и ситалловых подложках	Планарные многослойные ГИС (LTCC и HTCC технология)	ГИС компоненты с элементами микрофлюидики, печатной электроники МЭМС, МОЭМС и встроенными внутренними активными и пассивными компонентами	Интеграция ГИС, печатных плат, 3D структур в единой микросборке
Уменьшение массогабаритных характеристик в сравнении с аналогичными функциональными характеристиками по отношению к предыдущим базовым технологиям, %	-	20	20 – 30	20 – 50
Уменьшение себестоимости в сравнении с аналогичными функциональными характеристиками по отношению к предыдущим базовым технологиям, %	-	До 30	До 50	До 50
Минимальная ширина проводника, мкм	10	50	30	5 -10
Минимальный зазор между проводниками, мкм	10	50	30	5 -10
Минимальный диаметр переходного отверстия, мкм	150	80	30	10
Количество слоев схемы, шт.	1-2	25	70	До 100
Максимальное соотношение толщины подложки к диаметру металлизированного переходного отверстия	1:1	1:1	1:2	1:4
Максимальное количество компонентов на единицу площади, шт./см <sup>2</sup>	10-15	До 50	До 100	До 200
Минимальный шаг выводов устанавливаемых активных компонентов, мкм	0,5	0,3	0,25	0,1
Минимальный размер вывода компонентов, мкм	0,5	0,3	0,25	0,1

Тенденции развития современных ГИС и СВК следующие:

- уменьшение размеров контактных выводов корпуса и шага между выводами;
- уменьшение высоты корпуса вследствие применения сверхтонких кристаллов;
- разработка новых методов компоновки корпусов, в т.ч. CSP (Chip Scale Package — «корпус в размер кристалла»), Stacked Die (установка кристаллов в стопу), flip chip (монтаж перевернутых кристаллов);
- применение новых типов коммутационных плат (новые типы многослойных низкотемпературных керамических и органических систем, в том числе гибких, а также кремниевых подкристалльных плат);
- 2,5D и 3D интеграция кристаллов и компонентов с использованием технологии TSV (сквозные переходные отверстия в кремнии) и встроенных компонентов.

Кроме того, имеется чётко выраженная тенденция роста доли ВЧ и СВЧ применений в общемировом рынке электроники (лавинообразное развитие телекоммуникационных, мобильных и портативных устройств, систем радиолокации и навигации), что предъявляет особые требования к ГИС. Специальные применения также динамично развиваются в направлении увеличения рабочих частот, приобретения новых свойств, повышения энергоэффективности, снижения массы и габаритов.

### Состояние и перспективы российского производства ГИС и СВК для спецприменений

До настоящего времени основную номенклатуру отечественных ГИС для спецприменений составляют модули, собранные на поликорковых или ситалловых подложках, выполненных по тонкопленочной технологии. Такие компоненты используются для удовлетворения повышенных требований по параметрам СВЧ и стойкости при очень высоких механических и тепловых нагрузках. Типовые примеры модулей и блоков, выполненных по этой технологии, приведены на рис 2.

Данная технология ГИС была разработана более 40 лет назад вместе с типовыми конструктивами радиоэлектронных модулей. Тем не менее, за счет объективной консервативности при разработке новых конструктивов изделий в этой области данная технология по-прежнему востребована как для серийно изготавливаемых старых изделий, так и для вновь разрабатываемых. Следует отметить, что, несмотря на кажущуюся неизменность основных технологических маршрутов, современная технология тонкопленочных ГИС, по сути, является совершенно новой технологией за счет применения современного оборудования и технологических



2 Типовые примеры модулей и блоков, выполненных с применением традиционной тонкопленочной технологии производства ГИС

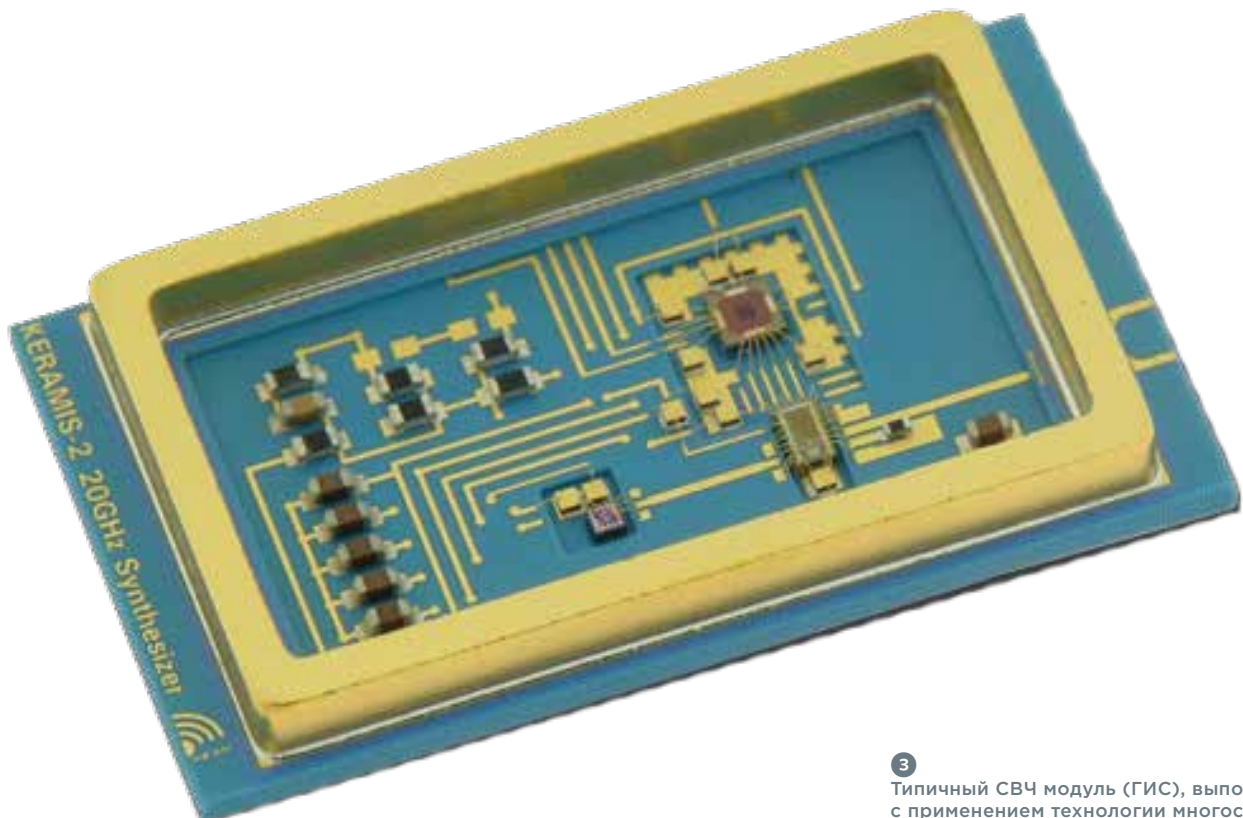
материалов следующего технологического поколения, обеспечивающего качественно новый уровень прослеживаемости, повторяемости и точности изготовления. Еще совсем недавно в отрасли бытовало мнение, что в новых изделиях современная и дешевая технология поверхностного монтажа на печатных платах полностью вытеснит ГИС в новых конструктивах, однако этого не происходит, хотя поверхностный монтаж занимает доминирующее положение. Однако существует ряд применений, где ГИС не могут быть заменены даже в новых изделиях. Более того, современная технология тонкопленочных ГИС сейчас очень активно и гармонично встраивается в общую технологическую тенденцию миниатюризации и удешевления (что для настоящего этапа развития во многом тождественно) радиоэлектронных изделий в рамках концепции 3D интеграции.

Ещё одной, давно существующей, технологией производства ГИС является толстопленочная технология. В отечественной промышленности по некоторым субъективным и объективным причинам эта технология долгие годы использовалась не так широко, как тонкопленочная. Но за годы нашего российского технологического отставания технология претерпела существенное изменение и развитие в мире. Особенно важным прорывом в этой области стало изобретение новых керамических материалов с относительно низкой температурой спекания (низкотемпературная керамика или LTCC), что позволило применять в качестве проводников золото и серебро при очень низких

диэлектрических потерях и повысить рабочие частоты таких компонентов до 100 ГГц.

Применяемость в различных областях техники – в транспортной электронике (в первую очередь, авиационной, автомобильной), производстве высоконадежных изделий медицинской электроники, ВЧ-модулей для приборов беспроводной связи и навигации – является основным преимуществом изделий на таких подложках.

В числе несомненных достоинств рассматриваемой технологии – высокая плотность разводки, существенная экономия пространства за счет многоуровневой разводки электрических соединений, великолепная совместимость по температурным свойствам керамических подложек с современной миниатюрной элементной базой, замечательные высокочастотные свойства керамики, совместимость с технологией микроэлектроники. Стремительное развитие индустрии мобильных телефонов и портативных компьютеров с точки зрения технологий коммуникаций для беспроводной передачи/приёма текстовых и графических данных привело к появлению огромного количества практических применений широкополосной связи и высокочастотных технологий. Используя частоты 800 МГц, 1,5 ГГц и 2 ГГц, мобильная связь движется и к более высоким частотам. Bluetooth – 2,45 ГГц для беспроводной LAN, ETC – 5,3 ГГц. На частотах порядка 10 ГГц и более планируется внедрение WLL (Wireless Local Loop, 20–30 ГГц) и автомобильных радаров (50–140 ГГц, 76 ГГц наиболее перспективная частота).



3

Типичный СВЧ модуль (ГИС), выполненный с применением технологии многослойной низкотемпературной керамики LTCC

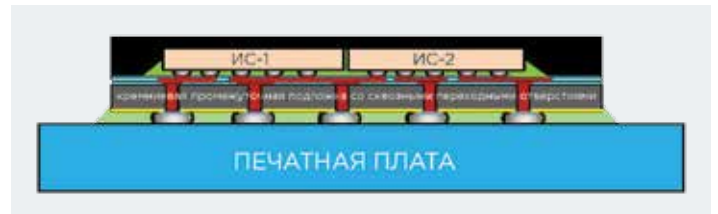


Распространение технологии LTCC в мире (США, Западная Европа, Япония) произошло в период середины 80-90-х годов прошлого столетия. На сегодня LTCC технология – одна из наиболее перспективных с точки зрения производства продуктов для СВЧ применений.

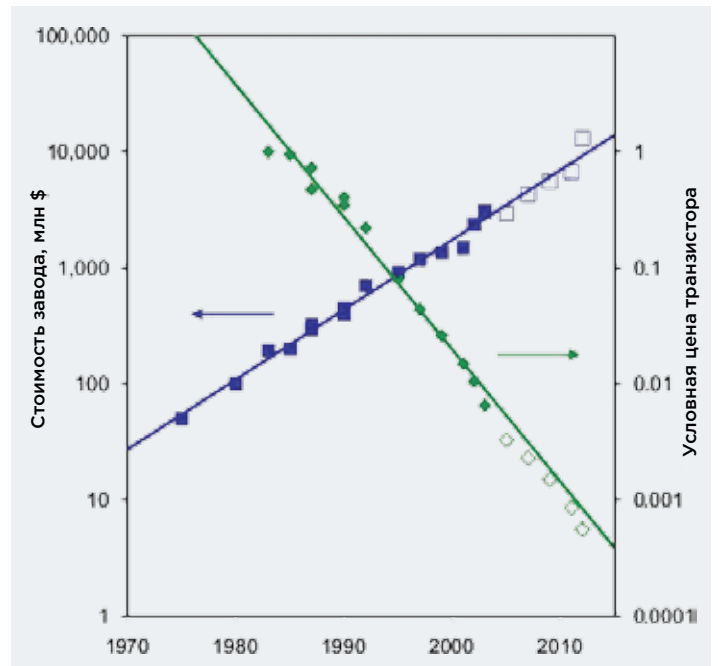
LTCC без проблем сочетается с материалами, имеющими различные характеристики, что позволяет интегрировать и создавать различные типы компонентов на основе керамики. Более того, так как LTCC имеет низкие диэлектрические потери при высоких частотах, а в качестве проводников можно применять металлы с низкими потерями, то можно создавать эффективные системы с малыми потерями и лучшими диэлектрическими характеристиками (по сравнению с традиционными системами на основе смол). Сравнивая свойства материалов, видно, что тангенс угла диэлектрических потерь LTCC в три раза меньше, чем у FR 4 и, соответственно, предпочтительнее для использования в СВЧ-технике. Типичный модуль рис 3, выполненный по технологии низкотемпературной спеченной керамики (LTCC), представляет собой несколько слоев керамического материала, запекаемых в печи обжига для фиксации многослойной структуры. В отличие от типичных многослойных печатных плат на основе фольгированных диэлектриков типа стеклотекстолита, фторопласта или высокотемпературной керамики, где каждый слой уже имеет проводящий рисунок и полностью подготовлен к прессовке, в LTCC технологии проводящие чернила, формирующие рисунок топологии, наносятся на листы сырой керамики еще до операции спекания. Ленты, также известные как зеленые (сырые) ленты, имеют толщину от 0,05 до 1,5 мм и могут быть подвергнуты механической обработке: резке, прошивке отверстий, сверлению и т.п.

Количество предприятий, проявляющих интерес к технологии LTCC, за последние годы (2010-2011 гг.) значительно выросло. В ближайшее время актуальность применения LTCC как для спецтехники, так и для обычных гражданских применений будет только расти.

Нельзя не отметить еще один класс ГИС, активное развитие которого наблюдается в последнее время: сверхминиатюрные «системы в корпусе» (СВК) на основе технологий создания перераспределяющих коммутационных слоев, монтажа перевернутых кристаллов и применения подкристалльной платы, выполненной по технологии 2,5D. Такие СВК (типовой пример на рис 4) в настоящее время все активнее перебираются из мобильных приложений в современную носимую спецтехнику. В качестве подкристалльной платы, выполненной по технологии 2,5D, может использоваться как структура на кремнии, так и на LTCC, а в качестве коммутационной платы – как печатная плата, так и плата/корпус из многослойной высокотемпературной или низкотемпературной керамики.



4 Пример СВК с использованием технологии 2,5D на кремниевой подкристалльной плате



5 Зависимость стоимости завода для производства СВИС и условной цены транзистора по годам

**В ближайшее время актуальность применения LTCC как для спецтехники, так и для обычных гражданских применений будет только расти**

## «Что дальше?» или перспективы использования и производства ГИС и СВК для российских производителей специальной электроники

Суровая реальность такова, что стоимость капитальных вложений в создание производственных мощностей для новых поколений СБИС растет так быстро, что не только отдельные компании, но и целые государства не могут больше позволить себе участвовать в этой гонке. Средняя стоимость завода для производства СБИС возросла в 70 раз за 30 лет, при этом за это же время цена каждого выпускаемого транзистора, элемента СБИС, упала в 2000 раз (рис 5). Но как и в любом проявлении жизни, если его правильно понять, здесь заключена и положительная сторона – возможность создавать электронные компоненты для специальной техники во всем их многообразии, пользуясь универсальной мощью мировых гигантов. Именно поэтому сейчас в мире происходит настоящий бум развития технологий корпусирования в части производства ГИС и СВК.

