

01 (41) март 2019

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал



## КАЧЕСТВО

Антон Генцелев

14

ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА  
НА ПРОИЗВОДСТВЕ. ЧАСТЬ 2



## ОПТИМИЗАЦИЯ

Юрий Смирнов

36

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ  
ПРОДУКТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОИЗВОДСТВОМ



## ТЕХПОДДЕРЖКА

Арсений Ликий

56

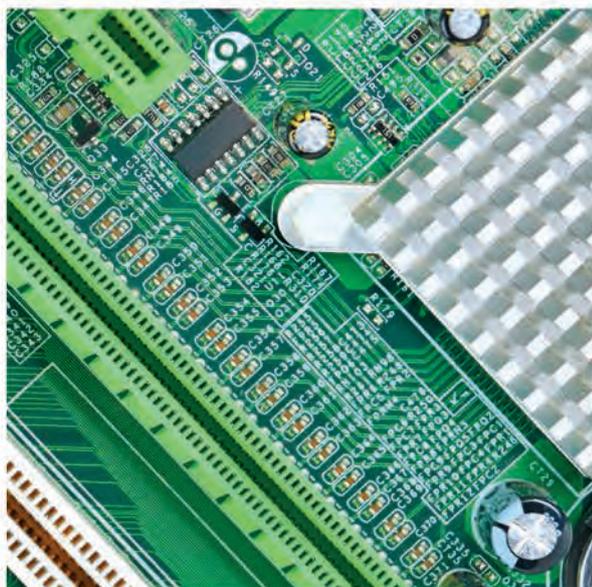
ФЕРРИТОВАЯ ПРОБЛЕМА:  
КАК ПРОВЕРИТЬ КОЛЬЦО  
ЛЕГИТИМНЫМ МЕТОДОМ



Выставки **ExpoElectronica & ElectronTechExpo** охватывают весь цикл производства электроники — от процесса производства микросхем до готовых изделий

**15–17**  
**апреля 2019**

Москва  
Крокус Экспо



Участники:

**431** из 14 стран

Посетители:

**11 073**

из 66 регионов  
России

Получите бесплатный билет  
по промокоду **ee19pEEKK**



Организатор  
Группа компаний ITE  
+7 (499) 750-08-28  
electron@ite-russia.ru

[expoelectronica.ru](http://expoelectronica.ru)  
[electrontechexpo.ru](http://electrontechexpo.ru)



### *Уважаемые читатели!*

У профессора Ярославского университета Александра Прохорова есть интересная книга – «Русская модель управления». Главная мысль, которую проводит автор: русская модель чрезвычайно неэффективна, но результативна. Прохоров подтверждает этот тезис историческими примерами, когда ради достижения какой-то цели в топку бросали колоссальные ресурсы, включая миллионы человеческих жизней. Результат выливался в огромные потери из серии «мы за ценой не постоим».

Автор утверждает, что «В нашей стране мало нарисовать на бумаге оптимальную структуру управления, разработать «правильные» должностные инструкции, положения о стимулировании и уставы, которые идеально соответствовали бы реалиям сегодняшнего дня. Они все равно устареют уже к моменту их создания», а в нашем характере «жить не по писанным инструкциям, умение действовать по ситуации есть новаторство или, как принято говорить сейчас, креативность».

В противоположность в современной концепции «Индустрия 4.0» предприятие – это цифровая экосистема, в которой физические процессы интегрированы в единое информационное пространство. Такая

интеграция требует стандартизации всех бизнес-процессов, всех цепочек создания стоимости предприятия. Подтверждение мы можем найти в недавно вышедшем отчете Делойт «Промышленность 4.0: готовы ли производственные компании». Согласно отчету, основной к внедрению технологией на отечественных предприятиях является полная автоматизация отдельных бизнес-процессов – 55 % ответов респондентов.

Не разобьётся ли горячая тема Индустрии 4.0 об отечественные культурные особенности? Может стоит попытаться изобрести свой «третий путь»? Или внедрению Индустрии 4.0 в отечестве поможет полное исключение человеческого фактора, то есть полная роботизация. Как в замечательной песне Юрия Энтина из к/ф «Приключения Электроника»: «Позабыты хлопоты, остановлен бег, вкальвают роботы, а не человек»!

А как вы считаете, разобьются ли начинания Индустрии 4.0 об особенности «русской модели управления»? Приходите на выставку ЭлектронТехЭкспо 2019 – обсудим!

**Антон Большаков,  
директор по маркетингу**

# В НОМЕРЕ

## НОВОСТИ

- 
- 4 СТЕНД ОСТЕКА – РЕАЛЬНОСТЬ ЗАМЫСЛОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ
  - 5 КОНФЕРЕНЦИЯ, ПОСВЯЩЕННАЯ ОНЛАЙН-ИНСТРУМЕНТАМ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
  - 5 СКАНЕР SRXFLEX – НОВИНКА ЦЕНТРА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ6 РЕГИСТРАЦИЯ ТОВАРНОГО ЗНАКА НА СОБСТВЕННУЮ РАЗРАБОТКУ
  - 6 ИТОГИ СЕМИНАРА, ПРОВЕДЕННОГО ОСТЕК-ЭЛЕКТРО В ОФИСЕ ГК ОСТЕК
  - 7 ГК ОСТЕК ОТКРЫВАЕТ ЗАПИСЬ НА ТРЕНИНГ ПО СТАНДАРТУ IPC-A-610
  - 7 ОСТЕК-ТЕСТ – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ ТОРГОВОГО ЗНАКА «ИДЕАЛАБ»
- 



ТЕХНОЛОГИИ стр. 4

## ТЕХНОЛОГИИ

**ОПЫТ 3D-ПЕЧАТИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛНОВОДНЫХ СВЧ-ТРАКТОВ И РУПОРНЫХ АНТЕНН ДИАПАЗОНА 8,5-31 ГГц . . . . 8**

Авторы: Александр Ермаков, Виктор Калиничев, Антон Нисан, Глеб Потапов, Елена Фролова

**БЫВАЮТ ЛИ ОСЦИЛЛОГРАФЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ? . . . . . 14**

Авторы: Алексей Шостак, Дмитрий Кондрашов, Эйке Сутау, Маттиас Крейтлоу



КАЧЕСТВО стр. 26

## КАЧЕСТВО

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА НА ПРОИЗВОДСТВЕ. ЧАСТЬ 2 . . . . . 18**

Авторы: Василий Афанасьев, Антон Генцелев

**ЛАБОРАТОРИЯ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОНИКИ . . . . . 24**

Авторы: Аркадий Медведев, Аркадий Сержантов

**УМНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ: ИСПЫТАНИЯ ПОД КОНТРОЛЕМ ИДЕАЛАБ . . . 30**

Авторы: Дмитрий Groшиков, Василий Рыбалко

## ОПТИМИЗАЦИЯ

**РУЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 4.0 – НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РУЧНОГО ТРУДА . . . . . 34**

Автор: Роман Лыско

## АВТОРЫ НОМЕРА



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 30



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 48

- Александр Ермаков**  
Начальник сектора  
ПАО «НПО «Алмаз» ОКБ ЛЭМЗ
- Виктор Калинин**  
к.т.н., старший научный сотрудник  
лаборатории электродинамики  
ИРЭ РАН
- Антон Нисан**  
к.т.н., начальник отдела технической  
поддержки и разработки  
ООО «Остек-СМТ»  
3d@ostec-group.ru
- Глеб Потапов**  
Ведущий инженер лаборатории  
аддитивного производства  
ООО «Остек-СМТ»  
3d@ostec-group.ru
- Елена Фролова**  
Научный сотрудник лаборатории  
электродинамики  
ИРЭ РАН
- Алексей Шостак**  
специалист технического  
сопровождения группы волновых  
процессов  
ООО «Остек-Электро»  
ostecelectro@ostec-group.ru
- Дмитрий Кондрашов**  
Начальник группы волновых процессов  
ООО «Остек-Электро»  
ostecelectro@ostec-group.ru
- Эйке Сутау**  
Технический директор  
Lumiloop GmbH
- Маттиас Крейтлоу**  
НИИ защитных технологий и защиты  
от ОМП Бундесвера
- Антон Генцелев**  
Главный специалист Центра технологий  
и инноваций  
ООО «Остек-СМТ»  
lines@ostec-group.ru
- Аркадий Медведев**  
Начальник отдела научных разработок  
ООО «Остек-СТ»  
ost@ostec-group.ru
- Аркадий Сержантов**  
Главный технолог  
ООО «Остек-СТ»  
ost@ostec-group.ru
- Дмитрий Грошиков**  
Ведущий сервис-инженер отдела  
аттестации и сервиса  
ООО «Остек-Тест»  
test@ostec-group.ru
- Василий Рыбалко**  
Технический директор  
ООО «Остек-Тест»  
test@ostec-group.ru
- Роман Лыско**  
Начальник отдела автоматизации  
рабочих мест  
ООО «Остек-СМТ»  
urm@ostec-group.ru
- Юрий Смирнов**  
Генеральный директор  
ООО «Остек-Инжиниринг»  
okp1@ostec-group.ru
- Николай Желясков**  
Начальник группы управления  
мероприятиями  
ООО Предприятие Остек  
marketing@ostec-group.ru
- Сергей Максимов**  
Старший специалист группы  
технической микроскопии  
ООО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru
- Андрей Ляпин**  
Главный специалист отдела  
неразрушающего контроля и научно-  
исследовательского оборудования  
ООО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru
- Александр Фролов**  
Начальник группы технической  
микроскопии  
ООО «Остек-АртТул»  
info@arttool.ru
- Арсений Ликий**  
Ведущий специалист конструкторского  
отдела  
ООО «Остек-Электро»  
ostecelectro@ostec-group.ru

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ПРИМЕРЕ ЦСУП . . . . . 38

Автор: Юрий Смирнов

### КАК ПОЛУЧАТЬ ОТ ВЫСТАВОК БОЛЬШЕ?. . . . . 44

Автор: Николай Желясков

## ТЕХПОДДЕРЖКА

### ТЕХНИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ И АНАЛИЗ НА ВЫСТАВКЕ ЭЛЕКТРОНТЕХЭКСПО . . . . . 52

Авторы: Сергей Максимов, Андрей Ляпин, Александр Фролов

### ФЕРРИТОВАЯ ПРОБЛЕМА: КАК ПРОВЕРИТЬ КОЛЬЦО ЛЕГИТИМНЫМ МЕТОДОМ . . . . . 58

Автор: Арсений Ликий

# НОВОСТИ



## СТЕНД ОСТЕКА – РЕАЛЬНОСТЬ ЗАМЫСЛОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ

С 15 по 17 апреля приглашаем вас посетить стенды Группы компаний Остек на 17-й Международной выставке технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности «ЭлектронТехЭкспо 2019», которая пройдет в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо».

В этом году мы подготовили для наших посетителей много интересного и нового из мира современных технологических решений и технологий будущего:

- за считанные минуты вы попадете на цифровое сборочно-монтажное производство;
- впервые увидите самые актуальные новинки оборудования тех-



нической микроскопии и анализа;

- узнаете о наших новых направлениях, инновационных продуктах и собственных разработках;
- получите консультации специалистов всех направлений отрасли.

Вся актуальная информация о выставке – на нашем сайте [www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru), а также в официальных пабликах Остека в Facebook [www.facebook.com/ostec.group](https://www.facebook.com/ostec.group), ВКонтакте [vk.com/ostec\\_group](https://vk.com/ostec_group) и Instagram [www.instagram.com/ostec\\_group](https://www.instagram.com/ostec_group).

Для получения бесплатного входного билета введите промокод **ee19pEKK** на сайте <http://www.electrontechexpo.ru/ru-RU/visitors/get-ticket.aspx>

Без промокода стоимость билета составляет:

в кассе – 800 рублей  
на сайте – 400 рублей

**Будем рады видеть вас на наших стендах!**



### Как проехать на выставку:

Станция метро «Мякинино», выходы к павильонам выставочного центра.

На автомобиле: пересечение МКАД (внешняя сторона, 66 км) и Волоколамского шоссе.

### Как нас найти на выставке:

Павильон № 3, зал № 13, стенд B507.



## КОНФЕРЕНЦИЯ, ПОСВЯЩЕННАЯ ОНЛАЙН- ИНСТРУМЕНТАМ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

15 апреля 2019 года с 16:00 до 17:00 часов в рамках выставки пройдет конференция ФГУП «МНИИРИП» «Онлайн-инструменты радиоэлектронной промышленности. Модернизация подходов к обеспечению применения ЭКБ ОП».

Место проведения:  
**Conference Hall № 1 (зал 12).**

Многофункциональный центр радиоэлектроники в режиме «одного окна» интегрирует онлайн-инструменты, создаваемые отраслью.

По сути, создается платформа, объединяющая силы единомышленников отрасли для развития открытого и прозрачного рынка отечественной радиоэлектроники. На конференции будет дан подробный обзор таких онлайн-платформ как торгово-информационная площадка «ЭКБ МАРКЕТ» и «Интегрированный испытательный центр».

Торгово-информационная площадка «ЭКБ МАРКЕТ» предоставляет удобный и простой доступ к базе отечественных компонентов, упрощает заказ партий любого объема, способствует сокращению сроков поставки, обеспечивает поиск и параметрическое сравнение компонентов по ключевым техническим характеристикам, делает удобным их применение при проектировании и производстве аппарату-



ры за счёт наличия конструкторских библиотек для САПР.

Сервис «Интегрированный испытательный центр» позволяет подобрать испытательный центр, обеспечивающий оптимальные условия испытания ЭКБ в полном объеме с гарантированным результатом при наилучших условиях по качеству и стоимости услуг.

Также будут анонсированы основные вопросы, выносимые на ежегодную конференцию МНИИРИП, посвященную созданию многофункционального центра радиоэлектроники.

### Программа конференции:

- Создание многофункционального центра радиоэлектроники как единого отраслевого окна (докладчик: Павел Павлович Куцько).
- Онлайн-демонстрация функционала торгово-информационной площадки «ЭКБ МАРКЕТ» (докладчик: Антон Александрович Большаков).
- Онлайн-интегрированный испытательный центр – инструмент обеспечения оптимальных условий испытания ЭКБ в полном объеме (докладчик: Борис Сергеевич Подъяпольский).
- Ответы на вопросы.

<http://mniirip.ru/node/2151>

## СКАНЕР CRXFLEX – НОВИНКА ЦЕНТРА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОСТЕК-СМТ

CRxFlex работает с запоминающими пластинами – многократным аналогом рентгеновской плёнки. В качестве источника радиации при съемке на пластины могут использоваться рентгеновские аппараты или радиоизотопные источники гамма-излучения.

CRxFlex обладает более широким, чем у рентгеновской пленки, динамическим диапазоном и высоким соотношением сигнал-шум, что сокращает время экспозиции и обеспечивает высокую производительность. Широкий динамический диапазон позволяет контролировать большой разброс толщин за один снимок, делая сканер идеальным инструментом для проверки литых изделий и труб на наличие дефектов.

Сканер способен обрабатывать запоминающие пластины без выемки их из жестких защитных кассет, что существенно продлевает срок службы пластин. Благодаря специально разработанной оптике, размеру пикселя 50 мкм и размеру лазерного пятна 30 мкм CRxFlex гарантирует отличное качество изображения.

**Запись на демонстрацию:  
3d@ostec-group.ru**

## РЕГИСТРАЦИЯ ТОВАРНОГО ЗНАКА НА СОБСТВЕННУЮ РАЗРАБОТКУ

В январе 2019 года ООО «Остек-СМТ» зарегистрировало товарный знак «Умное рабочее место».

В документах, подтверждающих регистрацию, указано, что область действия товарного знака распространяется на следующие товары и услуги:

- программно-аппаратный комплекс для автоматизации ручного труда на производстве;
- установка и ремонт оборудования.

Программно-аппаратный комплекс «Умное рабочее место» – собственная разработка «Остек-СМТ». Сферы его применения: автоматизация и повышение эффективности ручных технологических операций прежде всего на радиоэлектронных производствах. Подробнее о комплексе читайте в статье «Ручное производство 4.0 – новая производственная концепция организации ручного труда»

[www.ostec-smt.ru/smart-workcentre/](http://www.ostec-smt.ru/smart-workcentre/)

## ИТОГИ СЕМИНАРА, ПРОВЕДЕННОГО ОСТЕК-ЭЛЕКТРО В ОФИСЕ ГК ОСТЕК

13 февраля 2019 года в головном офисе ГК Остек прошел практический семинар «Контроль качества изготовления радиоэлектронной и микроэлектронной продукции по электрическим параметрам в современных экономических условиях. Примеры оснащения предприятий, метрологическое и технологическое обеспечение».

Специалисты компании Остек-Электро рассказали о принципах организации электрического тестирования и входного контроля на предприятиях, производящих РЭА, представили решения для тестирования изделий микроэлектроники, а также решения для электрического контроля российского производства.