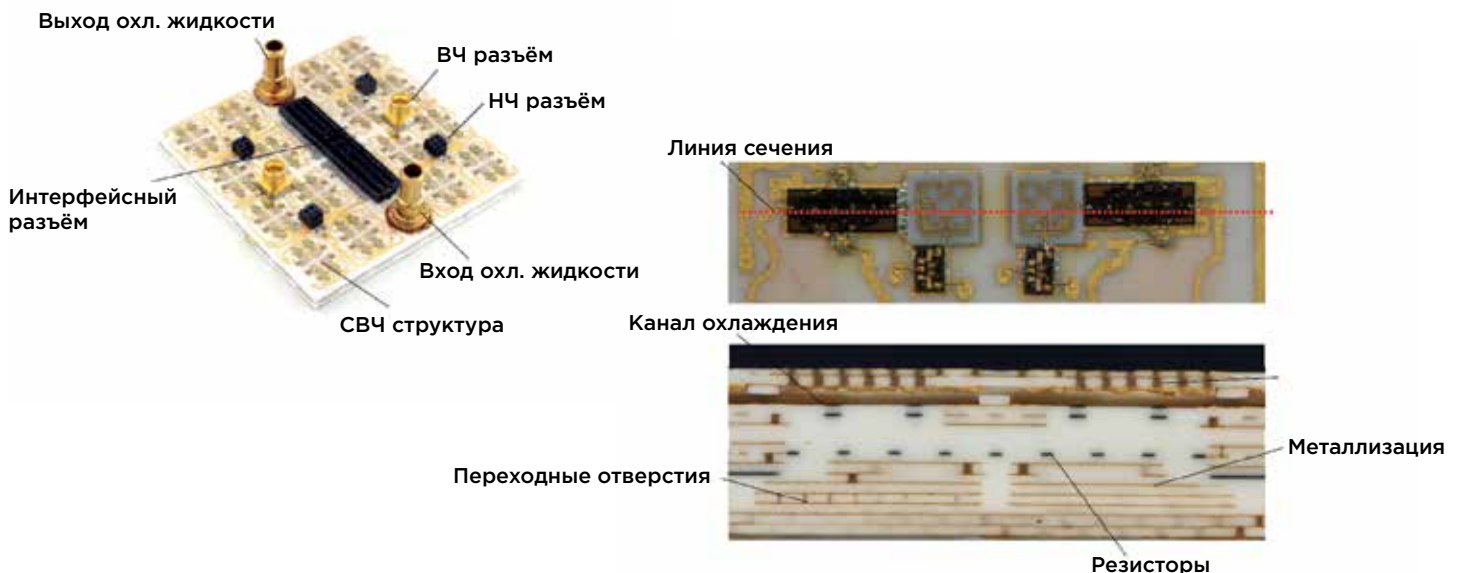
Современные технологии 3D интеграции в производстве ГИС и СВК позволяют эффективно сократить площадь (объем, массу) электронного узла не за счёт повышения степени интеграции СБИС, а за счёт работы с коммутационной составляющей системы и пассивными компонентами – платой, расположением и свойствами элементов. Наиболее перспективными технологиями в этой области представляются технологии формирования многослойных структур со встроенными во внутренние слои компонентами (резисторами, конденсаторами и индуктивностями), а также каналами охлаждения, локальными столбиковыми теплоотводами, МЭМС и МОЭМС, выполненными на основе LTCC керамики и современных полимеров на основе фторопласта и металлоорганических соединений, в том числе гибких.

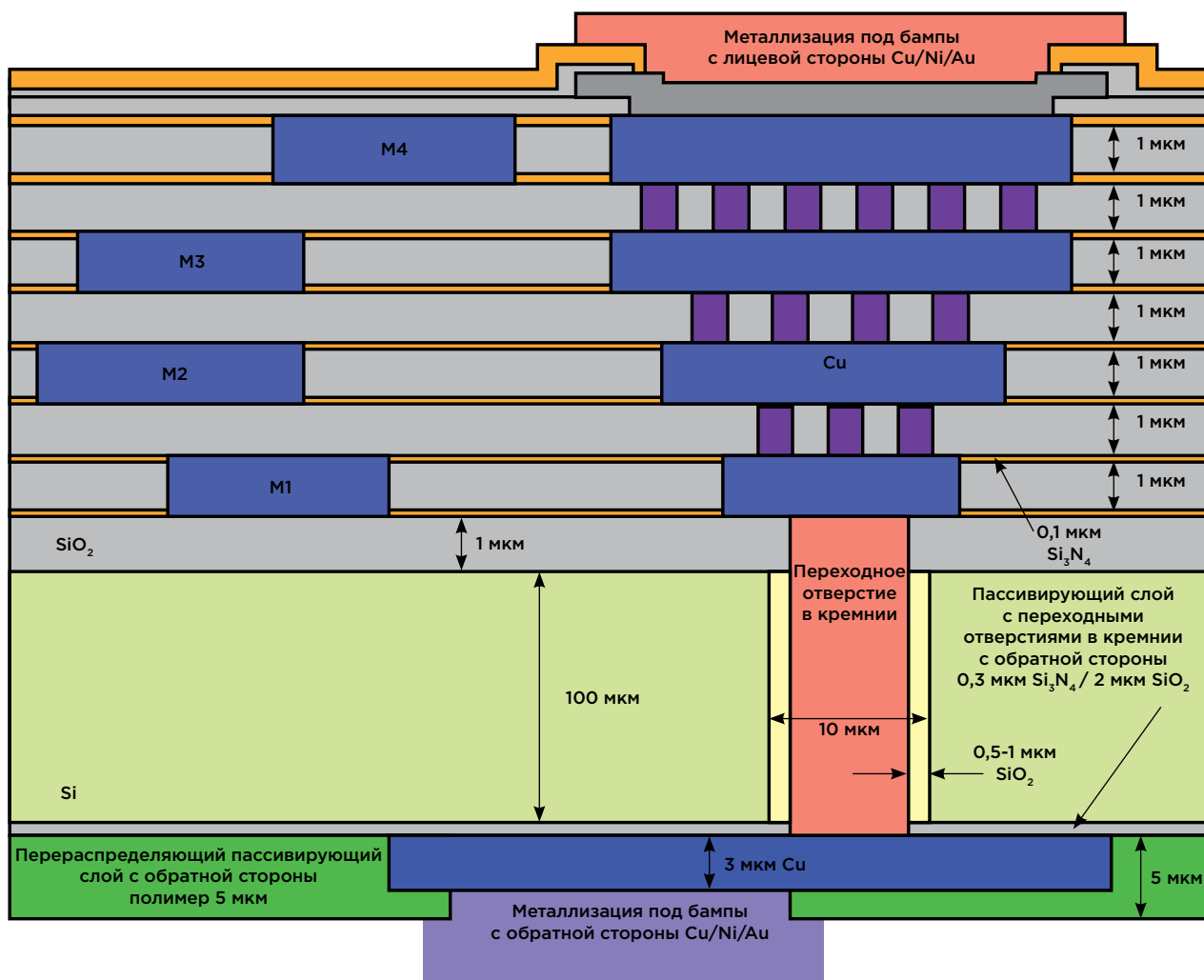
Чрезвычайно эффективно в таких случаях встраивание в техпроцесс блоков тонкопленочной технологии для СВЧ компонентов. На рис 6 приведен пример активного антенного модуля, выполненного в виде ГИС передового уровня интеграции с встроенными внутренними компонентами.

На рис 7 приведена структура кремниевой подкристалльной платы, выполненной по технологии 2,5D, как ключевого элемента перехода к технологии производства 3D интегрированных СВК. Применение кремниевой подкристалльной платы требует освоения технологий формирования переходных металлизированных отверстий в кремнии, формирования перераспределяющей металлической разводки и шариковых выводов, а также технологии микросборки. В соответствии с основными технологическими (ключевыми) блоками работа по освоению данной технологии может проводиться в три этапа в следующей технологической последовательности:

- формирование шариковых выводов и микросборка с использованием покупных подкристалльных плат;
- утонение и монтаж кремниевых пластин на временный технологический носитель для обработки обратной стороны, контроль, испытания и аттестация;
- формирование металлизированных переходных отверстий и перераспределяющих межсоединений в кремниевых пластинах.

Таким способом может быть реализован полный цикл производства кремниевых подкристалльных плат. Этапы могут проводиться параллельно.





7 Структура кремниевой подкристалльной платы, выполненной по технологии 2,5D

Производство современных 3D интегрированных ГИС и СВК является перспективной технологией производства электронных устройств для спецтехники и обладает большим потенциалом развития не только на российском, но и на мировом рынке. Технология сборки таких миниатюрных электронных модулей основана на традиционной и адаптированной под технологию компонентной базе, позволяя размещать элементы в разных плоскостях, добиваясь принципиально новых возможностей по дизайну изделий с одновременным упрощением конструкции узла в целом. Различные сегменты рынка радиоэлектронной аппаратуры, предъявляющие особые требования к форме, дизайну, массогабаритным и другим характеристикам аппаратуры, могут использовать принципиально новые возможности этой технологии.

Чтобы расширить отечественный рынок специальных применений, необходимо активно развивать это направление, внедряя самые прогрессивные технологии и передовой мировой опыт.

Увеличение степени интеграции электронных модулей и систем требует внедрения новых подходов к организации, структуре и оснащению производств, выпускающих изделия передового уровня. Для этого уже недостаточно просто модернизировать и обновлять существующие технологии и производственные линейки. Необходимо создавать новый технологический уклад с изменениями подходов к разработке, производству и испытаниям новых изделий, чтобы не упустить новые возможности вывода российской электроники на самый высокий мировой уровень. □

# КАЧЕСТВО

## Можно ли создать бездефектное производство



Текст: **Андрей Насонов**

**К**огда создается новое производство электронной техники или модернизируется уже существующее, естественно возникает необходимость численно определить его характеристики. Если с такими характеристиками как производительность и способность работать с определенным перечнем типоразмеров компонентов все более менее понятно, то понимание качественных характеристик не так однозначно.

Возьмем такой, на первый взгляд, понятный параметр как уровень дефектности линии поверхностного монтажа. Предположим, что мы имеем два производственных участка: на одном 30% изделий после сборки требуют ремонта, а на другом — только 5%. Казалось бы, что тут все понятно, дефектность 30% вообще куда не годится. Очевидно, что второй участок значительно лучше оснащен и эффективнее работает. Но давайте не будем спешить с выводами, а покопаемся в деталях.

Первый вопрос. А какие изделия собирают эти участки? И тут выясняется, что первый участок выпускает сложнейшие многослойные платы, на которых присутствуют сотни компонентов и тысячи паяных соединений, а второй — весьма простые изделия с десятком компонентов, да еще и с размером 1206.

Ожидаемый уровень дефектности — величина вполне расчетная для каждого изделия. Существует «законный» уровень дефектности для каждого компонента и каждого паяного соединения. Он очень маленький, но будучи умноженным на количество этих компонентов и паек становится весьма ощутимой величиной. Некоторые изделия настолько сложны, что их ремонт после сборки — процесс обязательный, потому что вероятность собрать сразу годное изделие весьма невелика.

Получается, что если сравнивать участки с учетом сложности изделий, то мы получим истинную оценку. Опять не будем спешить. Потому что следующий вопрос, а все ли дефекты мы обнаруживаем? Предвижу ответ: конечно, все, что тут думать, изделия проходят приемосдаточные испытания и работоспособны, хорошо работают, соответствуют ТУ. Ну и что с того? К сожалению, по современным меркам этого недостаточно.

Современные требования к качеству предусматривают, что будут обнаружены и скрытые дефекты. Это те дефекты, которые никак не сказываются на работе устройства в настоящий момент, но могут оказаться причиной отказа через какое-то время в процессе эксплуатации или при определенной комбинации воздействующих факторов внешней среды. Можно возразить, что проводятся климатические испытания, периодические испытания, в том числе и ресурсные. В том то и дело, что периодические. А у ведущих мировых производителей принят 100% контроль всей продукции. Казалось бы, это невозможно. Ресурсные и некоторые виды испытаний на внешние воздействия относятся к так называемым разрушающим испытаниям. То есть после них все изделия придут в негодность просто потому, что свое отработали. Но уже давно появились технологии поиска скрытых дефектов, появились тестовые автоматы, способные это делать.

Отсюда следует интересный вывод.

**Вывод первый. Если при работе производственного участка мы имеем уровень дефектности достаточно низкий для выпускаемых изделий, это не свидетельствует однозначно о высоком уровне качества. Вполне возможно, что низкий уровень дефектности обусловлен неспособностью тестового оборудования обнаружить все дефекты.**

Почему же традиционные подходы обеспечения качества и надежности перестали удовлетворять современным требованиям? На это есть несколько причин. Первая — ранее просто не существовали технологии, позволяющие делать это иначе. Приходилось довольствоваться определенными допущениями. Например, исходить из того, что если часть партии подвергнуть испытаниям на ресурс, то и остальные изделия, наверное, проявят такую же живучесть. И ключевое слово здесь — наверное. И в космос должно лететь изделие, с которым, наверное, все в порядке. А ведь хочется знать наверняка.

Вторая причина в том, что изменились внешние обстоятельства. Техника стала значительно сложнее структурно и функционально, и, естественно, увеличилась вероятность скрытых дефектов.

Кроме того, возникло такое явление как контрафакт. Не следует путать его с браком. Брак — это когда компонент изготовлен где надо и кем надо, но сделан плохо и не соответствует заявленным характеристикам. Брак всегда был и будет, но это не критично, потому что он легко обнаруживается. А вот современный контрафакт изготовлен неизвестно где и кем и при этом в полной мере по основным параметрам соответствует оригиналу. Изделия с контрафактными компонентами часто успешно проходят приемосдаточные испытания, а затем происходит неожиданный отказ в эксплуатации. Мы ведь ничего не знаем о параметрах надежности этих компонентов. Мы ничего не знаем о том, что гарантирует система качества того производства, где их сделали, и есть ли она там вообще. И это явление уже приняло масштабы мировой проблемы.

Некоторые зарубежные предприятия вводят внутренние ограничительные перечни, потому что по отдельным позициям комплектующих купить не контрафакт маловероятно, и выбор поставщика тут мало помогает. Это хорошо проиллюстрировано на диаграмме из отчета NASA о проблеме контрафакта рис 1.

Особенно «радует», что у авторизованных дистрибьюторов 7% контрафакта вам гарантировано. Отсюда следует второй вывод.

**Вывод второй. В современных условиях проверка на признаки контрафактности обязательна.**



1

Диаграмма из отчета NASA о проблеме контрафакта

Возникает вопрос, как реализовать эту проверку? Как было сказано выше, современный контрафакт плохо "ловится" по основным параметрам, да и дублировать на своем предприятии системы качества всех производителей используемой комплектации просто нереально. Данную проблему можно решить только с помощью комплекса мер, при этом важно правильно понимать реальные возможности любого мероприятия или технологии. А то иногда можно услышать: "у нас 100% входной контроль, а значит, проблемы нет". Замечательно, а что проверяется на входном контроле? Все в соответствии с ГОСТ 24297-87. Только вот внешний вид у контрафакта, случается, соответствует datasheet даже в большей мере, чем оригинал **рис 2**.

А что касается документов, то нужно учесть, что современный уровень развития печатного дела достиг облачных высот. Это не значит, что не надо осматривать

внешний вид и проверять документы. Надо обязательно, но только это всего-навсего первый шаг.

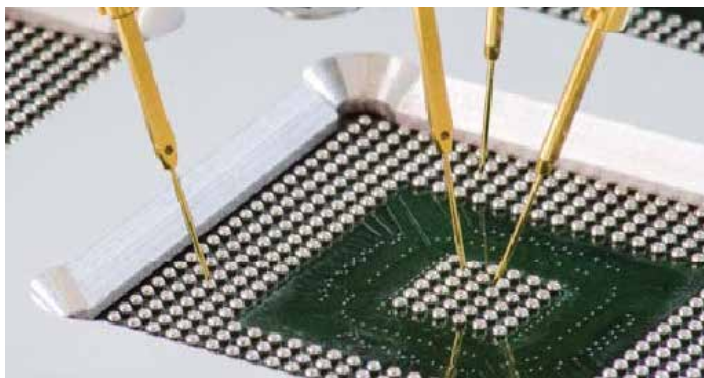
Как же быть? Что делать, если основные параметры в допуске, внешний вид, упаковка и документы в полном порядке? Проверять все параметры по ТУ? Можно и проверить, только тут возникают две проблемы. Выполнить полноценную проверку по основным параметрам очень сложно и дорого. И самое неприятное, что контрафакт может её выдержать. Остается только воспользоваться технологией распознавания контрафакта по недокументированным параметрам. Современное тестовое оборудование позволяет это сделать.

Удается с помощью измерений однозначно определить, изготовлен ли компонент заявленной фирмой или его происхождение неизвестно. Эта технология работает не только по компонентам до монтажа, проверка возможна и на собранной плате. Большие и дорогостоя-



2

У контрафактной микросхемы маркировка более полная и нанесена аккуратнее, без перекоса



3 Тестирование микросхемы в корпусе BGA на установке с летающими пробами SPEA4060 (режим входного контроля)

ящие компоненты имеет смысл проверять до монтажа, а «мелочевку» — на собранной плате. Главное, чтобы все используемые компоненты на любой стадии производства проверялись на подлинность.

Метод основан на том, что для современных технологий производства компонентов характерен весьма высокий уровень повторяемости внутренней структуры. Речь идет не об основных характеристиках, а о повторяемости точных значений параметров, которые с точки зрения функционирования чаще всего значения не имеют. Но чередование их разброса от вывода к выводу позволяет идентифицировать производителя компонента. Конечно, это работа по эталону. Но опыт использования технологии показал, что и без эталона удастся определить контрафакт. Просто если партия компонентов неизвестно где и как сделана, наблюдается значительный разброс значений этих параметров в самой партии.

Те же измерительные средства используются для поиска привнесённых скрытых дефектов. Например, обнаружение следов воздействия статического электричества. В том случае, когда воздействие статики не привело сразу к фатальному отказу, желательно выявить факт такого воздействия. Если элемент и сохранил работоспособность, то вероятность его отказа сильно возросла. Воздействие нельзя считать неразрушающим, если удастся обнаружить его следы.

Возможно ли создание бездефектного производства? Возможно. Только уровень дефектности должен определяться не по объему ремонта после сборки, а по количеству отказов при эксплуатации. Стремиться к снижению дефектности после сборки особенно сложных изделий

не только бессмысленно, но и вредно. Наоборот, на данном этапе надо стимулировать персонал на поиск дефектов. Это звучит парадоксально, но за большое количество найденных дефектов надо давать премии персоналу. Конечно, по чьей вине они появились — это вопрос для разбирательства, но премировать за низкий уровень дефектности после сборки нельзя абсолютно точно.

Как должна быть построена работа по управлению уровнем дефектности производства? Именно управлению, а не снижению.

Для каждого изделия необходимо рассчитать реально возможный уровень дефектности после сборки — тот уровень, который мы будем иметь по законам статистики, даже если все идеально. Причем надо отдельно определить уровень дефектов, которые обусловлены сложностью конструкции (то есть функция количества цепей и паяных соединений), и уровень дефектности, обусловленный комплектацией (допустимый уровень по datasheet плюс вероятность наличия контрафакта как функция от типа компонента и типа поставщика). Данные по вероятности получения контрафакта можно заимствовать из американских исследований, которые были сделаны в интересах NASA и военных. Это достаточно глубокие исследования, и их результаты опубликованы. Отечественные исследования, к сожалению, не проводились, но можно предположить, что ситуация аналогична. Импортные компоненты для России поставляются из тех же источников, что и в США. Что касается отечественной элементной базы, то по результатам многочисленных исследований, проводимых Группой компаний Остек, контрафакта там не меньше. Чаще всего это импортный кристалл, смонтированный в отечественный корпус для спецприменений.

**В процессе производства необходимо постоянно контролировать статистику по уровням дефектности. Если уровень дефектности выше расчетного, то необходимо искать причины и исправлять ситуацию. А вот если он существенно ниже, то следует задуматься о том, что необходимо оснастить производство средствами тестирования, которые будут обнаруживать те дефекты, которые пока остаются незамеченными. ▢**

# ОСНОВНОЙ ЗАКОН ПРОИЗВОДСТВА



Текст: **Дмитрий Ублинский**



Ни для кого не секрет, что мероприятия по обеспечению качества конечной продукции сводятся к выполнению одного ключевого требования: соответствия изделия требованиям технической (конструкторской, технологической и программной) документации, в противном случае конечное изделие не будет выполнять все возложенные на него функции. Вопрос качества самой документации мы сейчас поднимать не будем, это предмет для отдельного разговора.



**В** идеале каждая операция на производстве и каждое применяемое комплектующее изделие (а также материалы, приспособления и т.п.) должны проверяться на соответствие документации. Когда мы говорим о производственном процессе, это означает, что должны контролироваться (для каждого изделия!):

- соответствие рабочей документации изготавливаемому изделию;
- правильность применения документации на каждом рабочем месте;
- соответствие всех составляющих изделия деталей и сборочных единиц необходимым требованиям, правильность их применения, выполнение сроков и условий хранения;
- соблюдение режимов каждой технологической операции;
- результаты промежуточных и приемочных испытаний и многое-многое другое.

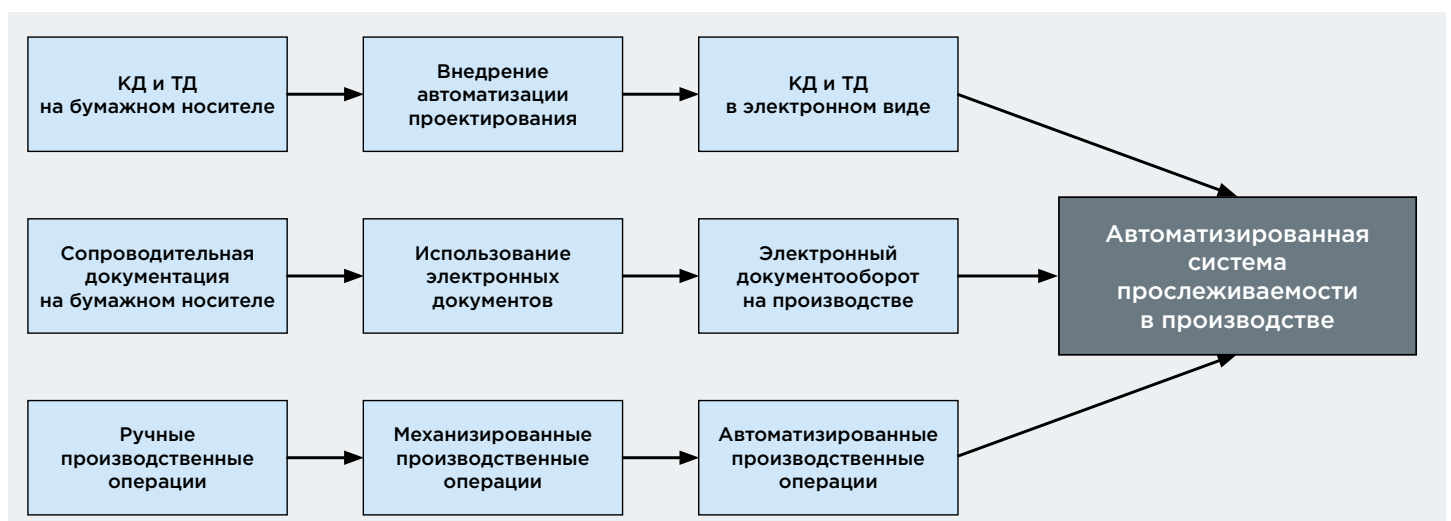
В реальной жизни решительно все проверить невозможно и приходится ограничиваться некоторым набором проверок, который зависит от ответственности изделия. Программа этих проверок закладывается (должна быть заложена) на этапе разработки технической документации. Уменьшение количества проверок оставляет больше возможностей для выпуска некачественной продукции! Следовательно — чем больше информации об изделии будет собрано, тем более высокое качество производства будет обеспечено.

Для построения системы контроля на каждом производстве разрабатывается ряд организационных и технических (включая приобретение дорогостоящего оборудования) мер. Но жизнь показывает, что они малоэффективны при отсутствии жесткого и объективного контроля их применения.

Результаты такого неполноценного подхода мы видим в реальной жизни чуть ли не ежедневно. Это аварии техники, репутационные потери, снижение конкурентоспособности продукции и т.п. Причем масштабы потерь на порядки превышают затраты, которые требуются для устранения их причин. Каков выход?

Все передовые производства в мире оснащаются широкой системой идентификации и прослеживаемости в производстве. Это автоматизированная система, в которой проводится слежение за всеми объектами, участвующими в производстве, путем считывания присвоенных им уникальных кодов при каждом перемещении или изменении объекта. Это могут быть комплектующие изделия, материалы, полуфабрикаты и сами конечные изделия. Каждый раз на номер объекта фиксируются все изменения, которые произошли с момента последнего считывания кода. При этом сама фиксация проводится практически без участия человека, что ускоряет процесс и исключает возможность случайного или намеренного искажения данных. Разумеется, чем больше степень автоматизации, тем выше качество прослеживания. При массовом внедрении автоматического обрабатывающего, сборочного и контрольного оборудования эта задача становится реально выполнимой.

Сама идея прослеживаемости появилась не на пустом месте, ей предшествовал целый ряд эволюционных изменений в организации производственного процесса. Это последовательное движение проиллюстрировано на рис 1. Основное его направление связано с постепенным переносом всего документального обеспечения производства в электронную форму. Параллельно происходило и развитие автоматизации выполнения операций. Поскольку задача является очень сложной и капиталоемкой, на весь путь потребовался не один десяток



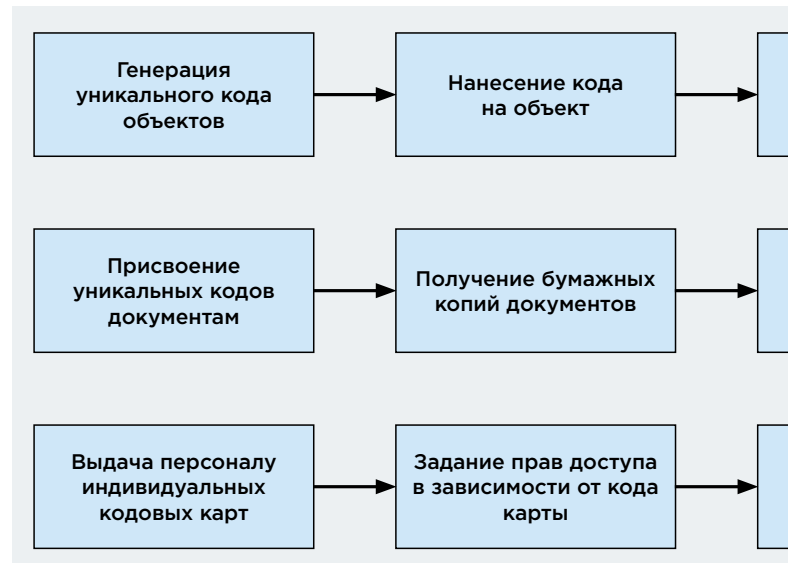
Приемо-сдаточные (контрольные) испытания (заполняется согласно ЧТУ, И)					
№ пп.	Наименование испытаний	Дата и время	Фамилия и подпись производивш. испытания	Фамилия, подпись и штамп ОТК	Ф. и И. пред. зав.
1	Проверка комплектности	17.06.2011 14-35	Ковалева		
2	Проверка таб. устан. размеров				
3	Проверка качества				

2  
Фрагмент рукописного технологического паспорта изделия

лет. На западе это произошло несколько раньше. В нашей стране, хоть и с опозданием, аналогичные решения также начинают воплощаться в жизнь. Это неизбежное веление времени.

Начало прослеживаемости можно заметить на ответственных производствах и в середине XX века — это сопроводительные бумажные документы рис 2, которые перемещались вместе с изготавливаемым изделием по всему производственному циклу. В них фиксировались все выполняемые операции с отметками времени и исполнителем работ, а также использование в составе других изделий с подключением в общий комплект их сопроводительных документов. Так собиралась информация обо всем изделии, которая позволяла судить об истории изготовления самого изделия и составляющих его узлов, агрегатов. Еще раз следует отметить, что все эти данные регистрировались, из-за отсутствия технических средств, в виде ручных записей на заранее напечатанных в типографии бланках. Соответственно, такая система имела множество недостатков, главные из которых — высокая трудоемкость и человеческий фактор.