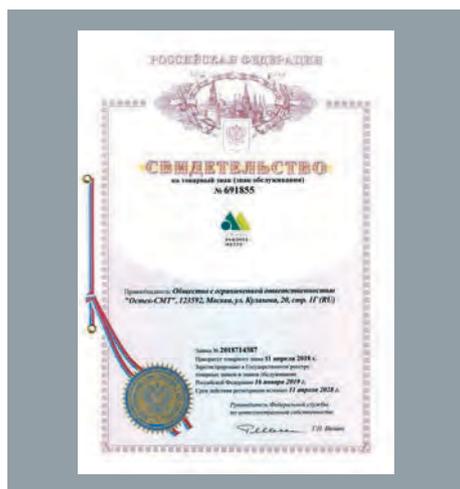
С докладами также выступили Алексей Иванов, руководитель JTAG Technologies Russia, и Артем Малахов, руководитель проектов ЦИФ МГУ.

В семинаре приняли участие более 70 человек. Особый интерес вызвали темы, связанные с наработанными подходами в области:

- внутрисхемного контроля печатных узлов;
- периферийного сканирования сложных цифровых устройств;
- входного контроля ЭКБ классическими и автоматизированными средствами;
- зондовых измерений на пластинах;
- собственных разработок ООО «Остек-Электро».

Отдельное внимание было уделено общепромышленной задаче повышения применения ЭКБ отечественного производства. Презентация торгово-информационной площадки МНИИРИП «ЭКБ МАРКЕТ» [ecbmarket.ru](http://ecbmarket.ru) вызвала живой интерес. В результате число зарегистрированных на площадке пользователей превысило 700 человек.

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



## ГК ОСТЕК ОТКРЫВАЕТ ЗАПИСЬ НА ТРЕНИНГ ПО СТАНДАРТУ IPC-A-610

Группа компаний Остек открывает запись на тренинг по стандарту IPC-A-610 «Критерии качества электронных сборок», который пройдет с 9 по 11 апреля 2019 г.

Тренинг предназначен для специалистов, непосредственно участвующих в процессе сборки и ремонта печатных узлов. Его основная задача – в сжатые сроки и максимально эффективно представить слушателям современные критерии качества в соответствии со стандартом и научить корректно применять изученные критерии качества в отечественном производстве во время ремонта печатных узлов, правильно выявлять дефекты печатных узлов для всех классов оборудования после основных операций сборки, при диагностике и выполнении ремонта.

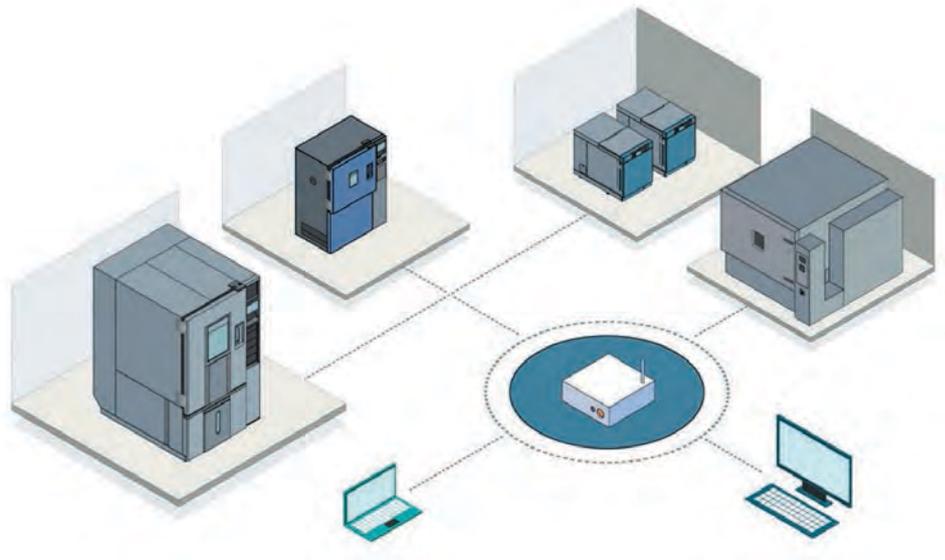
Практические занятия проводятся под руководством сертифицированного тренера IPC с использованием лучших единиц современного оборудования и образцов печатных узлов, содержащих различные дефекты. Мы предлагаем участникам привезти с собой печатные узлы для работы во время тренинга.

В процессе обучения участники ежедневно выполняют задания, а после окончания каждого модуля сдают два письменных экзамена

Участникам, успешно сдавшим экзамены, выдается международный сертификат специалиста по стандарту IPC-A-610 сроком действия 2 года.

Участие в тренинге платное!

**Подробная информация на сайте [www.ostec-materials.ru](http://www.ostec-materials.ru)**



## ОСТЕК-ТЕСТ – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРАВООБЛАДАТЕЛЬ ТОРГОВОГО ЗНАКА «ИДЕАЛАБ»

19 декабря 2018 г. ООО «Остек-Тест» получило официальное свидетельство о регистрации товарного знака «ИдеаЛаб»

«ИдеаЛаб» – система сбора данных (ССД), объединяющая все климатические камеры разных производителей в единую информационную сеть. Система реализует наглядный мониторинг всех параметров оборудования на одном ПК.

ССД «ИдеаЛаб» позволяет просматривать подробную информацию по каждой камере, находящейся в сети, с построением истории изменений, сохранять данные о режимах работы и текущем состоянии камеры в виде табличного файла.

Все данные, которые передаются внутри локальной сети с использованием «ИдеаЛаб», защищены криптозащитой. Оператор может сформировать и выгрузить отчет по форме СТП предприятия.

**Подробнее о системе «ИдеаЛаб» читайте в статье «Умная лаборатория: испытания под контролем ИдеаЛаб», стр. 30.**



# ТЕХНОЛОГИИ

## ОПЫТ 3D-ПЕЧАТИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛНОВОДНЫХ СВЧ-ТРАКТОВ И РУПОРНЫХ АНТЕНН ДИАПАЗОНА 8,5-31 ГГц

Текст: Александр Ермаков  
Виктор Калиничев  
Антон Нисан  
Глеб Потапов  
Елена Фролова

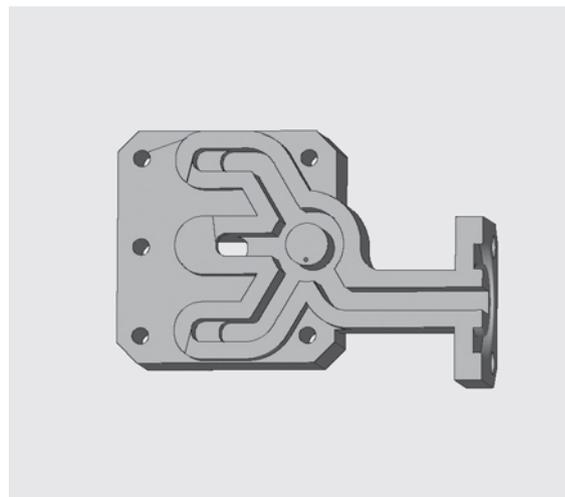


Год назад в статье «Печать металлопорошковыми композициями: возможности и перспективы применения в приборостроении»<sup>1</sup> мы рассказали о зарубежном опыте в данном направлении. В прошедшем году в лаборатории аддитивных технологий Центра развития технологий ООО «Остек-СМТ» появилась установка селективного лазерного сплавления Renishaw AM400 и периферийное оборудование к ней. Это дало нам возможность провести более 40 циклов печати из алюминиевого порошка: сначала из оригинального AlSi10Mg Renishaw, а с ноября – из аналогичного порошка АСП-45 производства ОК РУСАЛ. Существенную долю среди напечатанных деталей составили волноводы, фильтры, сумматоры, рупорные облучатели и другие элементы СВЧ-трактов. О некоторых из этих устройств, их электрических характеристиках в сравнении с традиционными аналогами, изготовленными механообработкой, мы расскажем в данной статье.

<sup>1</sup> «Вектор высоких технологий» № 2 (37) апрель 2018



1 Фотография напечатанного сумматора. Габаритные размеры 41×39×54 мм

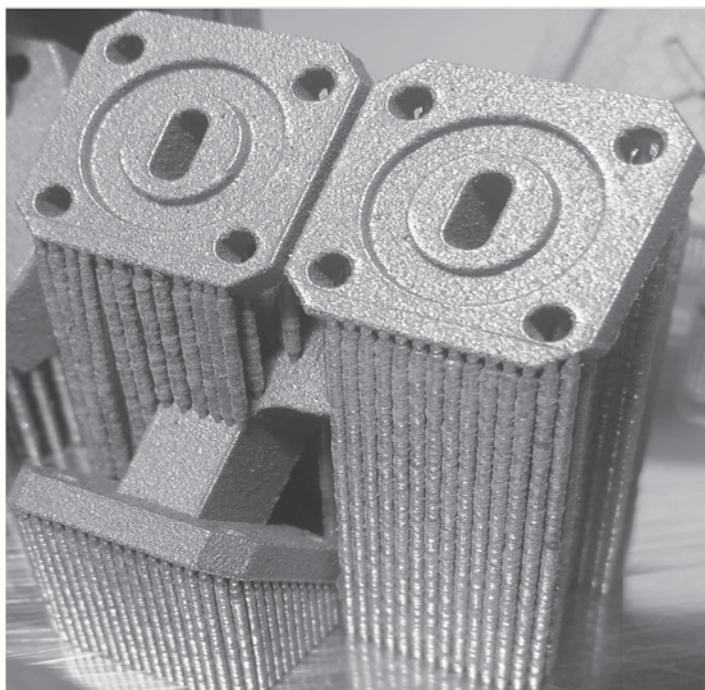


2 Форма каналов сумматора (разрез)

### Сумматор

Напечатанный по заказу АО НПО ЛЭМЗ сумматор с центральной рабочей частотой 28 ГГц предназначен для радиолокационных систем. На его входы 1 и 2 подаются исходные сигналы, на выходе 3 образуется сумма сигналов, на выходе 4 – их разность (рис 1 и 2). Сложная форма каналов сумматора не позволила изготовить его механообработкой целиком: фрезеровались две детали и соединялись на винтах. А напечатать сумматор можно целиком, исключая необходимость и трудоемкость сборки.

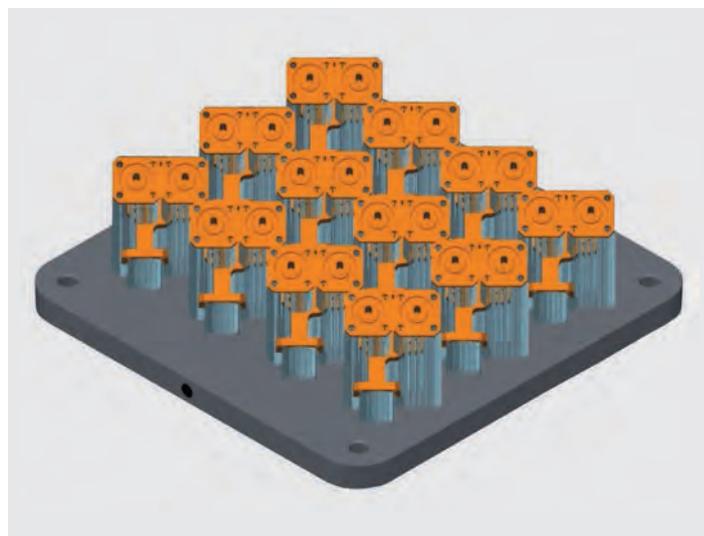
Расположение сумматора на подложках на платформе показано на рис 3, объем самой детали



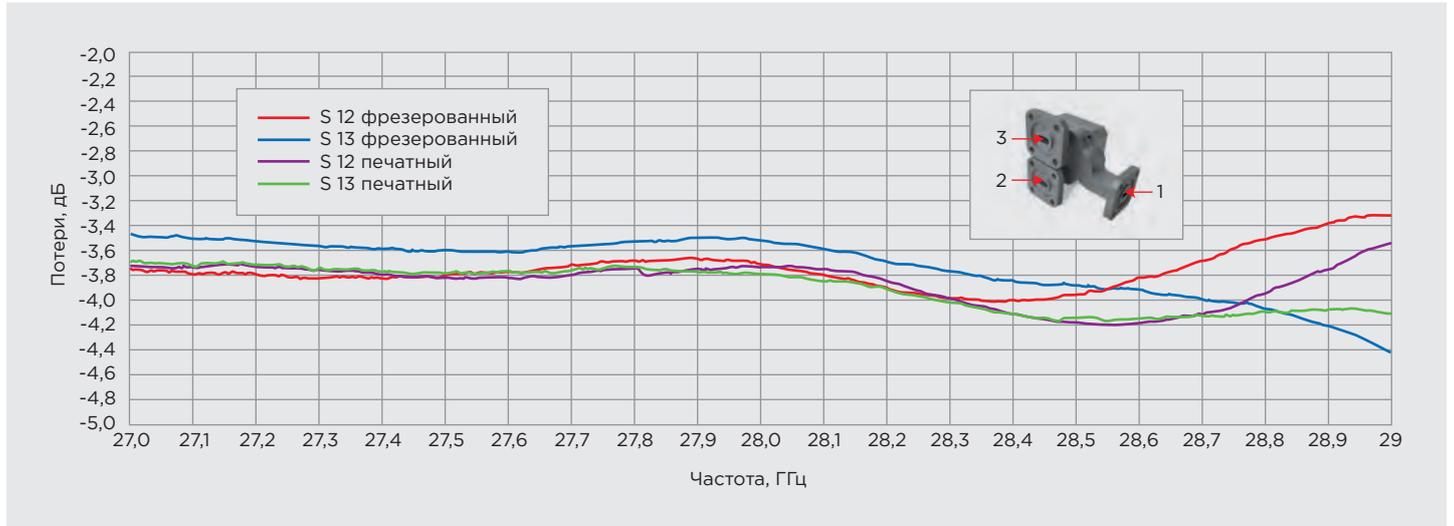
3 Сумматор с подложками до снятия с платформы

21,3 куб. см, а поддержек к ней – 6,7 куб. см. Время печати в расчете на один сумматор при размещении 12 деталей на платформе составляет шесть часов (рис 4). Но если печатать только одну деталь, это займет девять часов. После печати проводилась термообработка для снятия напряжений (2 ч, 300 °С), снятие с поддержек, дробеструйная обработка, механическая обработка фланцев.

Каналы сумматора после печати не обрабатывались, шероховатость их стенок примерно Ra 20 мкм, что, конечно, существенно выше типовых для волноводных трактов значений 1,6, 0,8 или даже 0,4 мкм. Тем не менее, результаты измерений электрических характеристик, выполненных заказчиком, свидетельствует о соответствии напечатанного сумматора предъявляемым требованиям:

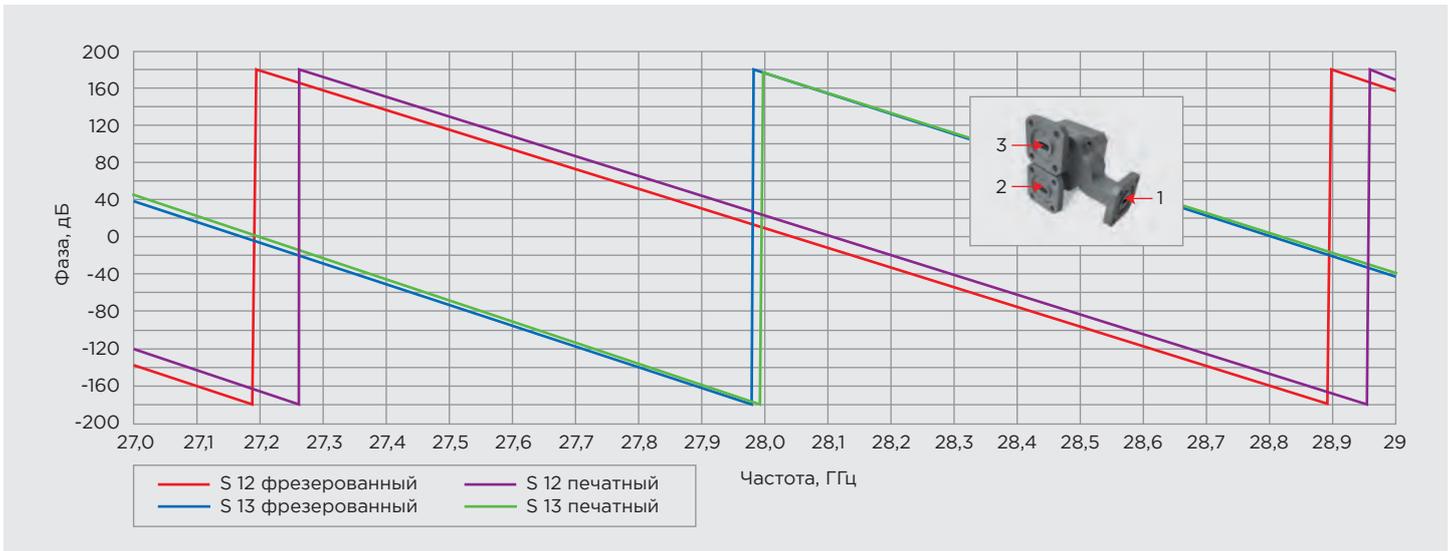


4 Размещение 12 сумматоров на платформе в ПО для подготовки программ Renishaw QuantAM