**Современное определение прослеживаемости (по стандартам международной организации ISO) — это «способность проследить предысторию, использование или местонахождение объекта с помощью идентификации, которая регистрируется»**



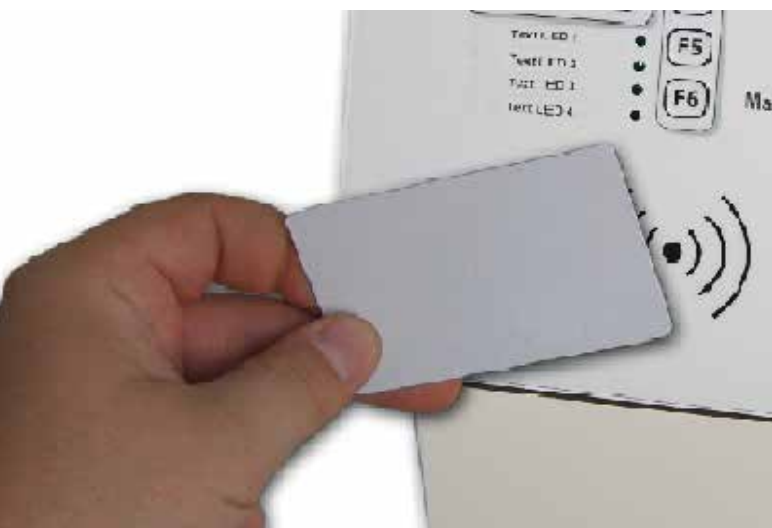
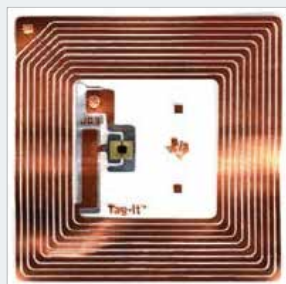
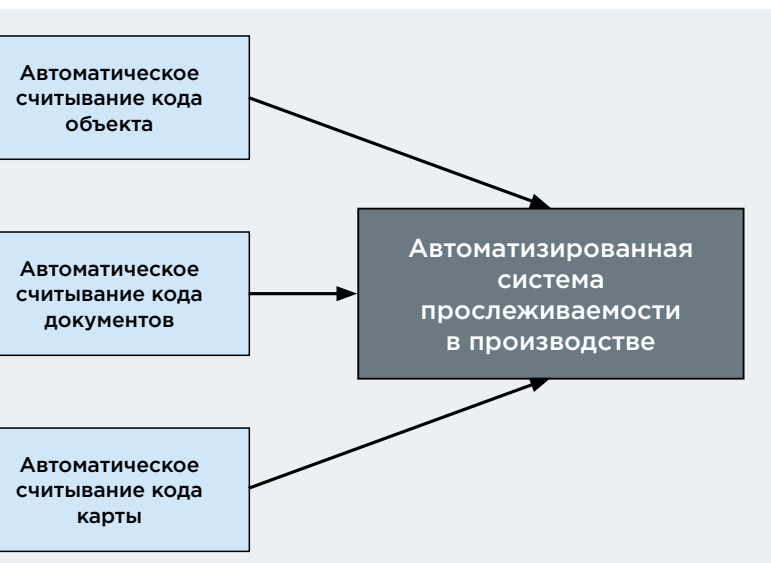
3  
Система идентификации в производстве



4  
Способы идентификации: прямая маркировка, наклеиваемые этикетки, радиочастотные метки



5  
Считывание штрих-кодов и радиочастотных меток



Таким образом, ключевым моментом является процесс идентификации. Вернемся к нему чуть позже.

С появлением первых компьютеров на производстве начались многочисленные попытки автоматизировать сбор и хранение данных в производстве. Появилась возможность создавать электронные документы, но еще требовалось пройти большой путь до оснащения рабочих мест компьютерами, организовать быстрый обмен данными между ними, хранение больших объемов информации, стандартизацию форматов данных. Одновременно с этим вычислительная техника начала внедряться и в сам процесс производства, появилось понятие автоматизации технологических процессов.

Само по себе внедрение электронно-вычислительной техники не могло эффективно обеспечить весь комплекс необходимых для автоматического прослеживания мер. Принципиальное значение здесь имели два технических решения, приспособленных для применения в производстве.

Первое — создание единых автоматизированных систем управления в масштабе предприятия, которые охватывают все сферы его деятельности: управление кадрами, материально-техническим снабжением, планирование производства, ведение конструкторской и технологической документации, складской учет, обеспечение управленческого документооборота предприятия, использующего механизмы электронного согласования и утверждения документов. Применяемые в настоящее время на производстве автоматизированные системы (правильнее их называть — информационные системы) подразделяются на группы по функциональному назначению и уровню управления. Для них существуют общепринятые аббревиатуры: ERP, APS, MES, CRM и т. п.

Второе — появление средств и способов кодовой маркировки и автоматического считывания нанесенных кодов. Это позволило автоматизировать физическую идентификацию **рис 3**. В качестве основных методов идентификации сейчас широко применяются: нанесение кодов непосредственно на поверхность изделия (прямая маркировка по поверхности материала — DPM), приклеивание этикеток со штрих-кодами, использование радиочастотных меток (RFID) — **рис 4**. Идентификация объектов состоит из трех этапов:

- генерация уникального кода и связывание этого кода с описанием объекта в электронной базе данных;
- связывание кода с физическим объектом или субъектом (например, приклеивание этикетки со штрих-кодом, регистрация магнитной карточки за работником и т.п.);
- считывание кода **рис 5** и его сопоставление с имеющимся в памяти системы описанием объекта.

Решающим шагом в создании полномасштабной системы прослеживаемости стало объединение электронного документооборота с идентификацией всех объектов и субъектов, участвующих в производстве

(объединение структур, представленных на рис 1 и 3). При наличии эффективно работающей системы управления базой данных появилась возможность перерабатывать в реальном времени большие объемы информации, неизбежно сопровождающие этот процесс.

После того как объект идентифицирован, появляется связь между самим объектом и его представлением в памяти. Можно использовать эту связь для получения информации об объекте в память или, наоборот, получении информации из памяти. Что нам это может дать применительно к производственному процессу? А это как раз и есть — объективный механизм фиксации действий над выпускаемым изделием и источник эталонных данных (из памяти системы) для проведения проверок на соответствие.

Таким образом, для каждого объекта всегда имеется информация об истории его происхождения и пройденный им путь (прошлое), местонахождение в настоящий момент (настоящее), а также точка назначения его дальнейшего следования по производственной цепочке (будущее).

Имеющийся на настоящий момент набор данных позволяет управлять дальнейшим перемещением объекта. Так собранная информация становится основой для оперативного управления производством.

Рассмотрим кратко, как это должно происходить в реальном производстве.

Для объектов, которые поступают извне, на этапе их регистрации фиксируется поставщик, партия поставки, параметры, полученные при входном тестировании. Здесь же они сравниваются с требуемыми параметрами, и по результатам сравнения автоматически делается вывод об их годности к дальнейшему использованию.

При хранении на складе будет зафиксирована дата прихода и расхода, что при необходимости может быть использовано для определения срока годности. Кроме того, если склад оборудован системой контроля критичных для хранения параметров окружающей среды, они также будут зарегистрированы с привязкой к каждому объекту хранения.

На операциях механической обработки система запомнит материал, режимы обработки, используемый инструмент и оборудование. Если обработка производится по автоматической программе, ее версия также будет сохранена с привязкой к обрабатываемой детали.

На сборочных операциях в базу данных поступит информация о номерном составе составляющих сборочную единицу компонентах, комплектующих и материалах. Будут зафиксированы используемые приспособления и программы для сборочных автоматов.

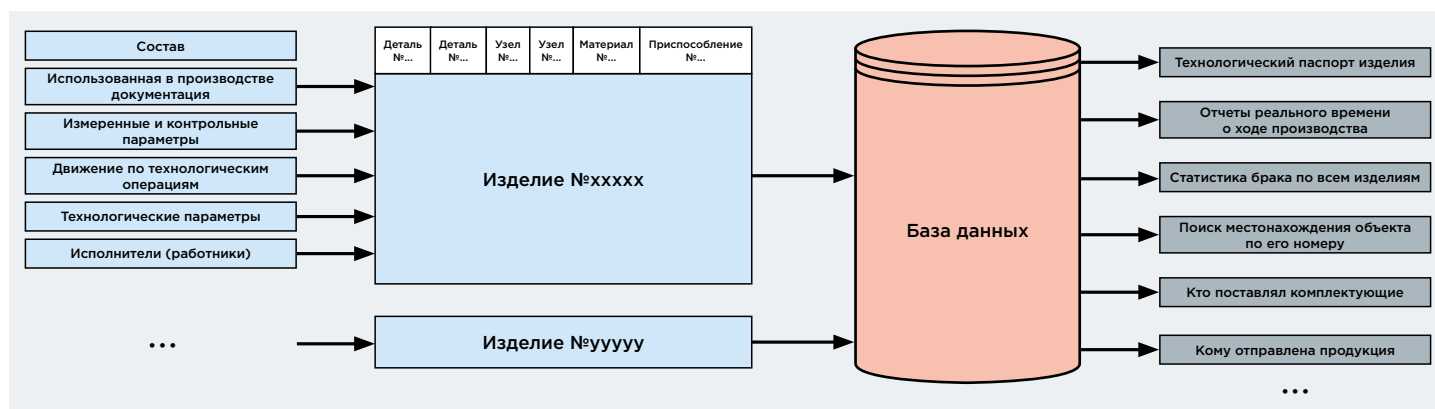
На контрольных операциях измеренные параметры будут сравниваться с допустимыми границами, причем в памяти системы сохранятся и измеренные, и контрольные значения.

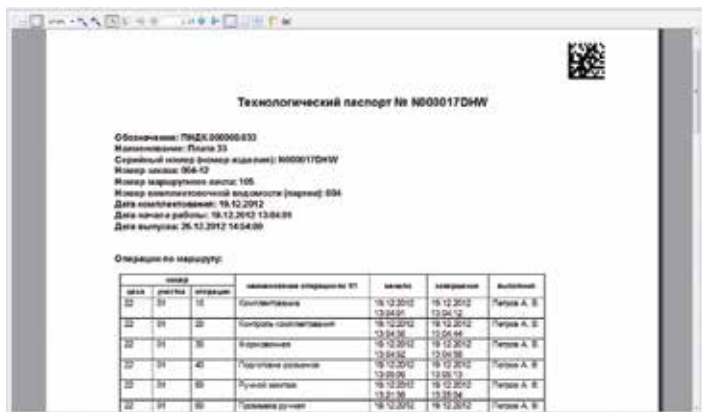
Специальное программное обеспечение не позволит принять несоответствующую продукцию работнику ОТК (или любой промежуточной контрольной операции), а если это по каким-либо причинам произойдет, виновники (и допустивший, и «пропустивший» брак) будут известны. Последний факт позволяет сделать вывод, что автоматизированная система обладает еще и дисциплинирующим воздействием на персонал.

В случае возникновения брака дальнейшее движение изделия запрещается до устранения ошибки. Тип и локализация дефекта фиксируются.

Система может быть оборудована программными средствами, останавливающими процессы, которые приводят к массовому браку, или предупреждающими его возникновение. Это возможно на основании анализа событий и измеренных характеристик изделий в реальном времени. Например, такое программное обеспечение может потребовать остановки технологического процесса в случае критического снижения влажности воздуха в помещении или падения давления в пневмосистеме. В случае невыполнения этого требования будет произведено оповещение вышестоящего руководства, а измеренные критические параметры зафиксированы с привязкой к выпущенным в этот период изделиям.

В результате на каждое изделие собирается подробнейшее «досье» рис 6.





7  
Фрагмент технологического паспорта изделия, созданного в информационной системе

## Как могут быть использованы полученные данные?

**Мониторинг производства для принятия оперативных решений.** Как правило, на уровне производственных процессов (в цехе) объем, содержание и временные рамки работ уже определены. Основная задача оперативного планирования — отрегулировать эти процессы так, чтобы выполнить задание в срок. Коррекция распределения заданий по рабочим местам будет тем эффективнее, чем более достоверной и своевременной текущей информацией будет обеспечена система планирования.

**Контроль соответствия требованиям документации.** Задача решается с применением идентификации объекта (выпускаемого изделия) по следующим направлениям: выдача технической документации на рабочие места, выбор управляющих программ для оборудования, использование требуемых критериев контроля и наборов контролируемых параметров, проверка состава изделия по номерам составных частей. В качестве отчета, например, может быть сформирован электронный технологический паспорт изделия рис 7, который будет включать в себя: общую информацию по изделию, заказу, партии, данные по прохождению технологического маршрута, данные по составу, результатам испытаний, ремонтам и заменам составных частей в процессе производства. Причем все эти данные будут собраны и систематизированы без участия человека!

**Анализ несоответствий и управление качеством.** Накопленная статистика по дефектам позволяет оценивать качество соблюдения технологии и качество самой технологии. Это является основой для принятия корректирующих действий. Статистика по измеренным параметрам позволяет прогнозировать потенциальный брак.

**Управление закупками.** Здесь важную роль играют два принципиальных момента. При ритмично организованном производстве и наличии полной информации о складских запасах можно оптимизировать объемы и сроки закупок. Зафиксированные данные по качеству покупных изделий (материалов) и связь с их происхождением позволяют про-

водить квалификацию поставщиков и исключить закупку контрафактной и просто некачественной продукции.

После завершения производства накопленная информация может быть использована и на следующем этапе жизненного цикла изделия — при регламентных работах или для разрешения проблем при эксплуатации, гарантийном и послегарантийном обслуживании.

Все, что говорилось об индивидуальном объекте, может быть применимо к группе (партии) объектов, если идентификация каждого отдельного объекта представляется нерациональной или затруднительной.

В заключение еще раз обозначим основные преимущества автоматического сбора данных при прослеживании:

- объективная фиксация данных (исключение человеческого фактора);
- сбор данных осуществляется по каждому изделию (номеру) и каждой операции с ним;
- объем собираемых данных в десятки раз выше, чем при заполнении ручной сопроводительной накладной;
- данные хранятся в электронном виде, это обеспечивает неограниченный срок хранения, быстроту и удобство доступа к ним;
- возможность автоматического принятия решения по принципу годен-негоден на основании сравнения требуемых и полученных свойств изделия;
- результат проверок может быть использован в реальном времени (отчеты, диспетчирование производства, управление качеством);
- сигнализация о критических отклонениях непосредственно в момент их обнаружения.

**Мировые тенденции развития производства демонстрируют неуклонный рост решений для обеспечения высоких качественных показателей производства. Выпуск современной продукции с тенденцией её постоянной миниатюризации и усложнения требует применения не только оборудования, соответствующего времени, но и современной организации управления производством. А задача остается во все времена неизменной — качественно произведенное изделие должно отвечать всем требованиям, которые были заложены в техническом задании и технической документации.** □

# ОПТИМИЗАЦИЯ

# Склад.

## Пора наводить порядок?



Текст: Андрей Мазалов

Ежедневно общаясь с заказчиками из разных сфер и отраслей, проводя экспресс-обследования и аудиты производственных предприятий, складских комплексов различного уровня и масштабов, можно оценить ситуацию в целом. Она выглядит следующим образом. Обращаясь к консультантам, внедренцам складских информационных систем или просто к продавцам тех или иных складских решений, заказчик «ждет чуда»: «придут консультанты и все сделают», «куплю, и все наладится», было «как есть», а станет «как надо», «как правильно» и так далее. Или наоборот, получив однажды негативный опыт внедрения, модернизации, покупки, заказчик опасается и не ждет ничего хорошего от очередной фирмы, обещающей сделать «все современно» и «по последнему слову техники» на складе.

Побороть этот сложившийся стереотип — одна из важнейших, сложнейших и первостепеннейших задач. Без минимальной информации, четкого понимания заказчиком своих «хочу», оцифрованных задач и собственной вовлеченности в процесс даже самые квалифицированные консультанты бессильны, и итог такого сотрудничества предсказуем заранее: потраченные ресурсы и взаимная неудовлетворенность.

Если основное производство на предприятиях за последние годы начало модернизироваться и развиваться, то вспомогательное производство, в частности, складское направление, к сожалению, остается в плачевном состоянии. При этом своевременное обеспечение основного производства услугами вспомогательного не только не потеряло своей актуальности, но и требования к нему усилились. За примерами складов из 80-х годов прошлого века далеко ходить не надо, практически на каждом предприятии мы видим одну и ту же картину.

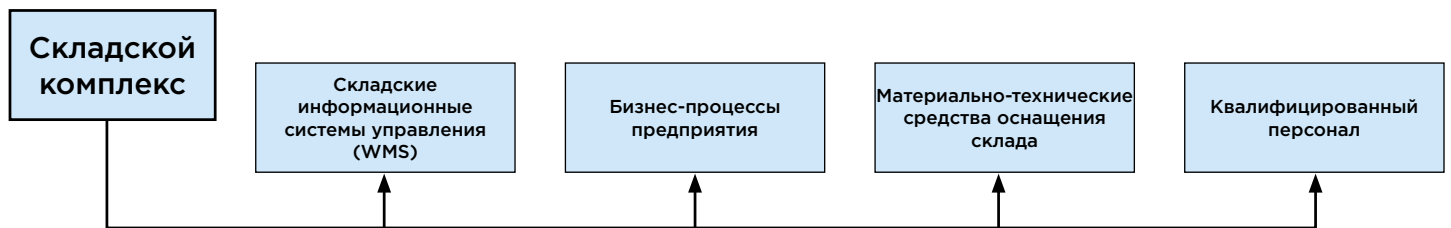
Установлены современные автоматизированные производственные линии, которые переполнены бумажными кулечками с комплектующими. Полное отсутствие электронных систем учета, устаревшая техника, масса ручных операций, дублированных процессов, т.е. отсутствие автоматизации со всеми вытекающими из этого проблемами складского комплекса.

Бумажный учет (карточки товаров, листы подбора, товарные накладные, ордера, передаваемые из отдела в отдел), эффективно работавший в «докомпьютерный период» и решавший поставленные перед ним цели, не просто устарел, а изжил себя. Он тормозит развитие, не позволяет решать текущие задачи современного производственного предприятия. Попробуйте провести инвентаризацию 30-40 тыс. наименований или получить оперативную справку по остаткам на складе при том же объеме. При бумажном документообороте сколько на это уйдет времени, сколько понадобится ресурсов (людей, времени, нервов)?

Техническое оснащение, бывшее 20-30 лет назад передовым — первые промышленные патерностеры, лифтовые системы, «изобретенные» на предприятиях, — уже давно подлежит списанию. Отсутствие минимальных электронных систем учета делает невозможным обоснованное принятие оперативных управленческих решений. Ручной труд по подбору, комплектации, обработке заказов провоцирует ошибки и необходимость дублирования процессов и тем самым тормозит развитие. Обслуживание складов по остаточному принципу приводит к простоям современных линий, «затариванию складов», увеличению штата персонала, росту площадей, невозможности выполнения производством текущих объемов в срок и, как следствие, к финансовым потерям.

## Автоматизация склада: мифы и реальность

«Автоматизированный склад»... Какие мысли, образы вызывает эта фраза? Проведите эксперимент: спросите двух-трех начальников складов, директоров, начальников материально-технического обеспечения о том, как они себе представляют «автоматизированный склад»? А затем с тем же вопросом обратитесь к начальнику ИТ. На выходе получите совершенно разные образы. Для первых это футуристическая картинка из кинофильма «Терминатор», где нет места человеку — его заменил манипулятор в купе с конвейером и технологичной автоматизированной линией; вторые представляют себе набор компьютерных программ для работы с информацией. И все они правы, потому что истина где-то посередине. Давайте разберемся, что такое современный склад **рис 1**.



1

Схема современного производственного склада

## Системы управления складом — WMS

В первую очередь, современный склад — это специализированное программное обеспечение, системы управления складом (Warehouse management system — WMS).

### АРХИТЕКТУРА WMS-СИСТЕМ ТРЕХУРОВНЕВАЯ:

1. «Пользовательские интерфейсы» — все приложения, интерфейсы, через которые пользователи разных уровней вводят, получают и изменяют информацию.
2. Аппаратная часть — серверы баз данных, хранящие информацию.
3. «Бизнес-логика» — «бизнес-процессы» или «задачи», программы обработки данных, инициируемые пользователем.

### ЧТО ДАЕТ ПРЕДПРИЯТИЮ ВНЕДРЕНИЕ WMS-СИСТЕМЫ?

1. Управление и контроль всеми складскими процессами: от ожидания поставки до отгрузки клиенту.
2. Активное управление складом, операциями: классификация, приоритеты, учет, чередование задач, контроль.

**Производственный склад — это сложная многоуровневая система, направленная на обеспечение бесперебойной работы основного производства с минимальным уровнем издержек, включающая программно-аппаратный комплекс, реализующий методы и принципы организационной логистики, и технологические процессы конкретного предприятия.**

3. Управление ресурсами: автоматическая диспетчеризация, интерактивная обработка ошибок, персональная ответственность и учет рабочего времени, расчет схем мотиваций.
4. Управление запасами: сбор, анализ товародвижения, актуализация правил операций с ТМЦ (здесь и далее товарно-материальные ценности), классификация запаса и распределение между зонами склада.
5. Управление грузопотоком: настройка правил грузообработки, оперативное изменение операций.
6. Оптимизация использования складских площадей.
7. Устранение рутинной бумажной работы.
8. Автоматический учет ТМЦ на складе: позволяет сократить остановку работы склада или избежать ее для проведения инвентаризации.

Классификация и рынок WMS-систем многообразен, главное, необходимо подбирать систему под решение конкретных задач вашего предприятия, понимая ее возможности и ограничения.

## Техническое оснащение склада

Разделив все хранимые ТМЦ по параметрам на группы, классифицируем их: по условиям хранения, упаковке, обработке, востребованности/оборачиваемости, массогабаритным характеристикам. Полученный список позволит перейти к списку задач, приоритетов и требований к применяемому оборудованию, технологиям. Все эти данные будут необходимы при проектировании и расчете оборудования, и именно эту информацию у вас будут запрашивать фирмы-поставщики, консультанты.

В зависимости от поставленных задач и имеющихся ресурсов, используем следующие подходы к оснащению склада:

- автоматизированный склад. Большинство операций на складе (примерно 80%) будет выполняться и контролироваться автоматизированными системами склада, в зависимости от необходимой производительности будут использоваться конвейерные линии;
- механизированный склад. Соотношение ручных операций с применением различной техники, систем контроля и автоматизированных систем составит 50/50%.
- ручной склад. Более 70% операций на складе, включая учет, выполняется вручную и практически без применения систем электронного учета.

Что получим, применив тот или иной способ оснащения склада?

Производительность и оперативность принятия решений, гибкость возможных операций, учет, контроль над запасами — все это будет напрямую связано с затратами на различные операции.

Автоматизированные системы хранения, упаковки, сортировки, маркировки, системы RFID (Radio Frequency Identification — радиочастотная идентификация), конвейеры, различные конфигурации стеллажей, мезонины, конфигурируемые контейнеры... Этот список современных складских технологий можно продолжать до бесконечности.

Применение той или иной технологии обработки, хранения ТМЦ и их автоматизации будет зависеть от необходимой производительности склада и сильно влияет на стоимость каждой операции, расчет которых невозможен без автоматизации учета всех операций склада (внедрения WMS).

## Бизнес-процессы: унификация или индивидуальный подход?

Стандартизация и единообразие — зло или благо? На эту тему можно долго рассуждать и дискутировать, но ситуация и сегодняшние реалии таковы — унификация правит миром. Существуют единые стандарты отрасли (техпроцессы, методики расчетов, требования),

поэтому, посещая предприятия одного сегмента, можно смело сказать, где и что нужно усовершенствовать. Да, присутствует определенная вариативность, но состояние системы в целом, современные сложности и задачи схожи.

Процесс фиксации бизнес-процессов для крупных структур просто необходим: это то, как мы работаем, это те подходы, которые будут претворяться в жизнь при помощи оборудования и программного обеспечения.

Основные результаты:

- снижение времени выполнения операций;
- улучшение качества продукта (в нашем случае услуги);
- снижение трудоемкости операций;
- улучшение ключевых показателей.

## Слабое звено автоматизированного склада или человеческий фактор

На сегодняшний день 100% «устранить человеческий фактор» на складе невозможно технологически, основная задача свести участие человека в данном процессе к минимуму. Избежать ошибок или минимизировать их количество и последствия можно при помощи систем управления складом и невозможности совершать те или иные операции без учета в данных системах. Чем выше уровень автоматизации, тем выше уровень требований к обслуживающему персоналу, отвечающему за бесперебойную работу автоматизированных систем складского комплекса.

С внедрением новых складских технологий, процессов и оборудования возникло особое требование к персоналу складского комплекса — обучаемость. На каждом уровне, будь то кладовщик, начальник смены, технический специалист или любой сотрудник склада, возникает потребность в обучении и развитии, что в принципе является стандартом современного развивающегося мира.

О чем необходимо помнить при модернизации склада? Скорость внедрения новых технологий, оборудования, наличие или отсутствие положительного эффекта для предприятия напрямую зависят от вовлеченности персонала в процесс внедрения. Людям свойственно отрицать все новое. Отсутствие проработанного плана по внедрению/модернизации склада и тщательной проработки всех процессов функционирования «нового склада» существенно увеличивают сроки начала его полномасштабного функционирования. Отторжение персоналом нововведений и саботирование, торможение внедрения ставят под угрозу весь процесс и снижают первоначальный положительный эффект, что выражается в финансовых потерях, болезненной ротации кадров и т.д.





2 Многоколонная автоматизированная система хранения лифтового типа Silo2



3 Модуль управления и окно выдачи автоматизированной системы хранения лифтового типа Silo2



4 Современный автоматизированный складской комплекс

## С чего начать?

Для начала проектирования современного склада опишите, да, именно опишите, те задачи, которые должен решать ваш склад. Опишите, пересчитайте и оцифруйте все процессы вашего складского хозяйства. Площадь склада, площадь мест хранения, их объем, количество персонала, ячеек, номенклатур, технических средств, производимых операций за предыдущий период, их текущую стоимость и прогнозы по изменению объемов, рынка, отрасли.


Не посчитав текущие затраты, невозможно говорить об эффективности; не зная объемы хранения, невозможно подобрать оборудование; не прописав бизнес-процессы, нечего претворять в жизнь. Без этих данных дальнейшее проектирование и расчет складского комплекса просто невозможны.

Закончив с аудитом склада и сопутствующих подразделений и описанием задач, примите решение о том, как вы хотите усовершенствовать склад именно для вашего производства, именно под ваши задачи. Сделайте прогноз, как в целом изменится работа не только склада, но и связанных с ним подразделений. Разложите все предполагаемые изменения на этапы внедрения, обрисуйте примерные сроки по каждому этапу, решаемые задачи и получаемый результат.

Пора начинать следовать плану и модернизировать склад, шаг за шагом, этап за этапом.

## Оценка результата. Что должно стать итогом этой работы?

- Освобождение площадей. Автоматизация складского хозяйства позволяет увеличить полезные площади хранения в 2-3 раза, что при нынешней дороговизне и дефиците места более чем актуально.
- Возможность сквозной прослеживаемости всего процесса в целом и каждой операции в частности. Сокращаются операционные издержки, появляется возможность оценить стоимость каждой операции.
- Уменьшение времени на обработку ТМЦ за счет использования современных технологий в 1,5-2 раза.
- Повышение оперативности принятия решений за счет получения актуальной информации в полном объеме.
- Прогнозирование потребности и поддержание оптимального количества остатков, необходимых для производства.

Список результатов проделанной работы можно продолжать и дальше. Главное помнить, что результат будет зависеть только от вас, от конкретных задач, которые вы поставите перед модернизацией склада. Осталось только начать! 

# ТЕХПОДДЕРЖКА

## Автоматизированные рабочие места. Как сократить время тестирования электронных изделий в 3 раза?



Текст: Алексей Смирнов



Финальный этап создания электронного устройства — серийное производство, именно оно, в конечном итоге, определяет качество готового изделия. Пользователь не сможет оценить качество программной и аппаратной платформы новой электроники, если на сборочном конвейере произойдет сбой, поэтому функциональный контроль и тестирование готового устройства — обязательные этапы серийного производства. В статье мы рассмотрим основные методики и задачи тестирования электронных устройств, а также обеспечение качества на финальных стадиях производства. Особое внимание будет уделено достоинствам и недостаткам современных методов тестирования, основанных на модульных технологиях программно-аппаратной платформы NI PXI (PCI eXtension for Instrumentation).

Архитектуру систем тестирования электронных устройств на базе модульной платформы NI PXI рис 1 можно разделить на четыре уровня.

Самый низкий уровень — уровень аппаратного обеспечения — включает в себя модульные измерительные приборы, шасси PXI и контроллер. Уровень выше включает поддержку аппаратного обеспечения PXI: набор драйверов и API (application programming interface — интерфейс программирования приложений). Эти драйверы

используются в виде библиотек функций уровнем сред разработки приложений. Уровень сред разработки приложений LabVIEW или LabWindows/CVI используется для создания специализированных программ тестирования. Самый верхний уровень позволяет объединить ранее созданные программы тестирования в единую автоматизированную систему испытаний с реализацией разноуровневого доступа и наглядной визуализацией последовательности и результатов тестов.