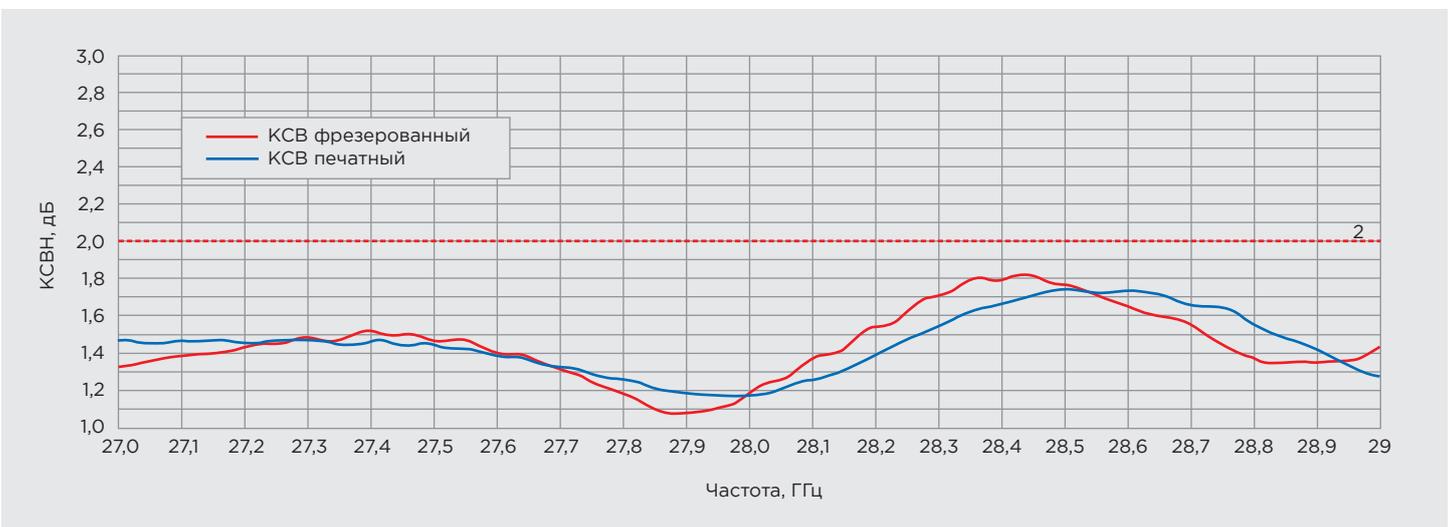
5

Амплитудный баланс фрезерованного и напечатанного сумматоров



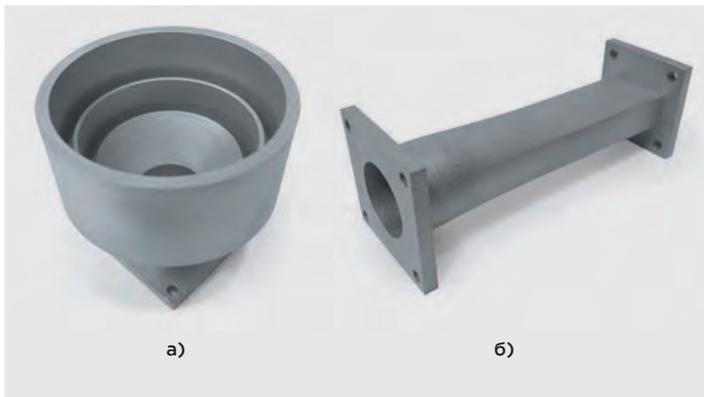
6

Фазовый баланс фрезерованного и напечатанного сумматоров



7

Коэффициент стоячей волны фрезерованного и напечатанного сумматоров



8 Рупорный облучатель (а), габариты 79×79×82 мм и плавный переход с круглого на прямоугольный волновод (б), габариты 45×46×125 мм

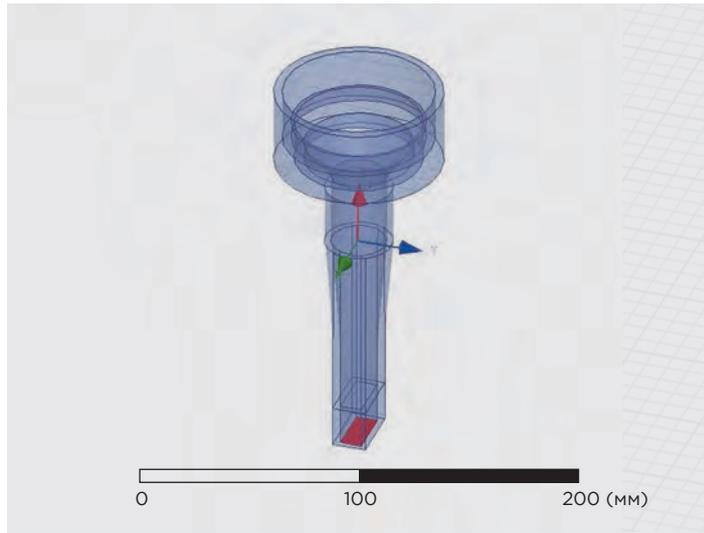
- коэффициенты передачи S12 и S13 фрезерованного и напечатанного сумматоров близки и различаются на уровне погрешности измерения (рис 5);
- разность фаз сигналов на выходах 2 и 3 близка к 180° как для напечатанного, так и для фрезерованного сумматоров (рис 6);
- на центральной частоте коэффициенты стоячей волны фрезерованного и напечатанного сумматоров практически совпадают и не превышают 1,2.

### Рупорный облучатель зеркала радиотелескопа

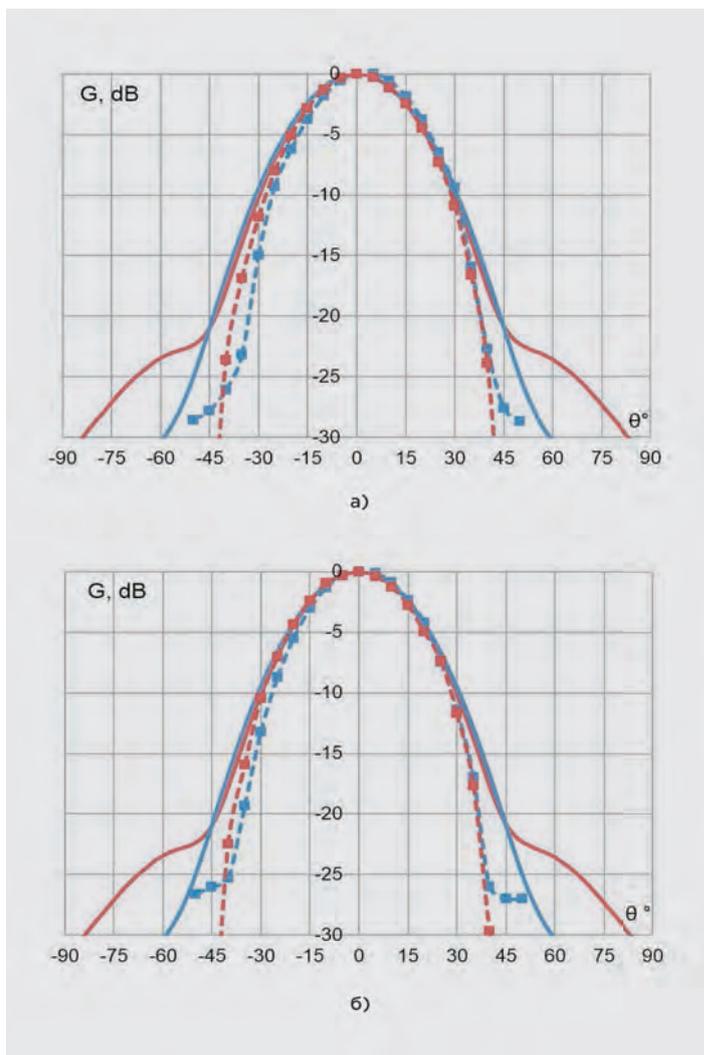
Рупорный облучатель зеркала радиотелескопа и плавный переход с круглого волновода (вход облучателя) на стандартный прямоугольный волновод X диапазона (рис 8) печатались по заказу Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН (ИРЭ РАН). Цель состояла в измерении электрических параметров рупорного облучателя и сравнении их с параметрами фрезерованного аналога. Центральная рабочая частота рупорного облучателя и перехода – 8,48 ГГц.

Объем деталей и поддержек, а также время печати в расчете на одну деталь приведены в Т11. После печати проводилась термообработка, снятие с платформы и дробеструйная обработка поверхности, снижающая ее шероховатость до Ra 5...7 мкм.

Расчет рупорного облучателя (рис 9), а также измерение электрических характеристик напечатанного из алюминиевого сплава AlSi10Mg облучателя и фрезерованного из латуни аналога выполнены в ИРЭ РАН. Для обоих рупоров использовался напечатанный переход. Видно, что измеренные значения показывают более узкую диаграмму направленности по сравнению с расчетной (рис 10). Это обусловлено, в основном, погрешностью измерений в безэховой камере. Частично ее можно снизить более точной установкой передающего и приемного рупоров так, чтобы их оси лучше совпадали. Измеренные диаграммы излучения фрезерованного и напечатанного облучателей по форме и ширине луча практически не различаются.



9 Модель рупорного облучателя с переходом



10 Нормированные диаграммы излучения (усиления) для напечатанного из AlSi10Mg (а) и фрезерованного из латуни (б) рупорных облучателей от угла места в двух главных плоскостях. Сплошные линии – расчет по HFSS модели, штриховые с точками – эксперимент: красный цвет – плоскость ZOY (H-плоскость), синий цвет – плоскость ZOX (E-плоскость). Угол места  $\theta$  отсчитывается от оси Z

Т 1

Объем рупора и перехода, поддержек к ним, время печати

ПАРАМЕТР	РУПОРНЫЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ	ПЕРЕХОД
Объем без поддержек, куб. см	99	33,8
Объем поддержек, куб. см	20,1	9,2
Длительность печати в расчете на одну деталь:		
Мин. загрузка (1 деталь на платформе)	18 ч 12 мин.	14 ч 20 мин.
Макс. загрузка (6 деталей на платформе)	14 ч 20 мин.	7 ч 29 мин.

Значения коэффициентов отражения напечатанного и фрезерованного рупорных облучателей на рабочей частоте также близки друг к другу, а трудно устранимые осцилляции в измеренных частотных зависимостях отражения связаны, скорее всего, с недостаточно хорошим качеством использованных разъемов (рис 11).

### Гофрированный рупорный облучатель Ka-диапазона

Имея положительные результаты тестирования рупорного облучателя на 8,48 ГГц, мы сделали следующий шаг в этом направлении – изготовление с последующим испытанием более сложного гофрированного рупорного облучателя на более высокие частоты Ka-диапазона (рис 12). Облучатель предназначен для применения в двухзеркальной антенне Кассегрена в системах связи. Рабочий диапазон частот облучателя: приемный Rx 17,5 – 21,2 ГГц, передающий Tx 26,5 – 31 ГГц.

Расчетные характеристики рупорного облучателя представлены в Т 2 и на рис 13. В настоящее время проводится подготовка к тестированию в ИРЭ РАН.

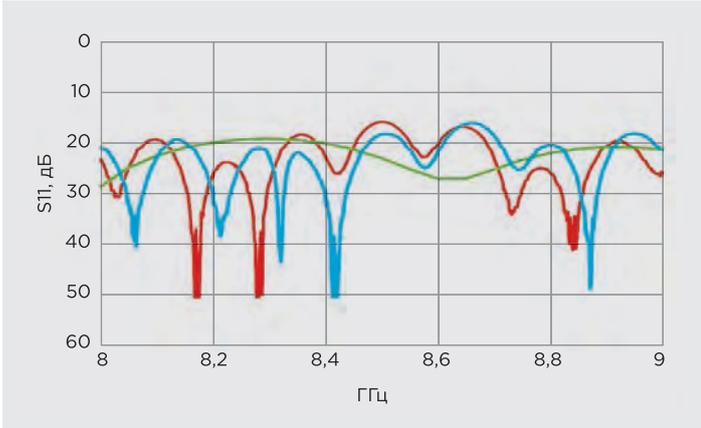
### Заключение

Несмотря на высокую шероховатость каналов, рассмотренные примеры демонстрируют, что 3D-печать из AlSi10Mg методом селективного лазерного сплавления обеспечивает соответствие требованиям к электрическим характеристикам для некоторого множества СВЧ-волноводов и излучателей. Для расширения области применения 3D-печати для изготовления элементов волноводных трактов необходима отработка технологии постобработки: гидроабразивной прокатки, химического полирования, нанесения покрытий. Кроме того, необходимы испытания образцов и волноводов для определения стойкости к внешним воздействующим факторам. □

Т 2

Расчет согласования облучателя (рупор + переход) в рабочем диапазоне частот

F, ГГц	S11, дБ	KCB
Rx: сечение волновода 11 × 5,5 мм		
17,5	-11,4	1,74
19,35	-13,9	1,50
21,2	-20,2	1,22
Tx: сечение волновода 7,2 × 3,4 мм		
27,5	-27	1,09
29,25	-31,7	1,05
31	-26,8	1,10



1 1

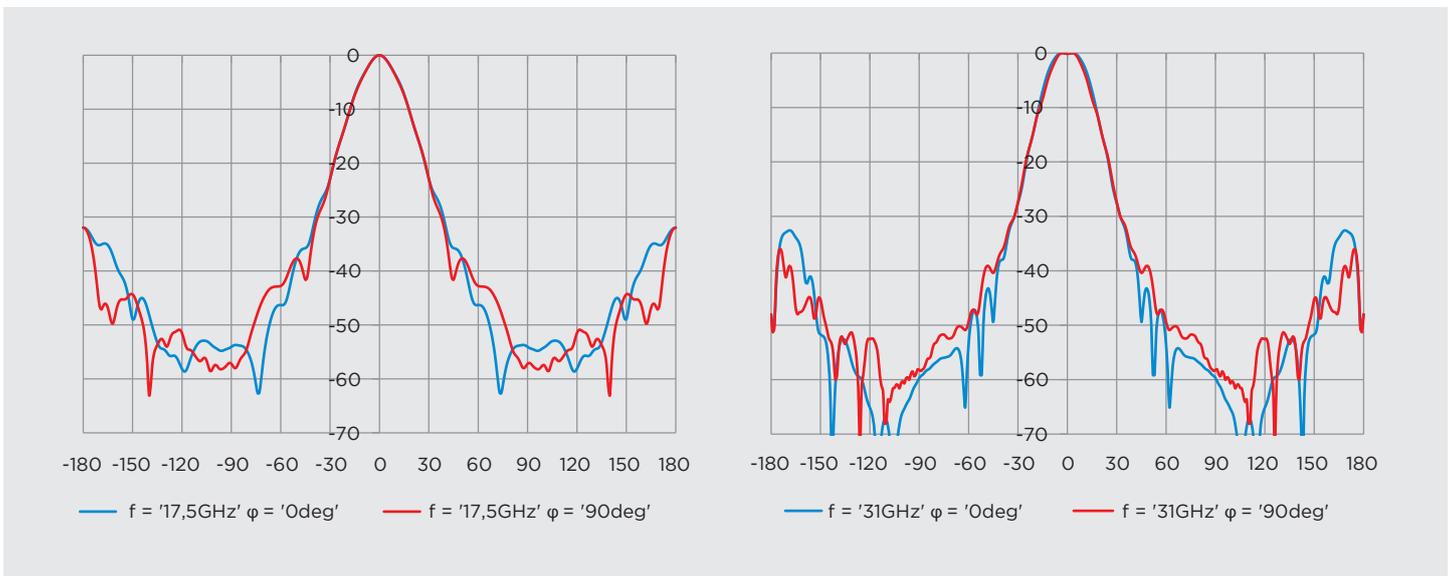
Частотные зависимости коэффициента отражения рупорного облучателя: красная кривая – измеренная для напечатанного рупора, синяя – измеренная для рупора из латуни, зеленая кривая – расчет по модели

**Рассмотренные в данной статье и другие напечатанные волноводы вы сможете увидеть 15-17 апреля на нашем стенде на выставке ЭлектронТехЭкспо в МВЦ «Крокус Экспо» или в нашем Центре развития технологий, заявки на посещение которого направляйте на электронную почту [3d@ostec-group.ru](mailto:3d@ostec-group.ru). На этот адрес вы также можете отправлять запросы на печать волноводов.**



1 2

Рупорный облучатель Ka-диапазона (а) и плавные переходы с круглого сечения входного волновода на стандартные прямоугольные волноводы (б, в). Габаритные размеры рупорного облучателя  $\varnothing 130 \times 136$  мм



1 3

Примеры нормированных диаграмм излучения (усиления) на двух частотах в двух главных плоскостях. Синий цвет – Е-плоскость, красный цвет – Н-плоскость. Абсолютные значения усиления на оси облучателя примерно 20 дБ

# БЫВАЮТ ЛИ ОСЦИЛЛОГРАФЫ для ЭЛЕКТРО- МАГНИТНОГО ПОЛЯ?

Текст: Алексей Шостак  
Дмитрий Кондрашов  
Эйке Сутау  
Маттиас Крейтлоу

## Зачем нужен датчик поля?

Измерение уровня воздействия электрических полей на радиоэлектронную аппаратуру всегда будет актуальной задачей. Например, в процессе эксплуатации бортовое оборудование любого воздушного судна подвергается воздействию полей электромагнитного излучения. Это излучение обусловлено сигналами от близлежащих радиопередатчиков других устройств в частотном диапазоне от 10 кГц до 40 ГГц. Оно может привести к значительному ухудшению качества функционирования бортовых систем гражданских воздушных судов, попадающих в эту электромагнитную среду, потере работоспособности элементов и устройств, возникновению аварийных ситуаций. Уровень мощности такого излучения может достигать высоких значений.