### СРЕДЫ УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ

NI TestStandart  
NI VeriStandart  
DIAdem



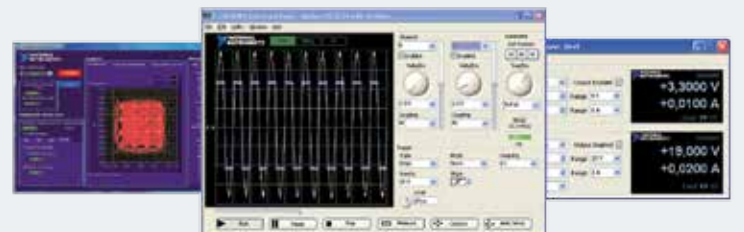
### СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЙ

LabWindows™/CVI  
Measurement Studio for Visual Studio



### ДРАЙВЕРЫ И ГОТОВОЕ ПО ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ PXI

LabWindows™/CVI  
Measurement Studio for Visual Studio



### МОДУЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ PXI

Цифровые мультиметры и источники питания



Цифровые осциллографы



Генераторы/анализаторы цифровых сигналов



Реле/коммутаторы/модули ввода неисправностей



Векторные анализаторы/генераторы ВЧ-сигналов



Приборы для измерения физических величин



Векторный анализатор цепей



Модули сбора данных



Модуляторы/демодуляторы на ПЛИС



Модули управления движением



Генераторы сигналов ПЧ



Интерфейсные модули



1 Архитектура систем тестирования электронных устройств на базе модульной платформы NI PXI



2 Шасси NI PXIe-1075 с установленными VSG, SMU, DSA и коммутаторами в качестве примера автоматизированной системы тестирования

## Параллельное тестирование на базе модульной платформы NI PXI

На рынке электроники прослеживается четкая тенденция: расширение функциональных возможностей современных устройств. Это влечет за собой усложнение структуры аппаратной части и схемотехнических решений. Как следствие, растут требования, предъявляемые к испытательным комплексам, и стоимость самих испытаний. Поиск возможных решений по минимизации стоимости и автоматизации испытаний становится действительно сложной задачей. Тем не менее, существует эффективный способ для решения задач тестирования большого количества электронных устройств с минимальными финансовыми затратами.

С усложнением технического устройства выпускаемых изделий тестовая модульная платформа NI PXI становилась «умнее и эффективнее». Новый программно-конфигурируемый подход тестовой платформы NI PXI обеспечивает построение на ее базе компактных тестеров с более высоким уровнем гибкости, функциональности и производительности по сравнению с традиционны-

ми контрольно-измерительными приборами. Используя программно-конфигурируемые приборы, разработчики могут воспользоваться последними достижениями компьютерных технологий, в том числе возможностями мощных многоядерных процессоров для обеспечения максимальной тестовой производительности системы.

Благодаря одновременному запуску нескольких программ тестирования в среде автоматизации испытаний NI TestStand специалисты могут проводить тестирование нескольких устройств в параллельном режиме на базе единой платформы NI PXI.

Пример приложения: тестирование многофункциональных приемопередающих устройств (системы тестирования мобильных телефонов на базе векторного анализатора NI PXI-5660, рис 2).

В качестве примера рассмотрим тестирование многофункциональных приемопередающих устройств (далее устройство) и запуск трех разных тестовых последовательностей на каждом из них:

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ									
DUT1	Power Test (SMU)	GSM Test (VSG)	Audio Test (DSA)						
DUT1				Power Test (SMU)	GSM Test (VSG)	Audio Test (DSA)			
DUT1							Power Test (SMU)	GSM Test (VSG)	Audio Test (DSA)

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ									
DUT1	Power Test (SMU)	GSM Test (VSG)	Audio Test (DSA)						
DUT1		Power Test (SMU)	GSM Test (VSG)	Audio Test (DSA)					
DUT1			Power Test (SMU)	GSM Test (VSG)	Audio Test (DSA)				

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ									
DUT1	Power Test (SMU)	Audio Test (DSA)	GSM Test (VSG)						
DUT1	GSM Test (VSG)	Power Test (SMU)	Audio Test (DSA)						
DUT1	Audio Test (DSA)	GSM Test (VSG)	Power Test (SMU)						

**3** Оптимизация тестовой производительности при параллельном тестировании

- тест потребляемой мощности с помощью программируемого источника-измерителя (SMU);
- тест GSM связи с помощью векторного ВЧ-генератора сигналов (VSG);
- тест качества звука с помощью анализатора динамических сигналов (DSA).

Выполнение тестовых последовательностей занимает определенное время. Предполагая, что с помощью традиционных контрольно-измерительных приборов можно протестировать одно устройство в течение трех единиц времени, три устройства будут проходить испытания в течение девяти единиц. Следовательно, каждый контрольно-измерительный прибор не используется в течение шести из девяти единиц времени **рис 3**, и простой прибора составляет 66%. При параллельном тестировании данный простой прибора используется для испытаний следующего устройства, что позволяет увеличить общую тестовую производительность системы.

**Совместное использование автоматизированной среды испытаний NI TestStand и тестовой платформы NI PXI для проведения параллельных испытаний позволяет значительно снизить финансовые и временные затраты, а также уменьшить габариты рабочего места и потребляемую мощность.**

## Параллельное тестирование: сокращение простоя контрольно-измерительного оборудования

Автоматизированная платформа тестирования NI PXI включает все необходимое программно-аппаратное обеспечение для проведения высокопроизводительных параллельных испытаний нескольких устройств. Входящие в состав платформы модульные коммутаторы позволяют подключать тестовые приборы (анализатор динамических сигналов DSA и программируемый источник-измеритель SMU) к нескольким объектам испытаний и программно управлять переключениями между ними. Регулировщики могут в любой момент времени управлять коммутацией и проверять, какое из тестовых устройств подключено к контрольно-измерительным приборам. Для использования в специализированных приложениях широкого спектра, начиная с приложений для прецизионных измерений нескольких контрольных точек и заканчивая приложениями высокоскоростного параметрического тестирования интегральных схем, среди линейки приборов NI PXI существуют большое разнообразие коммутаторов с различными топологиями, в том числе ВЧ-коммутаторы.


Для проведения различных видов испытаний электроники в параллельном режиме существует готовая среда автоматизированных испытаний NI TestStand со встроенными готовыми шаблонами и примерами программ. Она позволяет специалистам беспрепятственно перейти к испытаниям в параллельном режиме с минимальным редактированием имеющегося кода. NI TestStand поддерживает выполнение кода в режиме потока данных и имеет стандартные механизмы синхронизации, такие как блокировки, семафоры и др. Кроме того, NI TestStand тесно интегрируется с программой NI Switch Executive, которая позволяет графически

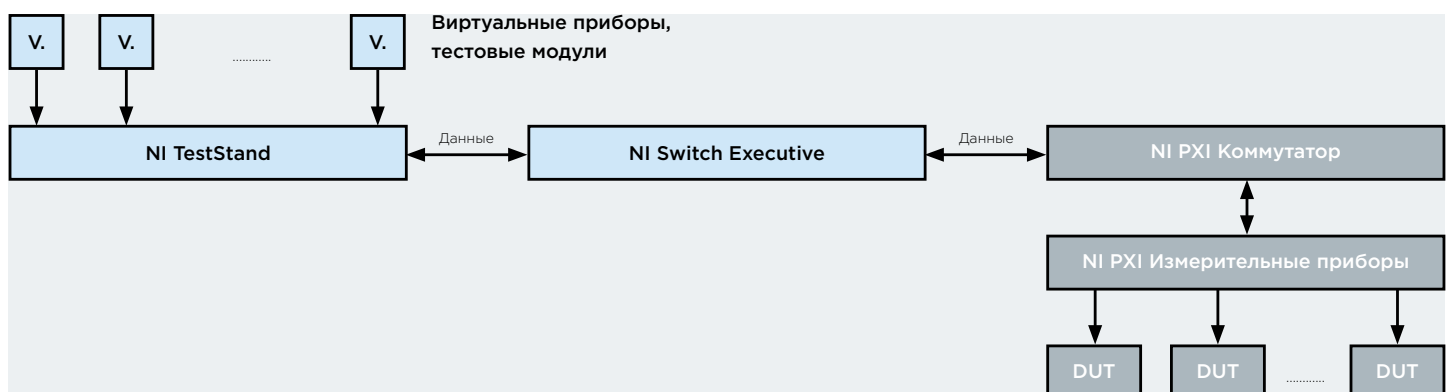
управлять маршрутизацией сигналов в тестовом приложении **рис 4**.

Используя подходящий коммутатор NI PXI, специалисты могут проводить тестирование электронных устройств в параллельном режиме, как показано на **рис 3**. В данном случае тестирование трех устройств займет пять единиц времени, и простой оборудования сократится с 66% до 40%.

## Параллельное тестирование с автоматическим перераспределением тестов

Возможности NI TestStand позволяют в течение исполнения программ тестирования автоматически перераспределять тесты между простаивающими измерительными приборами, что значительно ускоряет процесс испытаний. Определенный порядок выполнения тестов может задавать разработчик в зависимости от поставленных задач. Использование NI TestStand дает возможность избежать последовательного механизма испытаний и провести тестирование трех устройств за трехединичный временной интервал, за который ранее проходило тестирование только одно устройство. Для параллельного тестирования с автоматическим перераспределением тестов коэффициент простоя приборов уменьшается до нуля, а время тестирования на 66%.

Выполняя параллельное тестирование на базе программно-конфигурируемой платформы National Instruments, специалисты могут проводить приемосдаточные испытания, промежуточный межоперационный и входной контроль большого объема электронных устройств с помощью одной тестовой станции. Такой подход обеспечивает значительное сокращение финансовых затрат без потери тестовой производительности. 



4

Структурная схема автоматизированной платформы тестирования NI PXI

# Концепция модернизации производства ЖГУТОВ и ВНУТРИБЛОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ для изделий специального назначения



Текст: **Андрей Голубьев**



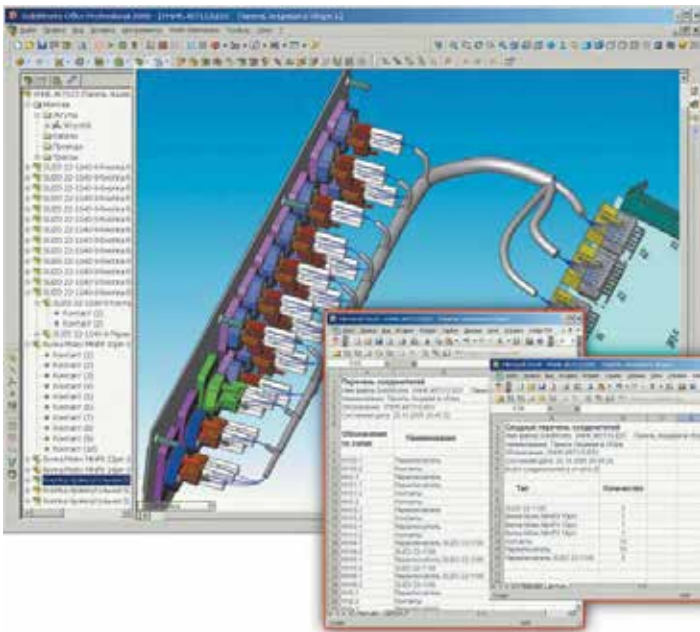
Проводные жгуты и внутриблочные соединения являются неотъемлемой частью изделий радиоэлектронной аппаратуры. Общая тенденция миниатюризации и повышения функциональности РЭА создает аналогичные предпосылки для развития проводных сборок в этом направлении. Для современных изделий и разработок характерна более высокая степень интеграции проводных жгутов с электроникой, уменьшение сечений применяемых проводов и повышение требований к качеству обработки провода. В такой ситуации становится очевиден разрыв между устаревшей технологией производства жгутов и новыми требованиями к функциональности и качеству изделий.



1 Жгут с идентификацией проводов на картонной бирке



2 «Обжигалка» с нихромовой нитью



3 Проектирование жгута

По объективным оценкам, на большинстве предприятий радиоэлектронного комплекса применяется устаревшая технология производства и сборки жгутов, для которой характерны низкая степень автоматизации и использование ручного труда. Применение таких методов обработки проводов и сборки жгутов приводит к высокой трудоемкости производственного процесса и отсутствию высокой повторяемости, делает процесс изготовления жгутов зависимым от человеческого фактора.

На рис 1 показан действующий жгут, собранный в наши дни по устаревшей технологии. Каждый провод должен быть впаян в соответствующий контакт соединителя. Идентификация каждого провода осуществляется вручную путем нанесения соответствующей надписи на картонной бирке. Вероятность ошибочного нанесения надписи, суммируемая с вероятностью ошибочного считывания, приводит к снижению уровня качества и надежности конечных изделий.

Другой пример применения устаревшей технологии обработки проводов — использование бокорезов и ручных «обжигалок» рис 2 в качестве основных инструментов жгутового производства.

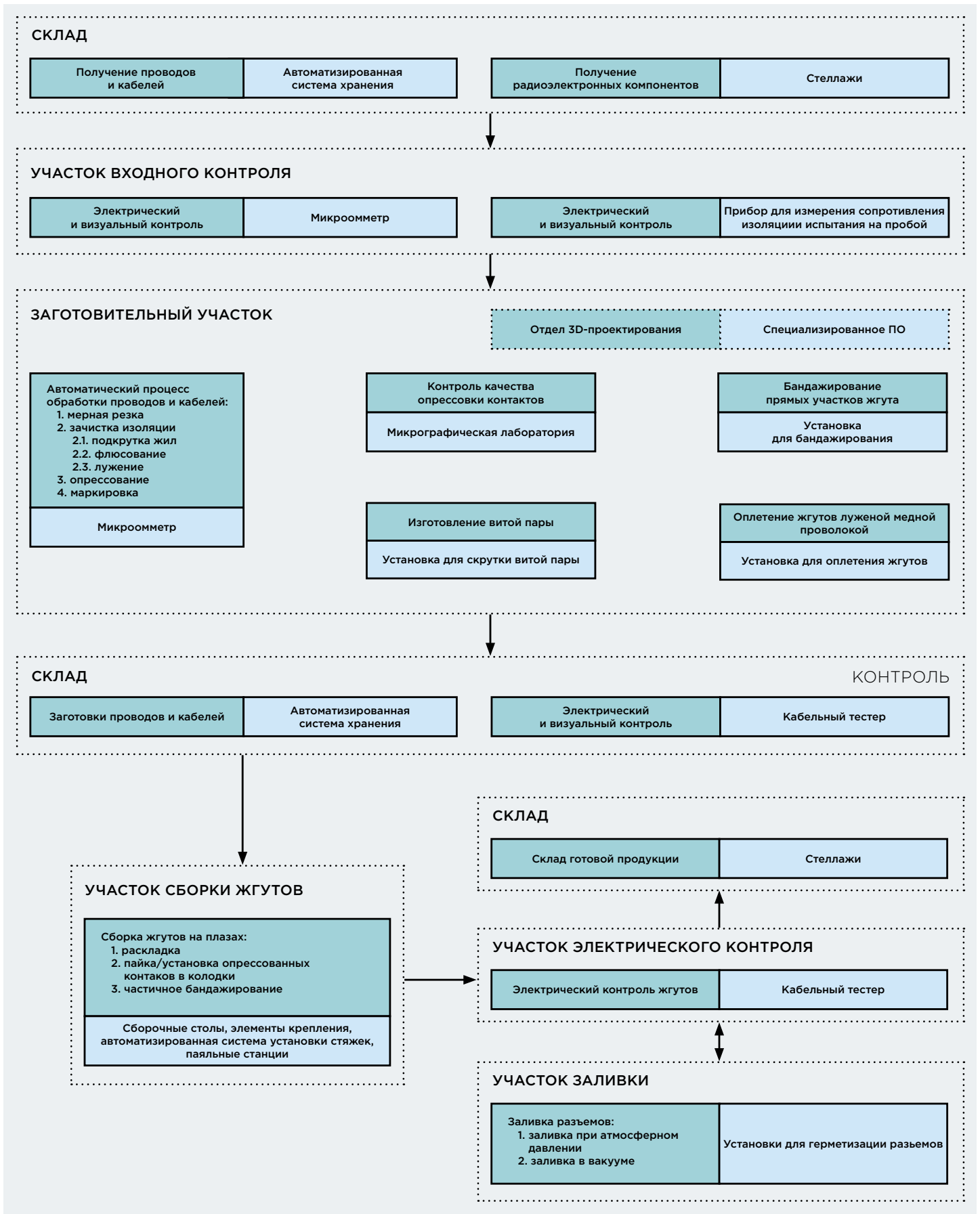
Большинство руководителей и технических специалистов понимают, что изменения технологии производства жгутов необходимы и неизбежны. Более того, у многих имеется общее представление об организации конкретных технологических этапов. Однако не все понимают, как должно быть организовано жгутовое производство с точки зрения соответствия современным требованиям. В статье мы представим концепцию изменения существующего технологического процесса производства проводных сборок.

Следует отметить, что при создании современного жгутового производства невозможно напрямую скопировать опыт зарубежных стран. Это обусловлено рядом факторов, таких как:

- использование проводов, кабелей, контактов и других материалов, отличных от используемых в отечественном производстве;
- требования и нормы КД (обработка проводов под пайку, требования к маркировке и т.д.);
- большая номенклатура жгутов и внутриблочных соединений при малой серии изделий.

**Ключевой момент: «сквозное» проектирование существенно сокращает пресловутый разрыв между конструкторами и технологами.**





Представленная концепция технологического процесса основана на адаптации достижений зарубежных компаний к российским реалиям. В результате гарантируется:

- высокий уровень автоматизации;
- снижение трудоемкости производства;
- уменьшение (иногда сведение к нулю) влияния человеческого фактора;
- обеспечение высокого и контролируемого уровня качества изделий.

Любой технологический процесс начинается с проектирования. К сожалению, на большинстве предприятий проектированию жгутов не уделяется должного внимания. Причина — исторически принято проектировать само изделие, но не входящий в его состав жгут, хотя именно на этапе проектирования можно решить ряд задач, которые помогут избежать появления возможных проблем и ошибок на последующих этапах рис 3.

Применение современных систем проектирования позволяет:

- сократить время на проектирование для конструкторов и разработчиков;
- разложить жгут в 3D формате и построить его оптимальную геометрию в готовом изделии;
- параллельно проектировать механические узлы изделия и жгутовых сборок;
- обеспечить единое информационное поле от конструкторов-разработчиков до операторов, работающих на автоматических линиях, и монтажников, осуществляющих сборку жгутов;
- сократить временные затраты на этапах подготовки производства жгутов.

Современные системы проектирования уже на этапе разработки изделий помогут выявить «узкие» технологические места.

Необходимо отметить, что языки программирования

становятся все более универсальными. Иными словами, формат данных, созданных при проектировании жгута, позволяет загрузить их в качестве задания для автоматических машин по обработке провода (нарезка точной длины, зачистка по строго определенным размерам и т.д.).

После проектирования начинается собственно процесс производства жгута.

Схематически технологический процесс представлен на рис 4.

Рассмотрим более подробно этапы жгутового производства.

**Склад.** При новом подходе к организации жгутового производства особое внимание необходимо уделить складскому хозяйству. При правильной организации склада поступающие на хранение провода, кабели и радиоэлектронные элементы подлежат идентификации с помощью этикеток со штрих-кодом и дублирующими символами. Все перемещения складской номенклатуры фиксируются путем считывания сканером соответствующих штрих-кодов. Это позволяет обеспечить постоянный контроль наличия на складе всех типов материалов и оперативный учет движения номенклатуры и комплектующих.

Другая важная составляющая организации складского хозяйства — это обеспечение входного контроля проводной продукции. Для минимизации риска попадания бракованных проводов и кабелей в основное производство необходимо контролировать такие параметры, как:

- сопротивление проводов, кабелей с точностью до мОм;
- мельчайшие дефекты в изоляции.

Сегодня для предприятий доступны системы контроля сопротивления изоляции и испытаний на пробой рис 5.

Проблема контрафактной и низкокачественной продукции не обошла стороной и рынок проводов





6  
Автоматическая линия обработки провода

и кабелей. Зачастую в производство попадают материалы с более тонкой изоляцией и меньшим количеством токопроводящих жил, что не соответствует ни ТУ, ни ГОСТам. Применение таких материалов повышает риски выпуска некачественной продукции независимо от того, как будет организован дальнейший технологический процесс. Обнаружение дефекта до начала обработки провода позволяет существенно сократить время и затраты на поиск дефекта на последующих стадиях производства или в готовом изделии.

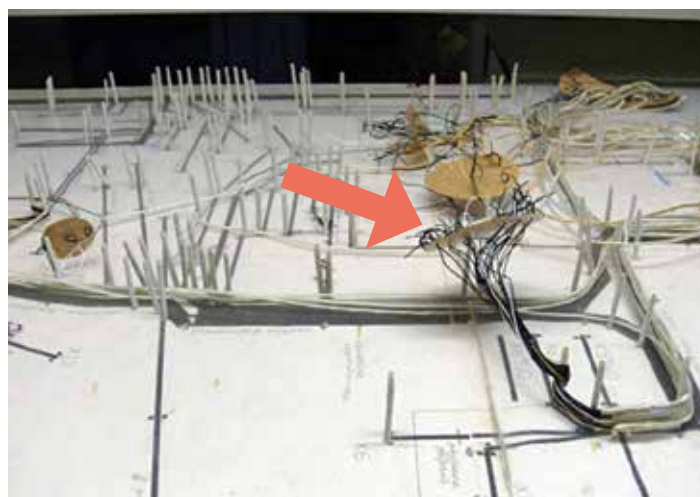
**Заготовительный участок.** В основе заготовительного участка должна находиться автоматизированная линия рис. 6, позволяющая осуществлять следующие операции:

- автоматическую подачу провода из различных катушек/бухт в соответствии с утвержденным заданием;
- мерную резку провода;
- зачистку изоляции провода с одной или двух сторон;
- подкрутку жил провода с одной или двух сторон;
- флюсование с одной или двух сторон;
- лужение жил провода с одной или двух сторон;
- встроенный автоматический контроль наличия дефектов в изоляции провода с автоматическим удалением данного участка провода из процесса обработки;
- маркировку концов обработанных проводов (штрих-код + символы).

На заготовительном участке также могут быть применены полуавтоматические машины, каждая из которых включает в себя часть описанного выше функционала. Дополнительно заготовительный участок следует оснастить установками для изготовления витой пары,

машинами оплетения готовых жгутов луженой медной проволокой (что заменяет процесс протягивания жгутов через оплетку), оборудованием предварительного лужения разъемов и отмывки разъемов после лужения и т.д.

Необходимость создания полноценного заготовительного участка объясняется, в том числе и экономией расходных материалов. Согласно имеющейся устаревшей технологии раскладка проводов на плазе осуществляется оператором по месту с катушки или бухты с припуском для дальнейшей обработки рис. 7. «Лишние» концы проводов в процессе сборки отрезают и выбрасывают. Практика показывает, что отходы, получаемые в результате применения данной технологии, составляют до 30%. В масштабах предприятия это колоссальный перерасход материалов.



7  
Припуск для дальнейшей «обработки»



8  
Сканер штрих-кодов для обеспечения прослеживаемости

**Сборка.** Применение в новом технологическом процессе систем прослеживаемости значительно сокращает время идентификации проводов и снижает вероятность ошибки до минимума. Монтажник/сборщик идентифицирует каждый провод с помощью сканера штрих-кодов и раскладывает заранее обработанные провода по структуре жгута в соответствии с требованиями КД РИС 8.

Дополнительными элементами, обеспечивающими целостность провода и удобство оператора при сборке, являются современные держатели проводов. Данные приспособления в отличие от гвоздей и фанеры существенно упрощают процесс сборки и позволяют легко формировать структуру жгута над плазом РИС 9.

Контроль электрических параметров является неотъемлемой частью технологического процесса. Если в технологии производства жгутовых изделий заложена операция заливки разъемов, целесообразно проводить контроль электрических параметров как до процесса заливки, так и после. Здесь также срабатывает правило: «Чем раньше локализован дефект, тем проще и дешевле его устранить».

Рассматривая концепцию изменения технологического процесса производства и сборки жгутов, стоит отметить, что это комплексная задача, которая требует не только точечной автоматизации и внесения единичных изменений, но и новых подходов к организации всей цепочки, начиная от проектирования и складирования и заканчивая контролем. Накопленный опыт



9  
Современные держатели провода при сборке жгута

позволяет говорить о возможности внесения изменений в технологический процесс в сжатые сроки. Благодаря этим изменениям в жгутовом производстве повысится уровень автоматизации производственных процессов. Это позволит снизить трудоемкость изготовления жгутовых сборок, минимизировать влияние человеческого фактора и повысить качество выпускаемой продукции. Кроме того, появится возможность обработки проводов малых сечений.

В организационном плане такие изменения позволяют:

- сократить время на проектирование изделий и подготовку производства;
- повысить технологичность жгутовых изделий;
- обеспечить прослеживаемость технологического процесса;
- устранить дефекты на ранних этапах технологического процесса.

**Мероприятия по модернизации производства жгутов обеспечат технологический задел на долгосрочную перспективу и позволят вывести жгутовое производство на современный передовой уровень.** ▢

# Современные тенденции развития сборочно-монтажных производств аппаратуры специального назначения



Текст: Евгений Липкин

Хотя об инновациях в области организации сборочно-монтажных производств говорится реже, чем о микро- и нанотехнологиях, здесь происходят существенные изменения. Эти изменения коренным образом влияют на данную часть технологического процесса производства радиоэлектронной аппаратуры.

Если обобщить, то изменения происходят по следующим основным направлениям:

- технологическая эволюция в сторону микроэлектроники;
- повышение степени автоматизации производств за счет автоматизации установки компонентов, монтируемых в отверстия;
- уменьшение влияния человеческого фактора на контроль качества продукции и соответствие технологического процесса.

Рассмотрим более подробно эти направления.

## Технологическая эволюция в сторону микроэлектроники

В этой области происходит не только лавинообразный процесс миниатюризации компонентов, но и внедрение технологий микроэлектроники в единый с технологией поверхностного монтажа цикл. В частности, речь идет о монтаже бескорпусных микросхем — Chip-On-Board, Flip-Chip рис 1.

По данным компании Murata Manufacturing уже сегодня объем производства керамических конденсаторов размерами 01005 рис 2 составляет весомую долю в глобальном объеме потребления.

В 2012 году Murata Manufacturing начала производство компонентов существенно меньших, чем 01005, их размер — 100x200 мкм. Данные технологические реалии привели к изменению требований к оборудованию для поверхностного монтажа.

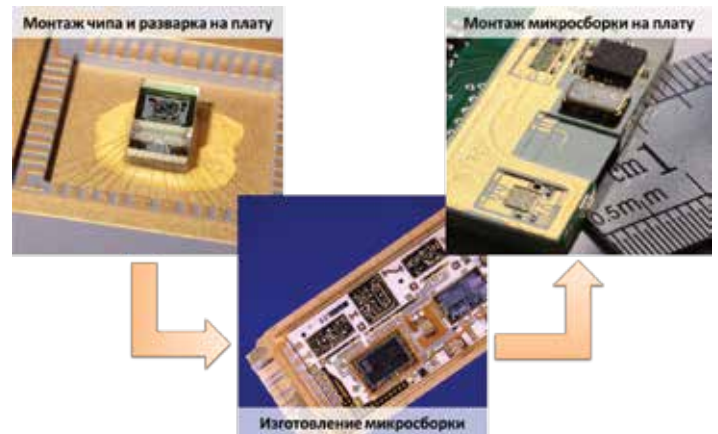
## Повышение степени автоматизации производств за счет автоматизации установки компонентов, монтируемых в отверстия

Полная автоматизация установки радиоэлектронных компонентов при сборке печатных узлов для техники специального назначения долго считалась невозможной. Это было обусловлено, в первую очередь, тем, что доля поверхностно-монтируемых компонентов была невысока, всегда присутствовали компоненты, монтируемые в отверстия, а также нестандартные компоненты, для монтажа которых не было эффективного решения по автоматизации. К таким проблемным компонентам относятся, например, разъемы, радиочастотные экраны, габаритные компоненты и т.д. рис 3.

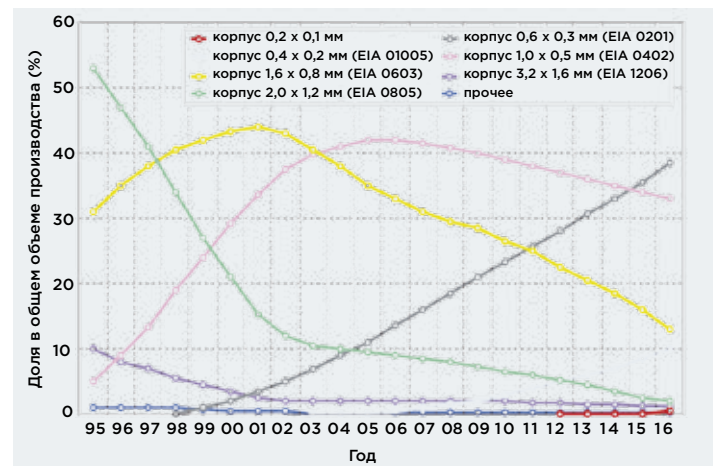
Т 1

Технические требования к оборудованию, вызванные технологической эволюцией

ТИП ОБОРУДОВАНИЯ/ ХАРАКТЕРИСТИКА	СТАРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ	НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ	КОММЕНТАРИЙ
<b>Дозатор паяльной пасты</b>			
- Минимальный диаметр дозы	350 мкм	150-250 мкм	Уменьшение размеров контактных площадок и шага выводов компонентов
- Возможность нанесения герметиков Underfill	Не требовалось	Требуется	Уменьшение площади контактирования выводов компонентов с печатной платой приводит к увеличению вероятности отрыва при механических нагрузках. Герметизация Underfill обеспечивает дополнительные механические свойства
<b>Автомат установки компонентов</b>			
- Возможность установки бескорпусных микросхем	Не требовалось	Требуется	Расширение применения бескорпусных микросхем
- Контроль усилия прижима компонента к плате	Не требовалось	Требуется	Бескорпусные компоненты подвержены механическим повреждениям при монтаже на плату/подложку



1 Пример применения технологии Chip-On-Board



2 Объем производства керамических конденсаторов. Данные с сайта компании Murata Manufacturing (ссылка <http://www.murata.com/products/article/pp09e1/3.html>)



3  
Компоненты, ранее не подлежащие автоматическому монтажу



Все это приводило к тому, что автоматизировалась лишь часть технологических операций, а доля ручного монтажа была высока. В итоге высокая трудоемкость и нестабильность качества «ручных» операций сказывались на себестоимости сборки.