Например, согласно стандарту КТ-160 «Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования», уровень электрического поля при испытаниях на восприимчивость к помехам радиоизлучения летательных аппаратов достигает 7,2 кВ/м (категория L). А если рассматривать требования к беспилотным летательным аппаратам (БПЛА), то на момент написания данной статьи еще нет единого стандарта, определяющего уровни воздействия на БПЛА различных типов, а также нормирования уровня излучения от них.

Проблема влияния на аппаратуру импульсного электрического поля высокой мощности есть также и в автомобильной промышленности. Испытания на устойчивость к радиочастотному полю автомобильной электроники часто проводят в реверберационных камерах (рис 1) (по стандартам SAE J1113/27, IEC 61000-4-21). Это камеры, конструкция которых позволяет полностью отражать сигналы всеми поверхностями, т.е. отсутствует поглощение и нет стоячих волн, что даёт возможность создавать поля напряженностью до нескольких сотен вольт на метр.

Для решения задач измерений импульсных электрических полей высокой мощности используют датчики напряженности электрического поля: в безэховых, реверберационных камерах и на полигонах для испытаний на устойчивость к электромагнитному полю и испытаний на помехоэмиссию. Их конструкция оказывает минимальное влияние на результаты проведенных измерений, позволяя точно и быстро точно сканировать пространство испытательной площадки.

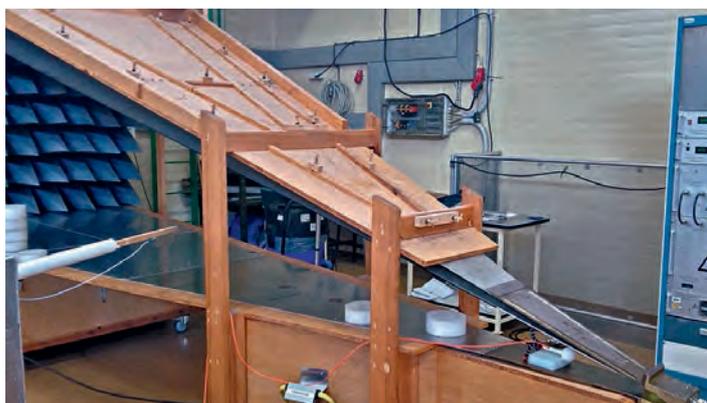
В статье мы рассмотрим работу нового датчика импульсного электрического поля LSProbe 1.2 (рис 2) немецкой фирмы Lumiloop GmbH.



1 Испытания автобуса в реверберационной камере

### Универсальный датчик поля LSProbe 1.2

Основное преимущество датчика – отображение значения импульсного электромагнитного поля по каждой из оси X, Y и Z в частотной и временной областях со сверхвысокой скоростью измерения для захвата очень коротких импульсов и модулированных сигналов. По сути, LSProbe 1.2 является анализатором электромагнитного поля с лазерным питанием, позволяющим работать непрерывно без подзарядки или замены батареи. Для увеличения точности измерений датчик использует внутренний коэффициент калибровки и может обмениваться данными по оптоволоконным кабелям до 1 000 м. Конструкция и калибровочные характеристики датчика обеспечивают уровень измерения непрерывного электрического поля, превышающий 25 кВ/м в диапазоне частот от 30 МГц до 12 ГГц. Однако наибольший интерес в LSProbe 1.2 представляет его функционирование при наличии сверхвысоких импульсных электромагнитных полей. Именно эти технические характеристики мы рассмотрим далее.



3 Волновод GTEM-камеры и генератор импульсов

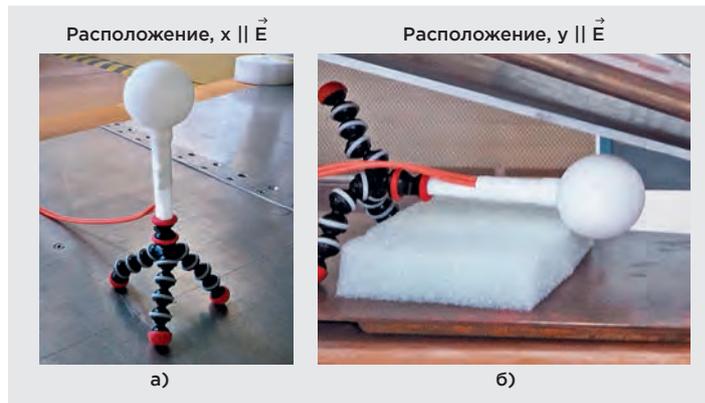


2 Датчик импульсного электрического поля LSProbe 1.2

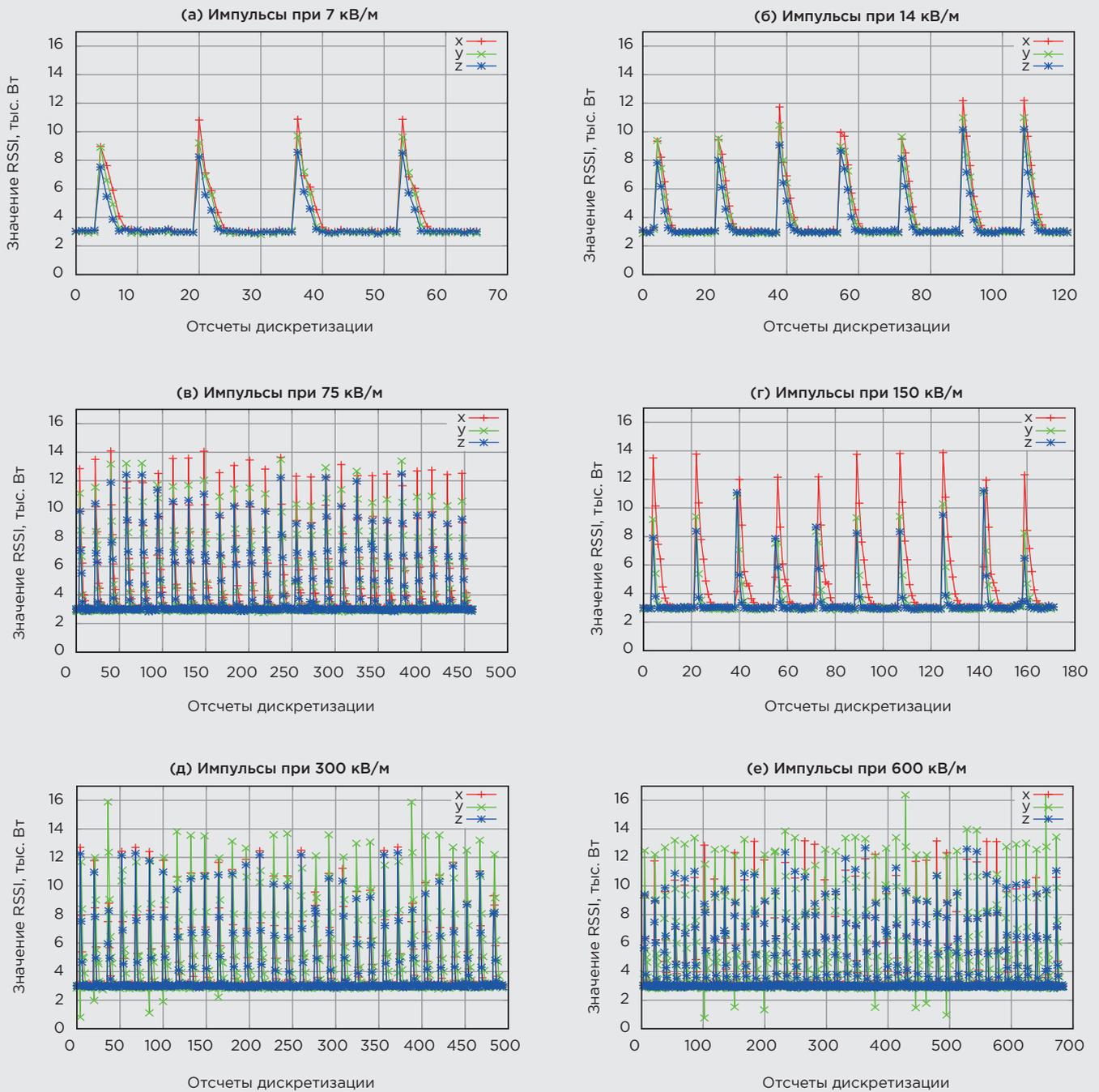
### Экспериментальная установка

При проведении испытаний на восприимчивость к импульсному электромагнитному полю высокой мощности датчик LSProbe 1.2 располагается по центру в боковом открытом волноводе GTEM-камеры (рис 3). На волновод длиной около 5 м подается питание с генератора импульсов PBG7 компании Kentech Instruments Ltd., способного подавать амплитуду импульсов 45 кВ на нагрузку 50 Ом. Частота импульсов генератора – 500 Гц с временем нарастания фронта 150 пс и длительностью 2 нс.

Измерение напряженности импульсного электромагнитного поля происходит при изменении задаваемого выходного сигнала с генератора импульсов, а также изменении положения датчика поля внутри волновода (рис 4). Датчик поля работает в нулевом режиме, который позволяет использовать диапазон частот от 30 МГц до 6 ГГц. Частота дискретизации в нулевом режиме составляет 500 000 отсчетов/с, время нарастания импульса аналогового сигнала – около 330 нс.



4 Расположение датчика электронного поля для измерения низких (а) и высоких (б) значений напряженности импульсного поля



5

Значения RSSI для различной импульсной напряженности поля, отсчитанные при частоте дискретизации  $500 \times 10^3$  отсчетов/с

Значения уровня принимаемого сигнала (RSSI) регистрируют интенсивность импульсного электрического поля, позволяя получать информацию о возможных условиях перегрузки датчика поля.

### Виды испытаний

Испытания проводятся при уровнях воздействий 7, 14, 75 и 150 кВ/м при расположении датчика поля, как показано на рис 4а, т. е. электрическое поле параллельно оси X датчика

поля. При уровнях 300 и 600 кВ/м датчик располагается, как показано на рис 4б, т. е. электрическое поле параллельно оси Y датчика поля.

На рис 5 показаны типичные импульсы для каждого значения напряженности поля, интервалы между импульсами были удалены программным путем для удобства отображения измеряемых значений.

На графиках видно, что значения RSSI ниже, чем уровень шума основной оси. Это наблюдается при калибровке

уровней сигнала высокой мощности. Таким образом, можно сделать вывод, что детектор RSSI испытывает перегрузочное состояние.

На рис 6 показан график значения RSSI в зависимости от логарифмического значения напряженности поля. На графике четко показаны максимальные значения RSSI, которые пропорциональны напряженности, создаваемой импульсами генератора. Форма колебаний сигнала при 150 кВ/м является небольшим исключением из общего графика. По причине статистического характера измерений и небольшого числа измерений для данной напряженности поля реальное пиковое значение не было зафиксировано должным образом. В каждом случае оси, перпендикулярные вектору электрического поля, отделяются от основной оси примерно на 20 дБ.

## Выводы

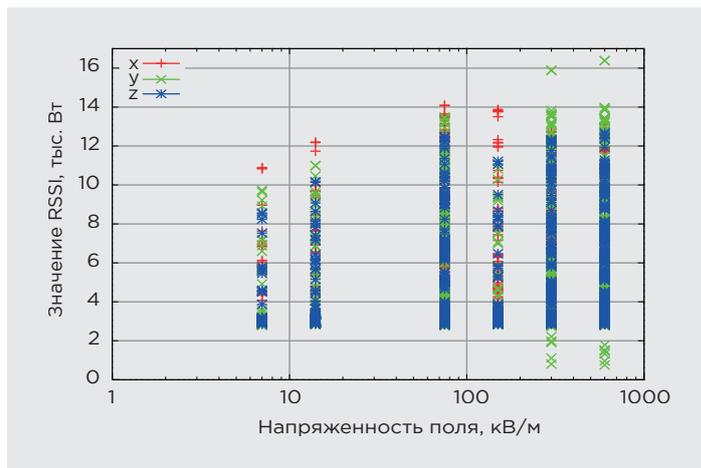
Датчик импульсного электрического поля LSProbe 1.2 показывает стабильную работу при значениях напряженности поля до 600 кВ/м. Таким образом, LSProbe 1.2 может подвергаться воздействию импульсных электрических полей высокой мощности, пока их среднее значение не превышает пика измерений датчика.

Можно заметить, что вход и детектор мощности датчика поля действуют как фильтр нижних частот для входных импульсов. При этом датчик поля не может определить истинное максимальное значение электрического поля, поскольку длительность переднего фронта импульса сигнала слишком мала. Однако можно сказать, что относительная величина амплитуды импульса поля пропорциональна наблюдаемому значению напряженности поля. Датчик можно использовать в генераторе с постоянной по времени формой импульсов, вырабатывающем непрерывную последовательность повторяющихся импульсов, для измерения относительной напряженности электромагнитного поля.

Измерения были выполнены с использованием специального аппаратного и программного обеспечения, позволяющего обрабатывать и отображать полученные данные, оно поставляется вместе с датчиком поля.

Версия датчика электрического поля LSProbe 1.2 имеет ряд функций, которые значительно упрощают измерение импульсных полей:

- **Режим «Выброс».** Отсчет выполняется со скоростью 2 млн отсчетов в секунду, позволяя проводить сканирование во всем частотном диапазоне за короткий промежуток времени.
- **Запуск по уровню поля.** Пиковое значение импульсного электрического поля можно легче определить, используя установку уровня запуска по амплитуде как можно выше. Так как частота дискретизации датчика поля и частота повторения импульсов не синхронизированы, то сэмплирование в области пиковых значений импульсного поля позволит построить приближенный график данных пиковых значений и оценить максимальный уровень напряженности поля.



6 Значение RSSI в зависимости от импульсной напряженности поля

- **Режим статистики.** Поставляемое с датчиком программное обеспечение позволяет осуществлять непрерывный сбор статистики напряженности поля. Режим статистики включает измерение максимальной напряженности поля и распределения напряженности поля в течение неограниченного времени. Импульсное поле с постоянной формой импульса создает характерное распределение относительной напряженности поля, которое может быть откалибровано для каждой формы импульса, что позволит получить абсолютные значения напряженности поля.

**Датчик LSProbe 1.2 – это высокопроизводительная платформа для измерения непрерывных и импульсных электрических полей. Описанные испытания подтверждают, что LSProbe 1.2 – это своего рода «осциллограф» для электромагнитного поля, он измеряет амплитуды полей высокой напряженности и регистрирует их значения во временной области, которые отображаются благодаря сопутствующему программному обеспечению. В перспективе использование такого датчика позволит повышать уровни электромагнитных воздействий для проверки устойчивости радиоэлектронной аппаратуры, например, устройств авиакосмической отрасли с верхней границей частотного диапазона до 18 или 40 ГГц.**

# КАЧЕСТВО

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА НА ПРОИЗВОДСТВЕ.

## ЧАСТЬ 2

Текст: Василий Афанасьев  
Антон Генцелев



В первой части статьи<sup>1</sup> мы подробно рассмотрели влияние дефектности изделий на экономические показатели производства, а также способы автоматизированного выявления технологических дефектов – АОИ и АРИ. В этом материале мы рассмотрим технологии, призванные предупреждать появление таких дефектов.

---

<sup>1</sup> «Вектор высоких технологий» № 5 (41) декабрь 2018

## Системы предупреждения дефектов: Viscom Quality Uplink

Даже при условии, что на предприятии налажен входной контроль, и существует устоявшаяся цепочка поставок комплектующих, от технологических дефектов из-за большого разброса причин их возникновения не застрахован никто. Для обеспечения качества изделий важно не только не пропускать дефекты, но и выявлять их на наиболее ранней стадии, иметь возможность прогнозировать их возникновение, чтобы оперативно предпринимать корректирующие меры. Этот вопрос решается уже не с помощью какого-либо конкретного оборудования, а с помощью системы, которая охватывает различные стадии технологического процесса и способна осуществлять сбор данных с оборудования и проводить их аналитическую обработку.

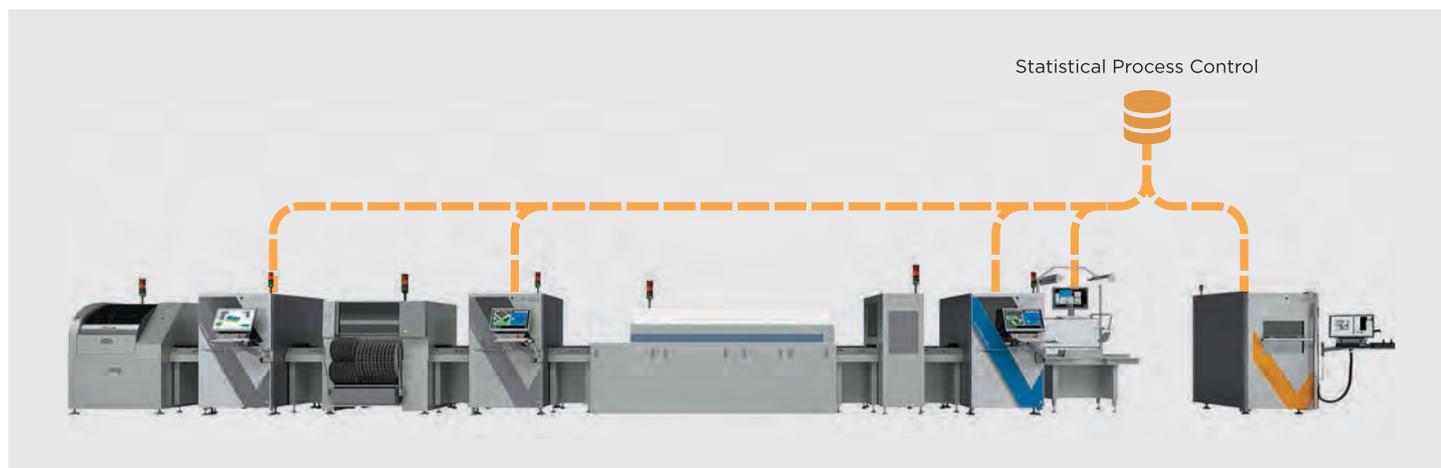
Один из способов выявить возможное появление дефекта – это контроль качества нанесения паяльной пасты. В составе автоматизированной линии это может быть реализовано двумя способами: инспекция качества нанесения с помощью автомата трафаретной печати либо с помощью отдельной автоматической системы контроля качества нанесения пасты, например, Viscom S3088 SPI. Отдельная специализированная система может выявить гораздо больше потенциальных дефектов по результатам инспекции отпечатков, но и оптический контроль, встроенный в принтер, это уже значительно лучше, чем «ничего».

Есть интересная статистика по снижению уровня дефектов при последовательном оснащении сборочной линии различными методами контроля на одном из немецких предприятий, производящих автомобильную электронику (ТЗ). Она показывает, что в отдельных случаях при

ТЗ

Статистика снижения уровня дефектов

ДЕФЕКТ	ПРОЦЕНТ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ ЗА ОТЧЕТНЫЙ ПЕРИОД ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ (ЗА 100% ВЗЯТО ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ДЕФЕКТОВ ДО ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ)			ПРИМЕЧАНИЕ
	ВНЕДРЕНИЕ 3D-КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НАНЕСЕНИЯ ПАСТЫ	ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ АОИ ПОСЛЕ ПАЙКИ	ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ИНСПЕКЦИИ	
Непропай	40 %	40 %	20 %	Применение рентгена для поиска данного типа дефектов целесообразно при контроле скрытых под корпусом выводов
Холодная пайка, отсутствие «мениска» и т. п.	40 %	60 %	0 %	
Внутренние повреждения компонента	0 %	0 %	100 %	
Внутренние дефекты паяного соединения	0 %	0 %	100 %	
Отсутствие компонента	0 %	100 %	0 %	
Смещение компонента	30 %	70 %	0 %	
Установлен не тот типонаминал	0 %	90 %	0 %	Система АОИ не сможет определить ошибочный типонаминал при отсутствии на нем маркировки
Короткое замыкание	40 %	40 %	20 %	Применение рентгена для поиска данного типа дефектов целесообразно при контроле скрытых под корпусом выводов
Шарики припоя	50 %	40 %	10 %	Применение рентгена для поиска данного типа дефектов целесообразно при контроле скрытых под корпусом выводов
«Надгробный камень»	5 %	95 %	0 %	



1

SPC (Statistical Process Control)

помощи контроля качества пасты удалось исключить до 50 % дефектов, а дополнительное оснащение линии системами АОИ и АРИ (использовались отдельно система рентгеновского контроля, встраиваемая в линию, и отдельно АОИ) свело общее количество дефектов на платах, переходящих на функциональное тестирование, практически к нулю.

Естественно, концепция обеспечения 100 % качества на выходе требует слаженной работы команды специалистов: технологов, конструкторов, снабженцев и управляющих производством. Существенным подспорьем для них станет внедрение автоматической системы сбора и анализа информации, которая призвана ускорить и облегчить процесс отладки технологического процесса.

Создать подобную систему можно, оснастив линию поверхностного монтажа системой контроля качества нанесения пасты в начале линии и системой автоматической оптической инспекции после операции пайки. Если эти системы будут обмениваться данными, то появится возможность анализировать и совершенствовать технологический процесс в автоматическом режиме. В качестве примера можно рассмотреть Viscom Quality Uplink. В данной системе управления качеством сборочной линии есть, условно, два уровня – «верхний» и «нижний».

На «нижнем» уровне системы контроля объединены между собой и оборудованием, находящимся в линии. Возможности системы автоматической инспекции паяльной пасты S3088 SPI позволяют ей коммутироваться с автоматом нанесения паяльной пасты, автоматом установки компонентов и АОИ контроля пайки. Помимо общей оценки качества нанесения система анализирует величину смещения отпечатков, их объем, а также наличие загрязнений, вызванных неочищенным снизу трафаретом. При необходимости система подает принтеру сигнал на корректировку совмещения трафарета с платой либо на его очистку. Также S3088 SPI передает

информацию об отпечатках, находящихся близко к пределу пороговых значений, на АОИ, стоящую после печи оплавления. АОИ, в свою очередь, снимет несколько дополнительных изображений компонентов, установленных на данные контактные площадки, что позволит более тщательно провести оценку качества полученных паяных соединений. Использование этих функций позволяет проанализировать операцию трафаретной печати в целом и внести корректировки в технологический процесс. Автомат установки компонентов, стоящий после SPI, получив от SPI сигнал о том, что некоторые отпечатки пасты могут быть смещены, при монтаже внесет корректировки в свои координаты установки компонентов на величину смещения отпечатков пасты.

На «верхнем» уровне объединенные между собой системы SPI (контроль паяльной пасты), АОИ и рентгеновского контроля образуют единое информационное пространство, в котором реализована централизованная система контроля качества на сборочной линии.

Собранные со всех систем данные аккумулируются в базе, куда есть доступ с рабочего места верификации (ремонтной станции) или с любого рабочего места, интегрированного в данную сеть. Эта функция носит название SPC (Statistical Process Control) и предоставляет пользователю полную информацию о выявленных в ходе сборки платы дефектах (рис 1). Для анализа доступна четко структурированная статистика, детализированная вплоть до каждого конкретного компонента, с возможностью группировки по различным категориям и привязкой полученных изображений отпечатков пасты, рентгеновских снимков, снимков с АОИ и 3D-моделей к каждому электронному компоненту.

Также все эти данные могут поступать в систему управления производством, если таковая есть на предприятии.



2

ПАК «Умная линия»

## Системы предупреждения дефектов: «Умная линия»

Программно-аналитический комплекс «Умная линия», разработанный ООО «Остек-СМТ», был создан для повышения общей эффективности оборудования. Также он предоставляет все необходимые инструменты для организации системы контроля качества на производстве.

«Умная линия» – это единственный на сегодняшний день производственный комплекс, в который входит все оборудование сборочно-монтажной линии и который объединяет его в общее информационное пространство для обмена данными и повышения эффективности работы для оперативного принятия решений и предоставления дополнительных элементов управления линией для персонала (рис 2).

С точки зрения обеспечения качества «Умная линия» не только собирает первичную информацию с оборудования и ведет полную статистику, но и реализует ряд полезных функций:

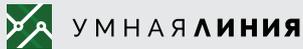
**Предупреждение дефектов.** Сбор данных с автомата трафаретной печати позволяет увидеть изменение процесса в момент, когда это изменение еще не привело к возникновению дефектов, и оперативно вносить корректировки в техпроцесс. Система начинает реагировать в тот момент, когда на основании статистики замеча-

ет тенденцию к возникновению дефекта, например, снижение количества паяльной пасты на контактных площадках, и уведомляет оператора о необходимости вмешательства.

**Автоматический мониторинг качества.** Осуществляется непрерывно в процессе работы с легко интерпретируемой графической визуализацией на экране. Данные поступают с автомата трафаретной печати, АОИ и SPI (при наличии).

**Автоматическое обнаружение причины дефектов.** Для наиболее полного использования данной функции рекомендуется использовать в составе линии систему инспекции качества паяльной пасты (SPI). Все дефекты анализируются экспертной системой, которая сопоставляет технологические режимы, при которых был получен дефект, с результатами инспекций и формирует перечень причин, которые могли к данному дефекту привести. Причины возникновения дефектов выдаются в порядке, соответствующем их весовым коэффициентам либо по наибольшей вероятности при данных условиях.

**Автоматическая разработка рекомендаций по устранению дефектов.** После выявления дефекта экспертная система предлагает рекомендации по оптимизации технологического процесса для исключения дефекта



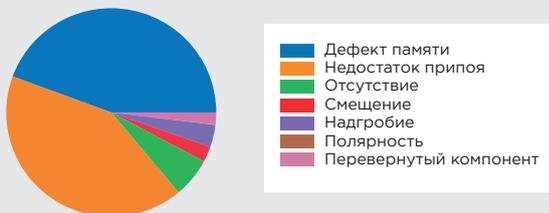
## СВОДНЫЙ МЕСЯЧНЫЙ ОТЧЕТ ПО КАЧЕСТВУ

Период: 29.10.2017-30.10.2017

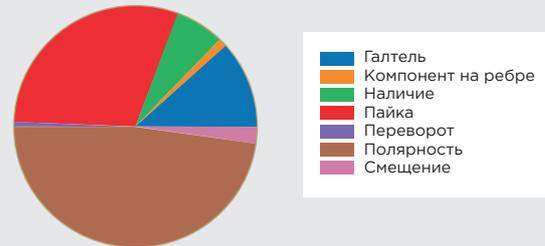
Линия: Линия 1

Программа	Протестировано	Верифицировано	AOI FPY	FPY после верификации	DPMO
prg	111	6	0.82	0.86	16.50
test_prg	359	59	0.75	0.81	408.89

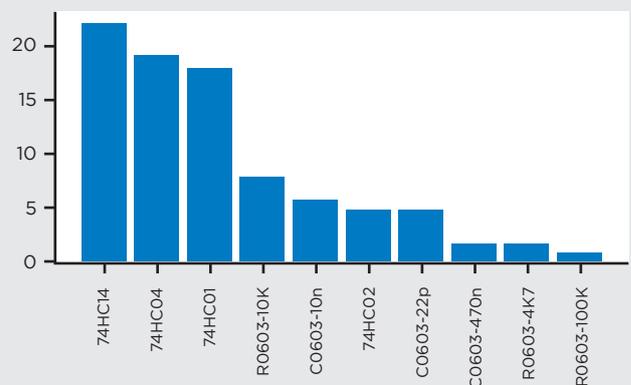
Распределение дефектов по категориям:



Распределение ложных срабатываний по категориям:



Топ 10 ложных срабатываний по номиналам:



3

Пример пользовательского отчета

в будущем. При возникновении дефектов, специфичных для конкретного предприятия, их можно внести в базу данных системы вместе с рекомендациями по их устранению.

**Контроль климатических параметров.** При необходимости в систему можно добавить сигналы с датчиков температуры и влажности в помещении. Полученные данные будут храниться вместе со всей статистикой о производстве. Есть возможность задавать пороговые значения этих данных, при которых система будет выдавать предупреждения.

**Формирование пользовательских отчетов.** «Умная линия» позволяет формировать отчеты по необходимым показателям, в том числе и по качеству. Отчеты представлены в удобном для восприятия графическом виде и могут содержать полную информацию о состоянии производства за выбранный период времени (рис 3).

«Умная линия» не является альтернативой Viscom Quality Uplink, это две разные системы. Viscom Quality Uplink работает с данными, полученными в ходе инспекций, и ведет статистику. «Умная линия» работает с данными, которые выдает каждое устройство в линии (в том числе используются данные Viscom Quality Uplink), ведет статистику, готовит аналитику, генерирует предупреждения и разрабатывает технологические рекомендации.

## Заключение

При подготовке статьи мы ставили перед собой цель донести до читателей концепцию организации 100 % контроля качества на всех этапах производства электроники, показать, какое существенное влияние могут оказать на культуру производства, его прибыльность, прозрачность и перспективность дополнительные точки контроля технологических процессов. Такой подход позволяет поддерживать высокий уровень качества производства и конкурентоспособность выпускаемой продукции.

**Подробнее ознакомиться с актуальным инспекционным оборудованием, программными комплексами и другими технологиями для повышения качества производства можно в демонстрационном зале ООО «Остек-СМТ» или задать вопросы по электронной почте [info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru).**

# Новый язык управления производством

## LOGOS

Цифровая  
система  
управления



Система LOGOS разработана специалистами Группы компаний Остек для управления производственными процессами на современных российских предприятиях. Система открывает новые возможности по сбору и обработке информации, необходимой для принятия решений, от которых зависят качество, сроки и эффективность работы предприятия.

Протестируйте систему бесплатно!\*

### Преимущества системы

- исчерпывающая и объективная картина производства для руководителя предприятия;
- прозрачность производственных процессов на всех уровнях;
- прослеживаемость продукции по всему технологическому циклу;
- оперативное и перспективное планирование на основе точных данных;
- диагностика и предупреждение отклонений по качеству, срокам и эффективности;
- сокращение издержек за счет оптимизации ресурсов и снижения доли незавершенного производства.

\* Скачайте бесплатную демонстрационную версию ЦСУП LOGOS на сайте [www.logos-system.ru](http://www.logos-system.ru).



будущее  
создается

[www.logos-system.ru](http://www.logos-system.ru)  
(495) 788 44 44  
[logos@ostec-group.ru](mailto:logos@ostec-group.ru)



# ЛАБОРАТОРИЯ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОНИКИ

Текст: Аркадий Медведев  
Аркадий Сержантов



Отказы из-за неисправных электронных компонентов и печатных плат обходятся предприятиям дорого. Предотвратить их или, как минимум, уменьшить их последствия заблаговременно, еще в ходе производственного процесса, поможет всесторонний углубленный контроль качества. Сегодня лаборатории анализа дефектов и отказов аппаратуры – необходимый элемент каждого предприятия, заботящегося о высоком уровне надежности своей продукции. Комплекс современных технических средств и методик, дополняющий традиционные проверки, закрепленные в стандартах, открывает новые возможности для более тонкого анализа характерных дефектов производства, построения моделей разрушений слабых мест и отработки конструкции и технологии для улучшения надежности электронных устройств.

В ответственной аппаратуре повсеместно начинают использовать решения, повышающие плотность ее компоновки: микрочипы, технология chip-on-chip и др. Эти решения позволяют получить оптимальное сочетание функциональности, производительности и надежности. Не снижается также тенденция к уменьшению геометрических размеров электронных систем. Всё это ведет к увеличению количества компонентов на единице площади печатной платы, а значит – к росту количества межсоединений, требований к их надежности и электрической изоляции между ними. Практика показывает, что именно эти элементы конструкции электронной аппаратуры становятся сегодня одной из основных причин ее отказов в процессе эксплуатации.

Стандартом ГОСТ 23752.1 предписан определенный набор средств для контроля качества печатных плат в процессе приемосдаточных и периодических испытаний<sup>1</sup>. Однако эти средства далеко не всегда дают возможность выявить скрытые производственные дефекты, способные вызвать отказы в процессе длительной эксплуатации. Поэтому предприятия, которые ставят перед собой задачу стабильного выпуска высоконадежной продукции, создают по собственной технологической документации аналитические лаборатории для постоянного мониторинга состояния технологического процесса. Хорошо оборудованная лаборатория обычно имеет в своем составе аппаратуру для проведения спектроскопического, микроскопического (в том числе металлографического) и интроскопического анализа.

## Спектроскопия

Методы Фурье-спектроскопии в лабораториях электронных производств применяют для обнаружения слабых остатков веществ и исследования их химического состава. Они позволяют выявлять и идентифицировать загрязнения, которые не видны в оптический микроскоп и малоразличимы при использовании методов, предлагаемых государственными стандартами. Между тем, такие слабые остатки способны привести к отказам в разных элементах конструкции печатной платы.

Например, уровень очистки поверхностей печатных плат от остатков технологических загрязнений является основополагающим для влагозащиты аппаратуры, поскольку, как оказалось<sup>2</sup>, все без исключения влагозащитные покрытия влагопроницаемы, и только стерильно чистые поверхности под лаком устойчивы к воздействию влаги<sup>3</sup>. Это особенно важно в связи с продолжающейся миниатюризацией и уменьшением энергоемкости сложных электронных узлов<sup>4</sup>. Наличие малейших следов загрязнений поверхности печатных плат неизбежно приводит к появлению токов утечки и, как следствие, к процессам образования токопроводящих мостиков за счет электрохимической миграции<sup>5</sup> (рис 1). Наилучшим методом неразрушающего выявления трудно наблюдаемых загрязнений на поверхности печатной платы, позволяющим определить их происхождение, на сегодня можно считать инфракрасную Фурье-спектрометрию.



1

Образование токопроводящих мостиков между печатными проводниками в результате сочетания разности потенциалов, влаги и загрязнений поверхности печатных плат

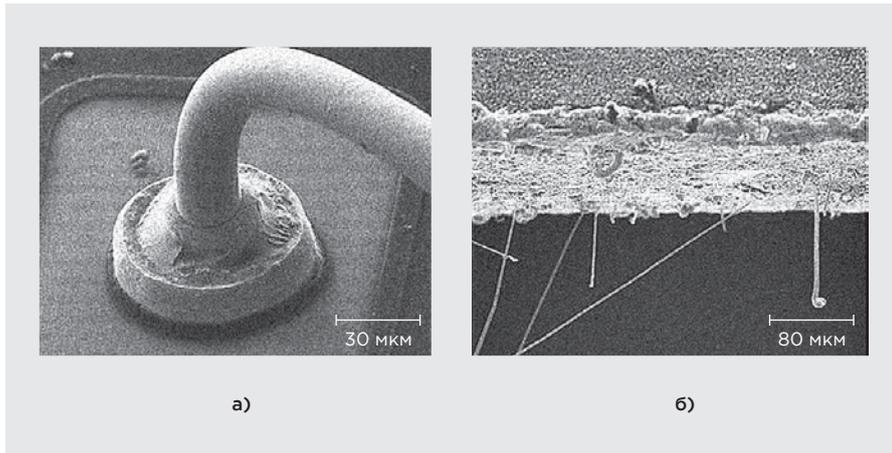
Еще одна проблема, решаемая средствами спектроскопии, связана с загрязнением припоев. Подробного изучения составов припоев простыми оптическими методами недостаточно, поскольку вредные примеси в них либо только частично видимы, либо обнаруживаются не все. Требования к надежности аппаратуры повышаются, качество элементов межсоединений должно быть гарантировано во всех точках системы, а этих элементов становится всё больше, их размеры уменьшаются. Если в 60-х годах прошлого века считалась достаточной наработка на отказ ( $\lambda$ -характеристика) паек  $10^{-8}$  1/час, то сегодня требуется уже  $10^{-12}$  1/час. Очень важно применительно к пайке иметь хорошо подготовленную монтажную поверхность, оценку которой выполняют средствами рентгеноспектрального флюорографического анализа<sup>6</sup>.

## Микроскопия

Обычные (оптические) микроскопы распространены на участках технического контроля и в лабораториях электронных производств, но перманентная миниатюризация делает их недостаточно информативными для отработки технологий и управления качеством производственных процессов. Полную информацию о состоянии межсоединений дают сканирующие (растровые) электронные микроскопы, потому что глубина сфокусированного пространства в них на порядок больше, чем в оптических. На рис 2 показаны примеры высококачественных изображений, полученные на сканирующем электронном микроскопе при оценке микросварного соединения при наблюдении «усов», образовавшихся из оловосодержащего покрытия на печатной плате<sup>7</sup>.

В составе оборудования для металлографического анализа<sup>8</sup> электронные сканирующие микроскопы позволяют увидеть, как деформируются элементы межсоединений в многослойных структурах печатных плат (рис 3) и как может повраться внутреннее соединение в многослойных печатных платах (рис 4).

В металлографии используют обычный оптический микроскоп с увеличением порядка 200x с возможностью измерений и документирования кристаллических структур. В сканирующем электронном микроскопе увеличение может достигать нескольких тысяч крат (до 1 000 000x), и если регистрировать характеристическое рентгеновское излучение,



2

Фотографии, полученные на сканирующем электронном микроскопе: а – микросварное соединение; б – образование «усов» из оловосодержащего покрытия

испускаемое образцом после его облучения пучком электронов, то можно «разглядывать» объект в композиционном контрасте и одновременно определять элементный состав наблюдаемых элементов структуры.

Получение четкого детализированного изображения при металлографическом анализе важно тем, что с его помощью можно настроить технологию пайки. При анализе качества паяных соединений необходимо видеть, какой критической толщины образовалось интерметаллическое соединение: при его отсутствии процесс пайки считается незавершенным, а при большой толщине интерметаллида пайка считается ненадежной (рис 5).

## Интроскопия

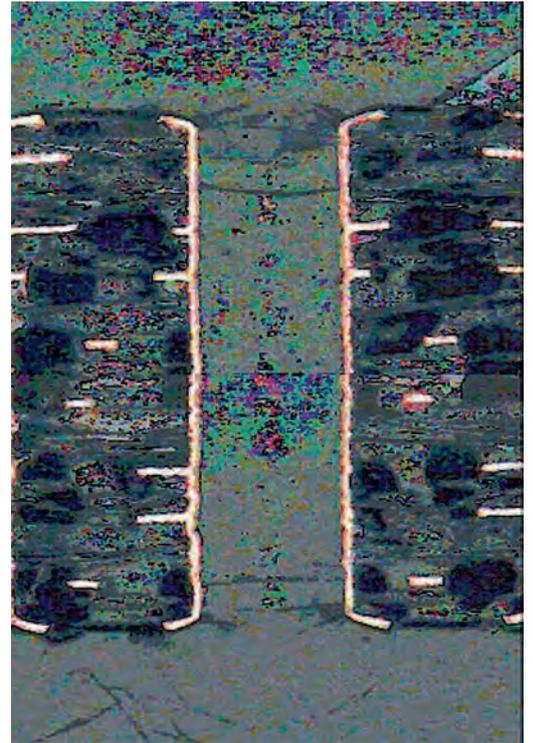
Рентгеновское изображение и ультразвуковое сканирование – средства интроскопии, особенно востребованные для обнаружения внутренних неоднородностей в проводниковых структурах (рентген) и электроизоляционных конструкциях (ультразвук). Анализ состояния невидимых для визуального осмотра неоднородностей – предвестников отказов – может значительно улучшить производственные процессы. Для оценки качества паяк ВГА-компонентов применение рентгеновской аппаратуры особенно необходимо в связи с тем, что их шариковые выводы расположены под корпусом, и их дефекты, а также дефекты их пайки, можно обнаружить лишь методами рентгеновской интроскопии (рис 6) и с помощью технологии периферийного (граничного) сканирования JTAG (рис 7). Для этой цели сегодня разрабатывают программы, реализующие автоматическую оценку качества паяк шариковых выводов<sup>9</sup>.

Под рентгеном можно увидеть точность совмещения элементов межсоединений в многослойных печатных платах (рис 7).

Еще более мощный и информативный инструмент исследования – рентгеновская компьютерная томография, которая позволяет увидеть срезы объекта в любой плоскости (рис 8).

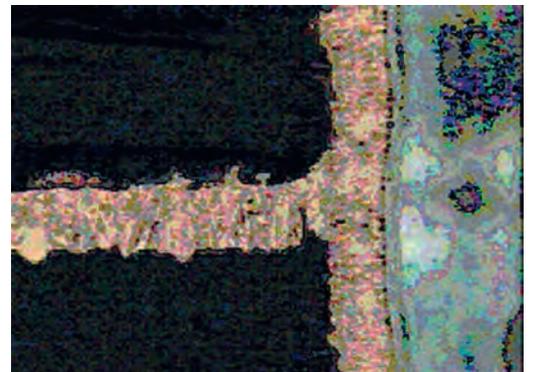
## Лаборатория анализа качества электронной аппаратуры

Предприятия, владеющие средствами металлографии, электрического тестирования, интроскопии, термомеханического анализа, в своем понимании проблем контроля качества продвинулись настолько далеко, что обнаружили, что и этих средств зачастую оказывается недостаточно для достоверного выявления причин отказов. Была осознана потребность в более тонком анализе состояния электронной аппаратуры во всех ее эле-



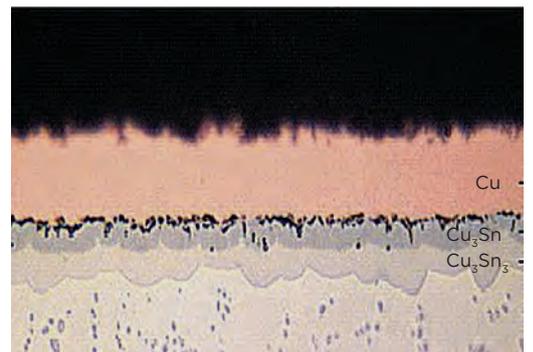
3

Металлографический шлиф металлизированного отверстия после нагрева до температур пайки



4

Начало разрыва соединения внутреннего слоя МПП с металлизацией отверстия



5

Микрошлиф паяного соединения, по которому можно оценить толщину интерметаллических слоев

ментах: электронных компонентах, печатных платах, паяных соединениях, разъемах, влагозащите, радиационной стойкости и т. п. Лаборатория, способная объективно и доказательно проводить такой анализ, должна также иметь еще целый ряд дополнительных средств контроля качества электронных устройств<sup>10-19</sup>. К ним относятся:

- оборудование, реализующее термомеханический метод исследования полимеров, который позволяет определить температуры стеклования и деструкции базовых материалов;
- разрывные машины для определения пластичности гальванически осажденной меди в отверстиях печатных плат;
- машины для определения прочности паяк на срез;
- гидростат для экспертного определения чистоты отмывки плат от технологических загрязнений;
- средства для пайки при проведении всевозможных анализов;
- электрические измерительные приборы для испытаний электрической изоляции и проводимости;
- средства функционального, параметрического и диагностического контроля электронных средств: печатных плат, печатных узлов и блоков, электронных устройств в целом.

Аналитическая лаборатория предназначена для:

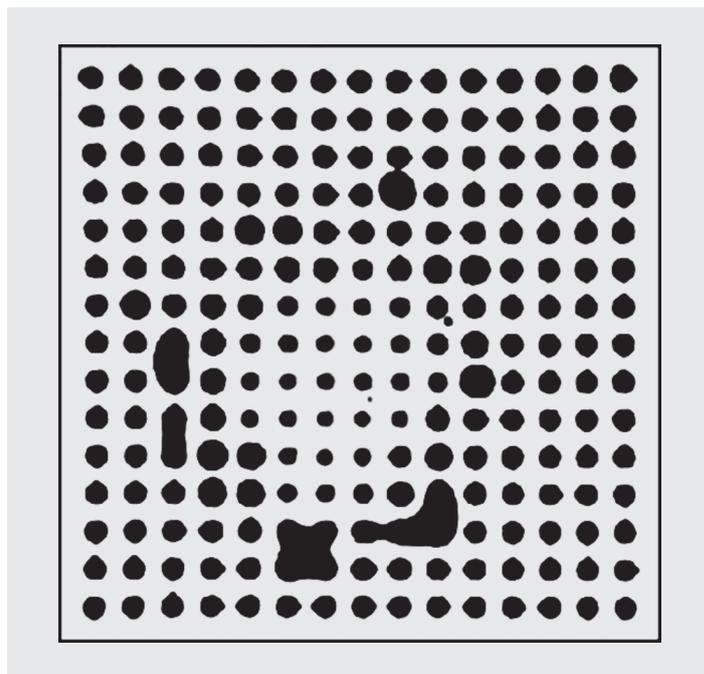
- входного контроля базовых материалов;
- анализа состояния технологии производства электронной аппаратуры;
- анализа дефектов печатных плат, печатных узлов (электронных модулей), электронных блоков;
- анализа причин отказов электронной аппаратуры.

Рекомендуемые типы проверок, состав и назначение технических средств лаборатории приведены в **Т 1**.

Средства глубокого анализа состояния всех элементов электронной аппаратуры – это глаза и уши технолога и конструктора в деле определения степени совершенства разработки и производства с точки зрения обеспечения качества и надежности продукции и технологического процесса. Неприятно слышать от руководства: «Делайте хорошо, и вам не потребуются ваши лаборатории. Нет денег на ваши забавы!» Такая точка зрения не имеет права на существование, поскольку оценить, насколько результаты производства соответствуют критерию «делайте хорошо», можно только при помощи аппаратуры, позволяющей всесторонне изучить качество изделия, достоверно диагностировать уровень его надежности. **▢**

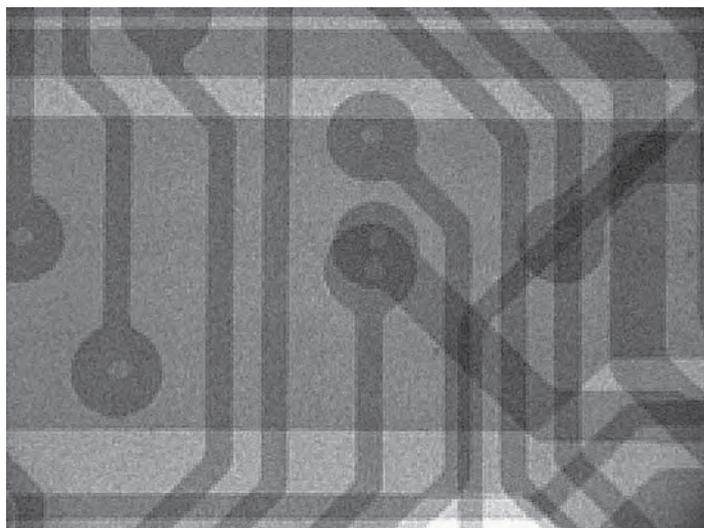
## Литература

1. ГОСТ 23752.1. Платы печатные. Методы испытаний.
2. **Левкина Н., Ванцов С., Медведев А.** Влагозащитные покрытия печатных плат // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2018. № 7. С. 124–129.
3. **Медведев А., Боданов А.** Эффективность влагозащиты печатных узлов // Технологии в электронной промышленности. 2018. № 6. С. 52–56.



6

Рентгеновское изображение паяк под корпусом BGA-компонента



7

Рентгеновское изображение внутренних слоев многослойной печатной платы



8

Томография межсоединений в двусторонней плате

Т 1

Состав и назначение технических средств лаборатории анализа качества электронной аппаратуры

ВИД ТЕСТИРОВАНИЯ	КОНТРОЛЬНАЯ АППАРАТУРА	УРОВЕНЬ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ		
		ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ	ПЕЧАТНЫЕ УЗЛЫ (ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ)	БЛОКИ
Функциональный контроль межсоединений	Тестеры с контактирующими устройствами типа «летающие щупы»	Проверка монтажных соединений («прозвонка»)	-	-
Граничное тестирование	Системы периферийного сканирования JTAG	-	Проверка узла на отсутствие дефектов монтажа после сборки	Проверка блоков на отсутствие вторичных дефектов перед функциональным контролем
Функциональный контроль работоспособности аппаратуры	Специализированные комплексы «под ключ» для каждого конкретного изделия	-	Проверка работоспособности электронных модулей	Проверка работоспособности электронных модулей и блоков в целом
Внутрисхемный контроль	Тестеры с контактирующими устройствами типа «летающие щупы»	Проверка качества соединений и изоляции разобщений	Внутрисхемное тестирование: проверка межсоединений и состояния электронных компонентов, проверка узла на соответствие конструкторской документации	Проверка межзловых соединений в блоке и состояния электронных модулей
Диагностический контроль	Находится в разработке в МАИ	Прогнозирование надежности межсоединений	Углубленный внутрисхемный контроль, в том числе с использованием дополнительных внешних воздействий	
Металлографический анализ	Комплект металлографического оборудования: машина для микрошлифов, металлографический микроскоп, оснастка для заливки шлифов	Анализ качества внутренних межсоединений в многослойных печатных платах	Анализ качества паяных соединений	Анализ качества непаяных соединений и разъемов
Реологический анализ	Лабораторная разрывная машина	Анализ адгезии фольги к диэлектрическому основанию печатных плат Анализ пластичности металлизации отверстий	Анализ прочности паяных соединений	Анализ прочности непаяных соединений (пресс-фит)
Термографический анализ	Термомеханический анализатор	Определение температуры стеклования базовых материалов на входном контроле	Определение термоустойчивости неметаллических деталей	Определение термоустойчивости неметаллических деталей
Рентгеновская интроскопия	Узкофокусный рентгеновский аппарат	Определение точности совмещения пространственных элементов в многослойных платах	Определение качества паяных соединений, недоступных для визуального контроля (типа BGA)	Определение качества непаяных соединений

ВИД ТЕСТИРОВАНИЯ	КОНТРОЛЬНАЯ АППАРАТУРА	УРОВЕНЬ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ		
		ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ	ПЕЧАТНЫЕ УЗЛЫ (ЭЛЕКТРОННЫЕ МОДУЛИ)	БЛОКИ
Электрическая кондуктометрия	Измеритель микросопротивлений Тераомметры	Определение качества элементов межсоединений Определение качества электроизоляционных конструкций	Поиск неисправностей межсоединений в электронных модулях	Поиск неисправностей межсоединений в электронных блоках
Микроскопия	Биноккулярный микроскоп. Биноккулярный визиометр Микроскоп высокого увеличения с документированием объекта наблюдения	Микроскопический контроль печатных плат по признакам внешнего вида	Микроскопический контроль печатных узлов по признакам внешнего вида	Микроскопический контроль элементов конструкций электронных блоков по признакам внешнего вида
Измерение загрязнений	Кондуктометр Гидростат	Определение качества очистки поверхности печатных плат	Определение качества очистки поверхности печатных узлов после пайки	Определение качества очистки поверхности электронных блоков после сборки
Экспертный анализ дефектов и отказов	Рабочее место монтажника (набор инструментов для монтажа-демонтажа электронных компонентов), тестеры, инструмент для препарирования объектов анализа	Анализ дефектов и отказавших элементов печатных плат	Анализ дефектов и отказавших элементов печатных узлов	Анализ дефектов и отказавших элементов электронных блоков

4. **Медведев А., Мылов Г.** Надежность электрических межсоединений в электронных сборках авионики // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2013. № 9. С. 12–18.
5. **Медведев А.** Печатные платы. Электрохимические процессы деградации изоляции // Технологии в электронной промышленности. 2013. № 1. С. 16–18.
6. **Грибков М., Медведев А., Мылов Г., Сержантов А.** Рентгеноспектральный флюоресцентный анализ в производстве электроники // Производство электроники. 2008. № 1. С. 48–52.
7. **Деген Д., Усама М., Бабушкин С.** Пустоты в компонентах с контактными площадками на нижней стороне корпуса // Технологии в электронной промышленности. 2018. № 6. С. 70–72.
8. **Анчевский И., Медведев А.** Металлографический анализ многослойных печатных плат // Технологии в электронной промышленности. 2005. № 2. С. 35–37.
9. **Тазитдинов И.** Эффективный метод поиска дефектов монтажа электронных компонентов в корпусах типа BGA // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2018. № 6. С. 148–153.
10. **Медведев А., Бекишев А.** Входной контроль компонентов // Компоненты и технологии. 2008. № 10. С. 84–87..
11. **Васильев Ф., Медведев А., Сокольский А.** Диагностический контроль электрических соединений в авионике // Практическая силовая электроника. 2013. № 1. С. 42–44.
12. **Медведев А.** Исследование термических нагрузок на композиционные материалы авионики // Авиационные материалы и технологии. 2013. № 2. С. 74–80.
13. **Медведев А.** Сопоставительные испытания покрытий под монтажную пайку // Компетентность. 2016. № 6. С. 48–51.
14. **Медведев А.** Модели усталостных разрушений паяных соединений // Производство электроники. 2007. № 2. С. 1–4.
15. **Медведев А.** Рентгенофлюоресцентный анализ // Производство электроники. 2007. № 3. С. 48–52.
16. **Мейлицев В.** Сертификационные испытания – единственный объективный способ подтверждения качества ЭКБ // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2018. № 5. С. 62–71.
17. Investigating damage on assemblies for quality assurance // Electronics Production and Test. 2018. № 11. Pp. 72–74.
18. **Васильев Ф., Медведев А.** Надежность печатных узлов авионики // Надежность и качество сложных систем. 2015. № 2. С. 23–26.
19. **Медведев А., Мылов Г.** Современные требования к электронным сборкам // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 10. С. 32–40.

# УМНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ: ИСПЫТАНИЯ ПОД КОНТРОЛЕМ ИДЕАЛАБ

«Умный дом – это когда весь чердак завален книгами»

Текст: Дмитрий Groшиков  
Василий Рыбалко

Сегодня каждый человек знаком с термином «умный дом», но при этом каждый представляет его по-своему. В представлении обычных людей всё сводится к автоматизации процессов: задача «умного дома» в том, чтобы кто-то – искусственный интеллект – помогал человеку в его повседневных задачах. Так и в испытательной лаборатории сотрудникам нужна помощь в решении повседневных задач: в получении и запоминании информации, её обработке, контроле над оборудованием и процессами испытаний, в хранении данных, полученных при испытаниях. Так что же такое «умная лаборатория» и как обеспечить контроль проведения испытаний современными средствами? Давайте рассмотрим один из аспектов этого понятия – автоматизацию.

В автоматизации выполнения рутинных операций регистрации режимов испытаний и для повышения достоверности результатов испытаний в лабораториях давно применяют самописцы. Ранее они были бумажными, потом появились электронные, а сейчас всё чаще встречаются цифровые, сразу передающие информацию в персональный компьютер оператора. Для цифровых самописцев характерно отсутствие самого устройства, установленного непосредственно в камеру или стенд. Они, как правило, получают информацию от испытательного оборудования по протоколу обмена, встроенному в камеру производителем. Такие цифровые самописцы есть практически у каждого производителя испытательного оборудования.



1

Внешний вид контроллера

Вся информация от камеры или стенда сохраняется в персональном компьютере, подключенном к камере через специальный адаптер (например, у Espres такое устройство называется Online converter).

Но что делать, если в парке испытательной лаборатории есть камеры, произведенные в разные годы (с интерфейсами связи и без них) и к тому же – разными производителями? На этот случай ни у одного производителя испытательного оборудования готового решения нет. Его и не может быть, так как производитель не в состоянии учесть особенности работы конкретного испытательного оборудования у заказчика.

Используя свой большой опыт работы с различным испытательным оборудованием, специалисты ООО «Остек-Тест» разработали и внедрили на нескольких предприятиях универсальную систему сбора данных под торговой маркой «ИдеаЛаб». Это устройство имеет небольшой размер, не больше бытового роутера, и обеспечивает подключение к любому существующему протоколу связи (рис 1).

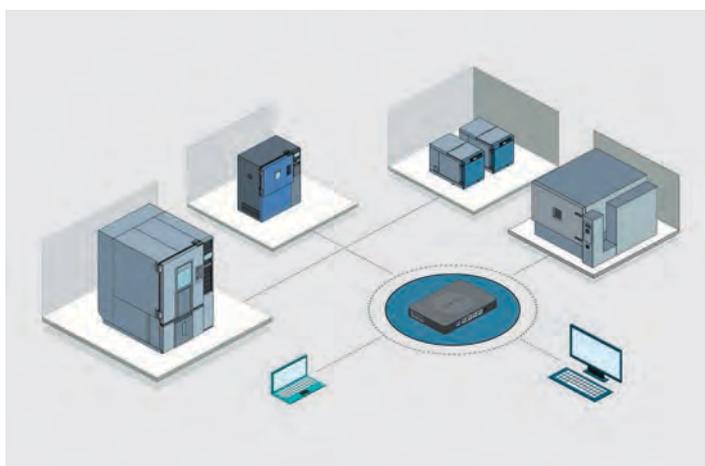
Система позволяет отображать состояние любого ис-

пытательного оборудования любых производителей, в том числе моделей, не оснащенных цифровыми интерфейсами. Это возможно благодаря гибкой настройке на работу с различными протоколами данных и наличию дополнительных аналогово-цифровых модулей (рис 2).

В системе реализованы сбор, хранение и обработка данных в соответствии с потребностями пользователя. Данные могут быть выгружены из программы в виде любой настраиваемой формы, например, в виде Excel-таблицы (рис 3).

Передача данных к персональному компьютеру может быть дополнительно зашифрована для защиты информации. Само устройство защищено от несанкционированного доступа на программном и аппаратном уровнях.

Основной экран программы отображает состав испытательной лаборатории и дает оператору возможность контролировать состояние оборудования и текущий режим испытаний. Информация представлена как в виде таблиц, так и в виде графических моделей оборудования для удобства пользователя (рис 4 и 5).



2

Структура связи между рабочими местами операторов и испытательным оборудованием

Дата	Время	T_текущая	T_заданная	RH_текущая	RH_заданная	Аварии	Кол-во помпр-в	Номер оператора	Режим	Комп-р статус	Программа
12.01.2017	11:31:24	48,6	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:31:46	48,5	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:32:08	48,5	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:32:31	48,5	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:32:53	48,5	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:33:10	48,5	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:33:33	48,4	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:33:55	48,4	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:36:15	48,2	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:36:38	48,2	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:37:01	48,2	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:39:27	48	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:39:50	48	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:40:12	48	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:40:35	48	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:40:59	47,9	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:43:17	47,8	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:43:41	47,8	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:47:49	47,5	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:48:13	47,5	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:48:37	47,4	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2
12.01.2017	11:49:00	47,4	65	-1	-1	0	1	0	STANDBY	OFF1	PAT-2

3

Табличный вариант сохраняемых данных в формате .xls



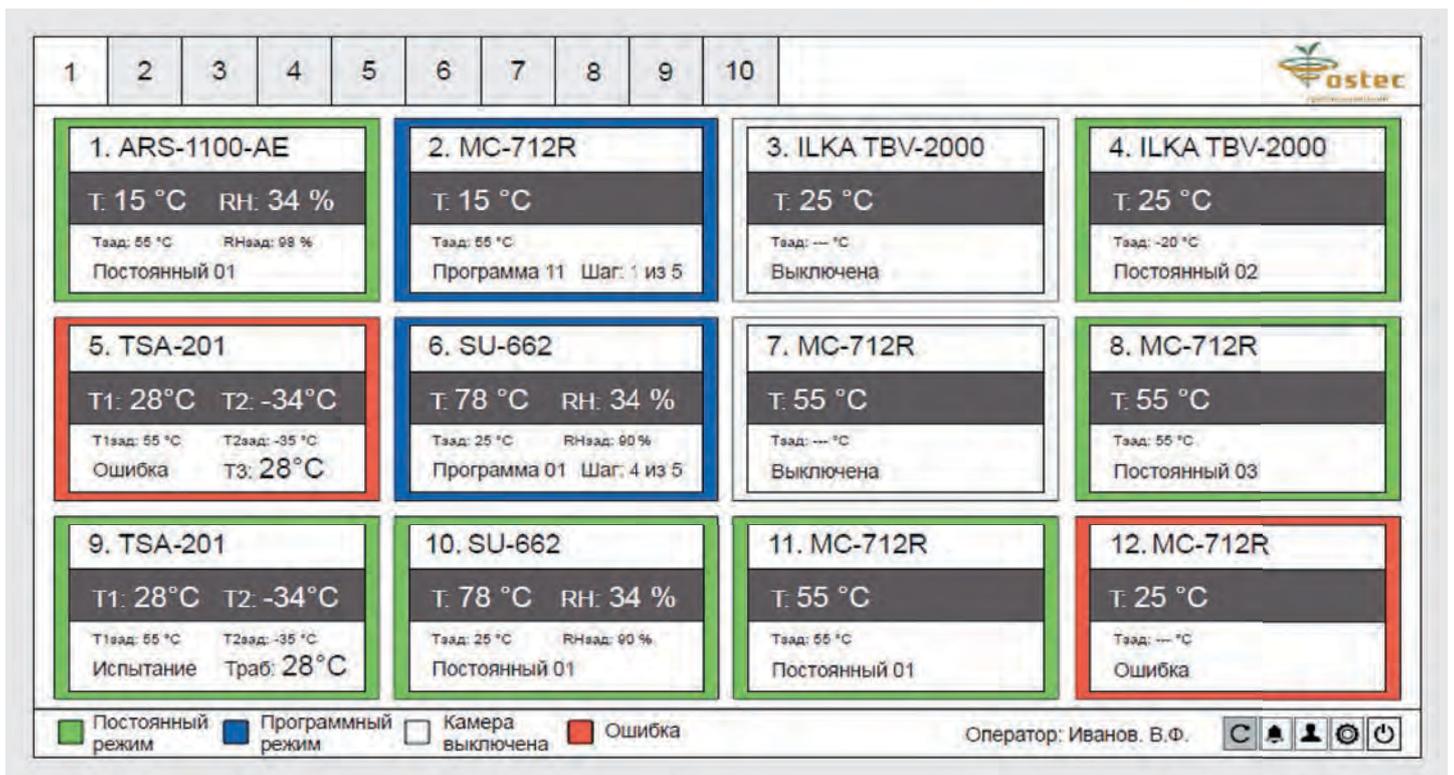
4

Графическое представление информации об оборудовании

Дополнительная информация выводится после выбора оператором конкретной единицы испытательного оборудования (рис 6).

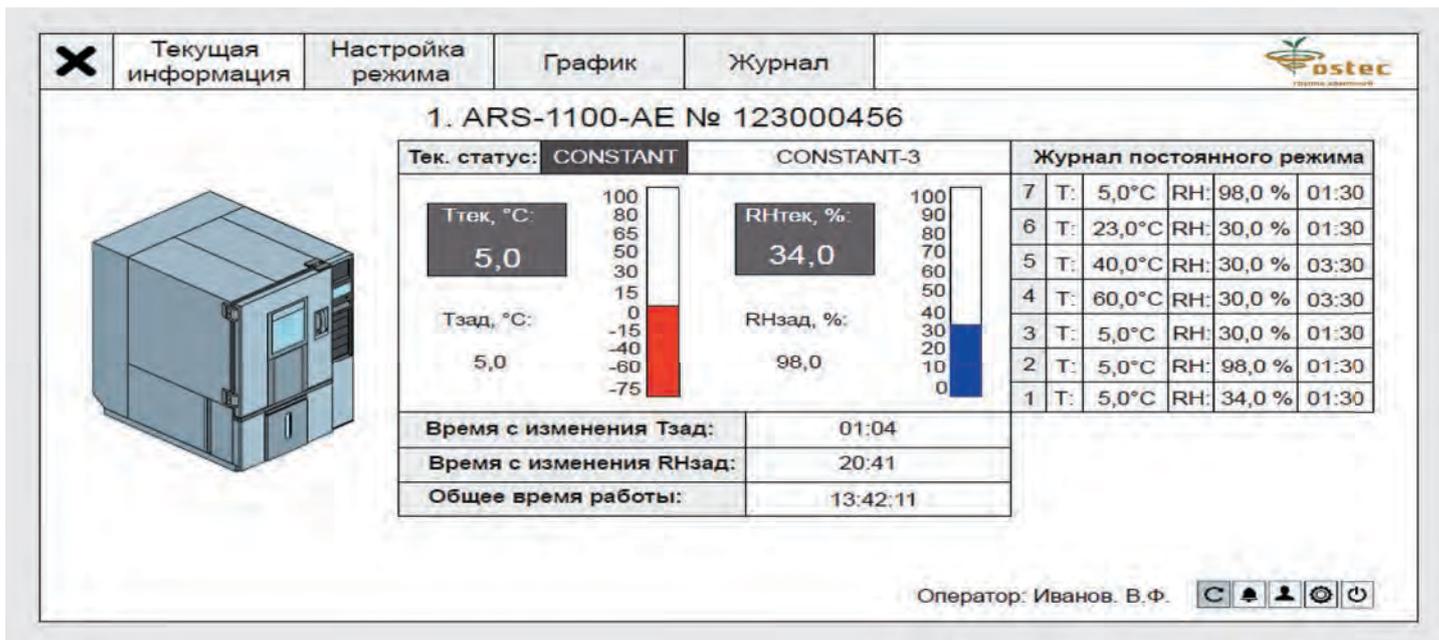
При этом пользователь может выбрать и настроить объем выводимой информации для разного уровня доступа и для различного оборудования (рис 7).

От того, насколько сам пользователь понимает, какие задачи ему необходимо решить, что автоматизировать, в каком виде удобно получать результат, зависит, насколько система будет эффективна после внедрения. Иными словами, задача на этапе разработки проекта должна быть конкретной. ↙



5

Табличное представление информации об оборудовании

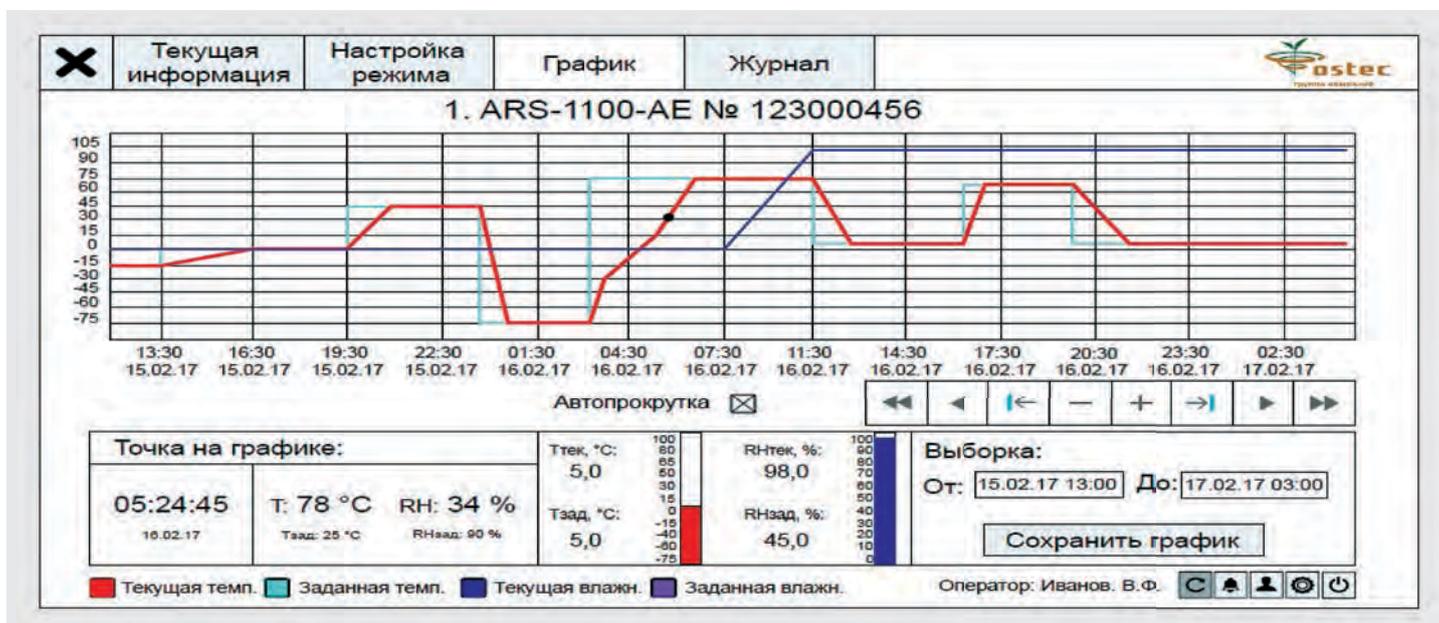


6

Общая информация о работе оборудования

Предприятия, уже внедрившие систему «ИдеаЛаб» на своих производствах, подтверждают, что основная задача: автоматизировать работу испытателей, сделать ее удобной и производительной – решена. ИдеаЛаб – это удобный инструмент для объединения разнородного испытательного оборудова-

ния в единую «умную лабораторию», в которой за автоматизацию отвечает «ИдеаЛаб», а человеческие ресурсы могут быть использованы для совершенствования других аспектов испытаний продукции, о которых мы расскажем в следующих статьях журнала «Вектор высоких технологий».



7

Меню графической информации о режиме работы камеры

# ОПТИМИЗАЦИЯ

# РУЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 4.0 – НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РУЧНОГО ТРУДА



Текст: Роман Лыско

Около года назад на выставке ЭлектронТехЭкспо 2018 команда Остека представила работающий образец программно-аппаратного комплекса «Умное рабочее место»®. Демонстрация системы вызвала огромный интерес отраслевой аудитории, так как давала ответы на насущные вопросы производителей, которые активно используют ручной труд монтажников:

- как обеспечить «прозрачность» и управляемость процессами;
- как снизить влияние человеческого фактора и повысить качество продукции;
- как обеспечить «прослеживаемость» прохождения изделий по всем технологическим операциям;
- как повысить общую эффективность работы.

В статье мы рассмотрим концептуальные и системные изменения в организации ручного производства, которые происходят после внедрения на предприятии комплекса «Умное рабочее место».

Предложенное решение является реализацией принципов Индустрии 4.0 применительно к ручному производству, где невозможно заменить людей оборудованием. Другими словами, «Умное рабочее место» – важный элемент организационно-производственной концепции «Ручное производство 4.0», в которой объединены ручной труд и передовые цифровые технологии. Давайте разберемся, в чем заключаются основные принципы организации этой концепции.

Если рассматривать радиоэлектронную промышленность в целом, то за последние десятилетия сделаны существенные шаги по автоматизации процессов и внедрению новых производственных технологий (рис 1). Увеличилась скорость и точность автоматов установки компонентов, принтеров трафаретной печати, уменьшились размеры компонентов, которые можно устанавливать в автоматическом режиме. Большое число производственных операций было автоматизировано: лакировка, селективная пайка, автоматический рентгеновский контроль и т.д. Если бы технологии производства и сборки электроники остались на уровне 70-80-х годов прошлого столетия, обеспечить сегодняшний уровень оснащённости электронными устройствами было бы невозможно. Сегодня количество и функциональные возможности электронных устройств, которые окружают современного человека, многократно превышают те, что были несколько десятков лет назад.

Несмотря на очевидные успехи в области автоматизации производства радиоэлектронной аппаратуры ни одно, даже самое современное предприятие, не смогло отказаться от ручного труда при производстве радиоэлектронных изделий (рис 2).

Причины, по которым нельзя окончательно отказаться от ручного труда:

- компоненты и комплектующие в изделиях, монтаж и установку которых сложно осуществить в автоматическом режиме либо автоматизация этих процессов потребует существенных финансовых затрат и экономически невыгодна;
- технологические операции и процессы, выполнять которые должен только человек: настройка, регулировка, слесарная и финишная сборка;
- необходимость устранения дефектов и доработки изделий;
- создание опытных образцов и прототипов изделий;
- наличие в портфеле заказов изделий единичных или малых серий.

Эти причины в ближайшие годы и даже десятилетия не позволят уйти от ручного труда на производствах. Но можно изменить подходы к организации и управлению ручным производством и в целом повысить эффективность ручного труда – с помощью концепции «Ручное производство 4.0». В этой концепции самыми важными составляющими являются оснащение рабочих мест и организация и управление производственным персоналом. Давайте рассмотрим их подробнее.

От уровня оснащённости рабочих мест во многом зависит эффективность работы персонала. Производители ручного оборудования и инструмента по-



1

Автоматизированная сборочная линия на контрактном производстве ПО "Электроприбор"



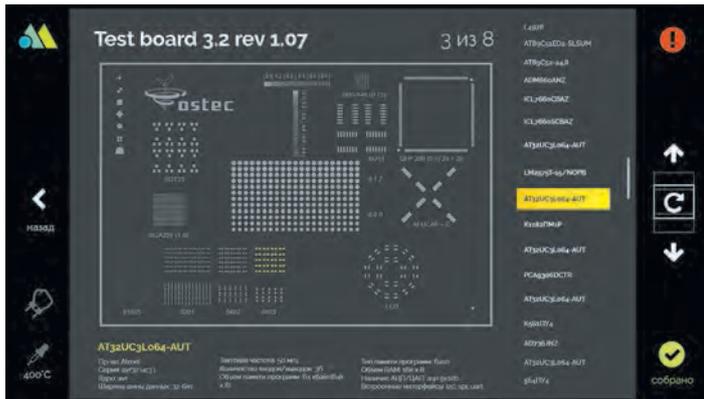
2

Участок ручного монтажа на ООО «Инфотэкс»



3

Четырёхканальная цифровая ремонтная паяльная станция DMVE-2A компании JBC



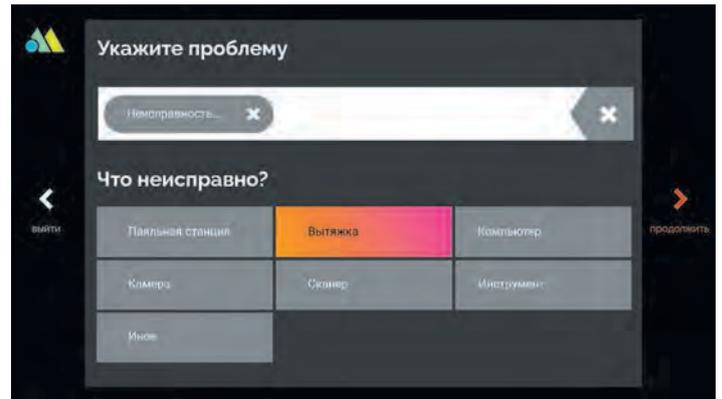
4

Интерактивный сборочный чертеж на мониторе

стоянно совершенствуют свои разработки в плане эргономики, быстродействия, точности параметров. Эти изменения можно четко отследить на примере паяльного оборудования. Современные паяльные станции (рис 3) делают пайку более контролируемой и высокопроизводительной: в них автоматизирован процесс подачи припоя; управление и контроль параметров пайки происходят с помощью микропроцессора, интегрированного в станцию, обеспечивая гарантируемое качество и производительность. Потребность в современном паяльном оборудовании обусловлена тем, что сейчас появляется все больше электронных компонентов, при пайке которых предъявляют требования не только по точности температурных параметров, но и по скорости восстановления температуры жала после теплопередачи.

Еще недавно контроль параметров и отслеживаемость в процессах ручной пайки были сложными, ненадежными, дорогими и неполными процессами. В современных паяльных станциях можно собирать и отображать данные с помощью цифрового интерфейса, предназначенного для мониторинга. Это дает возможность получать полную информацию о технологических режимах пайки в режиме реального времени и анализировать её.

В целом, тенденция развития ручного инструмента направлена на улучшение эргономических свойств оборудования, повышение производительности и расширение возможностей по сбору данных. Использование современного «умного инструмента» на рабочих местах – это только часть мероприятий по внедрению «Ручного производства 4.0». Переход к этой концепции подразумевает использование системы управления и создания производственной среды, где объединены в единое целое все составляющие ручного производства. Специалисты ООО «Остек-СМТ» в рамках общей стратегии по развитию инструментов Индустрии 4.0 разработали программно-аппаратный комплекс



5

Интерфейс модуля оповещения о неисправностях на рабочем месте

«Умное рабочее место», который решает данные задачи.

Другая важная составляющая производственной системы – персонал, который является единым целым с этой системой. Во многом такое единство обеспечивается за счет внедрения средств визуализации процессов и оперативного доступа к необходимой информации, что минимизирует риски ошибочной сборки изделий и позволяет снизить время на поиск необходимых данных (рис 4).

Помимо доступа к конструкторской документации персоналу необходима информация о последовательности операций, которая снижает вероятность ошибочных действий на рабочих местах. Возможности программно-аппаратного комплекса позволяют «привязать» к каждому компоненту его описание и технические характеристики.

Немаловажная составляющая «Умного рабочего места» – возможность диспетчеризации производственных процессов. Система управления позволяет непосредственно передавать информацию на рабочие места, обеспечивая высокий уровень детализации процессов, доступность и минимизацию вероятности искажения. Еще одна важная составляющая системы – наличие оперативной обратной связи (рис 5). Фиксация на рабочем месте проблемных моментов – например, выход из строя оборудования, отсутствие комплектующих или материалов – дает возможность оперативно реагировать на них.

Помимо оперативного реагирования система позволяет получать сборную аналитическую информацию в разрезе по каждому сотруднику или участку и проводить предупреждающие мероприятия.

Важный фактор, который стоит рассмотреть в концепции «Ручного производства 4.0» – это мотивация персонала. Уже сама по себе оснащенность современным рабочим инструментом, мониторами для отображения/ввода информации и другим высокотехнологичным оборудованием создает по-

зитивный настрой и благоприятно влияет на мотивацию персонала. Комплекс «Умное рабочее место» помимо обеспечения высокого уровня оснащенности предоставляет оцифрованную информацию по каждому сотруднику в разрезе различных показателей. Это может быть хорошим инструментом для руководителя для принятия различных управленческих решений с максимальным уровнем объективности. Наличие объективных показателей для оценки результатов труда каждого сотрудника является той основой, на базе которой можно создать более прозрачную систему мотивации. Для сотрудников важно понимать, что любые действия по поощрению или наказанию обоснованы и справедливы.

«Ручное производство 4.0» – это производственная среда, где применяется самое современное оборудование и инструменты для оснащения рабочих мест. В этой среде максимально оцифрованы процессы и обеспечен контроль на каждом рабочем месте.

Руководитель в режиме реального времени может получить доступ к информации о текущем состоянии дел в производственном подразделении и собрать аналитику по различным производственным показателям, например, по объему выпущенной продукции и статистике дефектов (рис 6, 7).

Важно, что фиксируется вся история производственных операций с изделием, на основе чего формируется цифровой паспорт изделия. Цифровой паспорт изделия включает историю операций, сотрудников, технологические параметры, результаты прохождения операций контроля и другую полезную информацию (рис 8).

Программно-аналитический комплекс «Умное рабочее место» позволяет руководителю иметь четкий контроль над работой подразделения, получая максимально объективные данные по основным показателям. 

**У ГК Остек есть все необходимые инструменты для перехода к концепции «Ручное производство 4.0», начиная от оборудования для оснащения рабочих мест и заканчивая программно-аналитическим комплексом «Умное рабочее место». Внедрение этих систем позволит повысить производительность на участках ручного труда, снизить влияние человеческого фактора, повысить уровень управляемости и контроля.**



6

Статистика дефектов по изделию



7

Статистика сборки изделий за смену



8

Считывание QR-кода с историей всех технологических операций по изделию

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ для УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ПРИМЕРЕ ЦСУП



Текст: Юрий Смирнов



Вопрос оценки эффективности внедрения программных продуктов не новый, на эту тему уже много сказано и написано. Но все источники сходятся в том, что оценить эффект сложно, так как выделить прямую взаимосвязь между фактом внедрения программного обеспечения уровня ЦСУП (MES/ERP) и показателями предприятия трудно, а на финансовые показатели одновременно и разнонаправленно влияет огромное количество внешних и внутренних факторов. ЦСУП – это инструмент, которым нужно уметь пользоваться, поэтому эффект от внедрения зависит и от того, насколько грамотно менеджмент предприятия использует его.

1

Основные статьи затрат производственного предприятия (пример распределения)

№	ОСНОВНЫЕ СТАТЬИ ЗАТРАТ*	МЕТАЛЛООБРАБОТКА	ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
1	Материалы, комплектация, кооперация	35 %	60 %
2	Затраты на оплату труда	25 %	15 %
3	Энергоносители и коммунальные платежи	15 %	10 %
4	Инструмент / оснастка	5 %	5 %
5	Прочее	20 %	10 %

\* Соотношение указанных статей затрат может отличаться для различных отраслей и типов производства, например, для приборостроения и металлообрабатывающих производств. Для приборостроения будет значительно выше удельный вес затрат на комплектующие.

Внедрение ЦСУП масштаба предприятия – это инвестиционный и дорогостоящий проект. И как любой инвестиционный проект оно должно быть ориентировано на улучшение финансового результата деятельности предприятия. Традиционный способ оценить эффективность инвестиции – рассчитать отношение достигнутого положительного финансового результата, полученного в период реализации инвестиционного проекта, к величине осуществлённых инвестиций, то есть:

$$\text{Эффективность от внедрения ЦСУП} = \frac{\text{Достигнутый положительный финансовый результат от внедрения ЦСУП}}{\text{Затраты на приобретение, внедрение и поддержку ЦСУП}}$$

Что касается затрат на приобретение и внедрение ЦСУП, то они понятны и их можно подсчитать или увидеть в коммерческом предложении. А вот с оценкой планируемого или достигнутого финансового результата традиционно есть сложности.

Затраты на приобретение, внедрение и поддержку Цифровой Системы Управления Производством складываются из:

- стоимости программного обеспечения/лицензий;
- стоимости компьютерной техники и оборудования (если требуется);
- стоимости работ по адаптации и доработке ЦСУП (если требуется);
- стоимости затрат на техническую поддержку и сопровождение;
- ЗП сотрудников, задействованных во внедрении ЦСУП или стоимость услуг по внедрению.

А улучшить финансовый результат предприятия можно за счет увеличения объема выпуска и реализации продукции и/или за счет снижения затрат. Внедрение ЦСУП оказывает косвенное положительное влияние на объем реализации продукции за счет контроля и оптимизации себестоимости, повышения дисциплины и соблюдения сроков, персонализации ответственности и повышения уровня качества. Но наиболее существенное влияние использование ЦСУП оказывает на снижение и оптимизацию расходов на основные статьи затрат предприятия.

Каждое предприятие имеет индивидуальные особенности в своей структуре затрат, но в большинстве случаев именно эти статьи расходов составляют 60-80 % всех затрат предприятия.

ЦСУП – это инструмент, эффект от применения которого зависит от корректности и эффективности его

2

Возможный экономический эффект от внедрения ЦСУП и диапазоны влияния (оптимизации) на различные статьи затрат

№	СТАТЬИ ЗАТРАТ	ВОЗМОЖНЫЙ ДИАПАЗОН ВЛИЯНИЯ	СЧЕТ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА
1	Расходы на оплату труда производственных рабочих и отчисления	2-10 %	20
2	Расходы на оплату труда АУП и ИТР	2-3 %	26
3	Материалы	3-6 %	20
4	Комплектация	2-5 %	20
5	Расходы на кооперацию	2-5 %	20
6	Расходы на содержание и ремонт оборудования	1-5 %	20
7	Инструмент и оснастка	3-6 %	20
8	Потери от брака	2-5 %	21

3

Пример расчета возможного экономического эффекта от внедрения ЦСУП на машиностроительном предприятии с количеством сотрудников 147 человек и объемом реализации 0,5 млрд руб. в год на основании показателей за предыдущий период (год)

Статьи затрат (26 счет БУ. Общезаводские)	Удельный вес (%) статьи затрат	Сумма по статье (руб.)	Возможное снижение (%)		Возможное снижение (руб.)		Примечание
			мин	макс	мин	макс	
Амортизация		13 700 445					
ГСМ	4,4%	1 271 024					
Зарплата	10,5%	28 941 172	2%	5%	578 823	1 447 059	Мониторинг незагруженного персонала и его более рациональное использование; Корректировка норм на основании фактической производительности; Прозрачность закрытия сдельных нарядов, исключение возможности перераспределения ЗП между рабочими/заказами; Контроль превышения фактической ЗП основных рабочих над плановой ЗП; Оптимизация загрузки персонала (старт смены, сменноточные задания); Прозрачность мотивации для рабочих и повышение производительности; Контроль обеспеченности производства и снижение простоев.
Инвентарь		509 508					
Инструмент	9,3%	25 562 530	3%	6%	766 876	1 533 752	Контроль использования инструмента