Было необходимо решение, позволяющее существенно сократить долю операций, выполняемых вручную. Для этого требовалось автоматизировать установку на плату нестандартных компонентов и компонентов, монтируемых в отверстия. Сегодня производители автоматов установки компонентов работают над решением данной задачи. Например, в модельном ряду автоматов установки компонентов компании Samsung Techwin задачи автоматизации

монтажа нестандартных и штыревых компонентов решает установка SM-451. Она уже работает на ряде отечественных предприятий, производящих технику специального назначения.

Автомат обладает принципиальными конструктивными особенностями. Схема ключевых отличий от автоматов установки поверхностно-монтируемых компонентов показана на рис 4

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

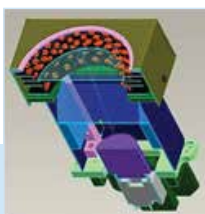
Внедрение автомата, позволяющего осуществлять монтаж штыревых компонентов, позволит для ряда изделий изменить технологический процесс сборки плат и снизить себестоимость. Схема классического процесса

4  
Технические решения автомата SM-451, позволяющие устанавливать нестандартные и штыревые компоненты



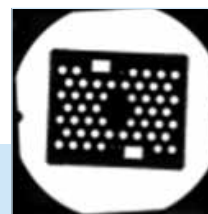
##### Установочная головка

- Возможность использования специальных механических захватов
- Возможность автоматической смены механических захватов в процессе сборки
- Программируемое усилие установки (от 0,1 до 50 Н)
- Возможность установки компонентов высотой до 28 мм



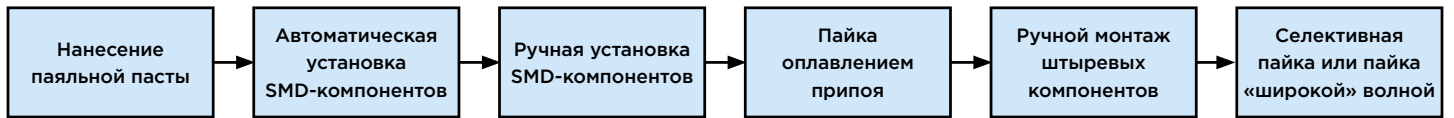
##### Система технического зрения

- Эффективное распознавание выводов штыревых компонентов
- Функция контроля деформации выводов штыревых компонентов

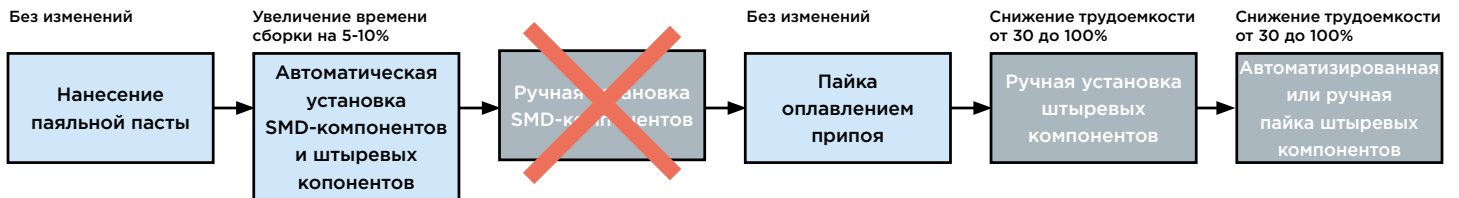


##### Программное обеспечение

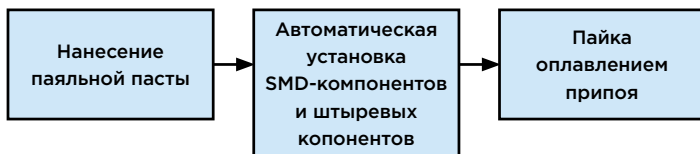
- Функция автоматического распознавания нестандартных компонентов (POLYGON)



5 Классический технологический процесс сборки



6 Изменения в технологическом процессе после внедрения автомата SM-451



7 Оптимальный процесс сборки

сборки (на примере одностороннего печатного узла) проиллюстрирована на рис 5.

После внедрения автомата SM-451 можно получить следующие изменения технологического процесса рис 6.

Во-первых, существенно снизится трудоемкость по установке и пайке штыревых компонентов. Это очень важно, так как мы оптимизируем самые трудоемкие и дорогостоящие (с точки зрения себестоимости) операции. Во-вторых, мы можем полностью отказаться от операции ручной установки компонентов перед пайкой в печи оплавления благодаря встроенным возможностям по распознаванию и установке нестандартных компонентов. А это, опять-таки, ручной труд со всеми вытекающими проблемами. Незначительное увеличение цикла сборки на автомате установки компонентов, которое вызвано установкой штыревых и нестандартных компонентов, является незначительным минусом и с запасом перекрывается всеми плюсами данного способа автоматизации сборки.

В случае, когда изделия разработаны с учетом возможностей автомата, можно получить оптимальный процесс сборки рис 7 без ручных операций и волновой или селективной пайки.

## Сокращение влияние человеческого фактора на контроль качества продукции и соответствие технологического процесса

Выделим две взаимосвязанные тенденции:

- активное применение средств автоматического контроля качества;
- автоматизация мониторинга технологического процесса.

### АКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Уменьшающиеся размеры компонентов, сокращение шага выводов и увеличение количества соединений на одном изделии привели к тому, что решение задач контроля, пусть и вооруженным, но все-таки человеческим глазом, стало неэффективным, трудоемким и, самое главное, перестало гарантировать результат.

В результате, логичной стала массовая автоматизация операций контроля качества и внедрение автоматических средств на различных этапах производственного процесса: от входного контроля качества комплектующих до выходного контроля качества готовых изделий рис 8.





8

Переход от контроля качества человеком к контролю качества установкой автоматической оптической инспекции

На сегодняшний день в сборочном производстве используются следующие типы автоматизированного контроля качества:

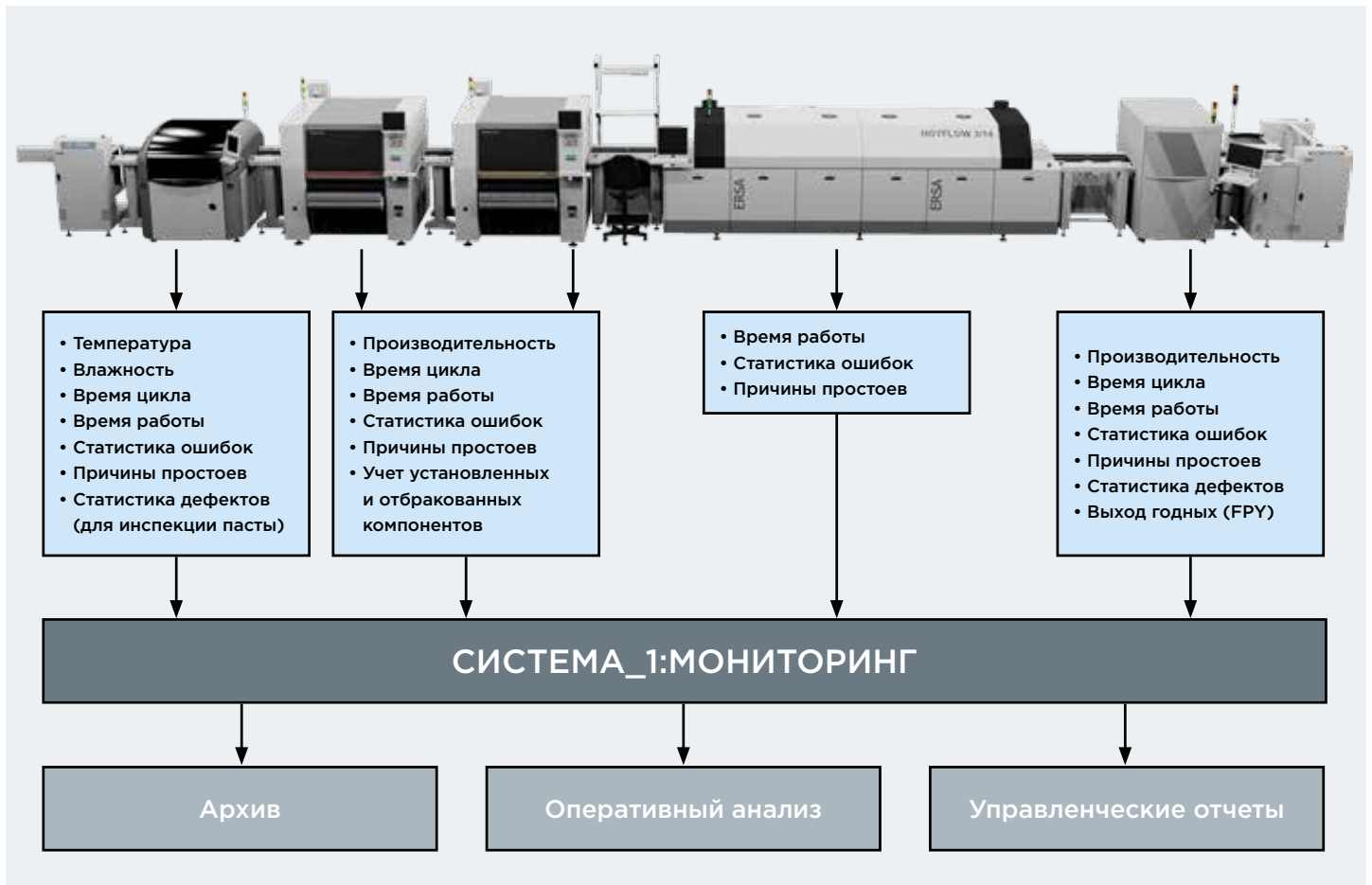
- автоматизированный рентгеновский контроль компонентов, печатных плат, собранных печатных узлов;
- электрический контроль компонентов, печатных плат и собранных печатных узлов;
- автоматический оптический контроль качества нанесения паяльной пасты (крайне целесообразно перед установкой дорогостоящих микросхем с малым шагом);
- автоматический оптический контроль качества разварки кристалла на подложку (например, при применении технологии Chip-On-Board);
- автоматический оптический контроль собранных печатных узлов.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Чтобы добиться на выходе меньшего количества дефектов, необходимо обеспечить корректность технологического процесса. И снова мы сталкиваемся с человеческим фактором. Риск человеческой ошибки и недосмотра может привести с существенным финансовым затратам и потере времени из-за выпуска некачественной продукции.

Для исключения человеческого фактора все активнее используются автоматизированные комплексы мониторинга и управления технологическим процессом. Например, программно-аппаратный комплекс Система\_1:Мониторинг позволяет осуществлять автоматизированный надзор за технологическими процессами.

В основе Системы\_1:Мониторинг лежит процесс сбора информации с технологического оборудования и рабочих мест рис 9. Далее полученная информация обрабатывается и преобразуется в отчет для принятия управленческих решений.



9

Процесс сбора и обработки информации с технологического оборудования и рабочих мест

Комплекс СИСТЕМА\_1:МОНИТОРИНГ реализует следующие функции:

- мониторинг и анализ эффективности использования оборудования в режиме реального времени;
- автоматический анализ причин простоев оборудования и снижения общей производительности;
- автоматическое оповещение о внештатных ситуациях (рост уровня дефектности, предпосылки к появлению дефектов, длительный простой оборудования и т.д.) в режиме реального времени;
- составление управленческих отчетов согласно пожеланиям пользователей;
- анализ статистики дефектов в режиме реального времени;
- возможность автоматической остановки технологического оборудования в случае резкого увеличения числа дефектов (опционально);
- доступ к системе через сеть интернет с возможностью удаленного мониторинга производства, например, через планшетный компьютер.

**В статье мы постарались отразить те изменения в области развития производства радиоэлектронной аппаратуры специального назначения, которые влияют на требования к организации производственного процесса. С учетом того, что для грамотного построения производства требуются существенные инвестиции в основные фонды, внимание к происходящим изменениям позволяет сделать правильный выбор оборудования и средств автоматизации, тем самым обеспечив конкурентоспособность.** ▣



НАПРАВЛЕНИЕ  
РАЗВИТИЯ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
И ПРИКЛАДНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

через



лет

**студенты будут иметь дело с технологиями, которые еще не созданы.**

**Дать им нужное для этого образование мы помогаем уже сейчас**

Технологии, которые завтра будут в цехах, сегодня – в головах разработчиков. Но к моменту, когда они будут созданы, понадобятся люди, которые смогут их использовать и развивать. Мы заботимся о том, чтобы такие специалисты появились вовремя. В партнерстве с отечественными предприятиями, учебными заведениями и зарубежными

исследовательскими центрами мы развиваем научно-образовательные центры, научные и учебно-производственные лаборатории, поддерживаем прикладные исследования в вузах, внедряем перспективные разработки в области электроники в производство. Мы не ждем, когда наступит будущее, мы его создаем.

УЗНАЙТЕ БОЛЬШЕ



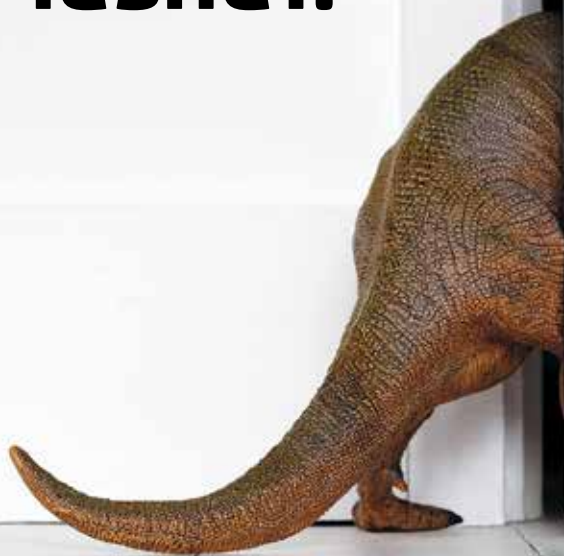
Тел.: (495) 788-44-44  
info@ostec-group.ru



будущее  
создается

[www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru)

# через 10 лет производство исчезнет.



В том виде,  
каким вы знаете  
его сейчас

Скорость преобразования технологий растет с каждым днем. Наш сегодняшний опыт отличается от условий, в которых 20 лет назад создавалась компания Остек, так же как они отличались от условий, существовавших за 50 лет до этого. Работать в таком темпе трудно, но очень увлекательно и главное — единственно верно с точки зрения конкурентных перспектив. Именно это мы и помогаем делать нашим клиентам, обеспечивая комплексное развитие высокоэффективных производств передовой техники. Ведь успеха в будущем достигает тот, кто его создает, а не ждет, пока оно наступит.

УЗНАЙТЕ БОЛЬШЕ



Тел.: (495) 788-44-44  
info@ostec-group.ru



будущее  
создается

[www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru)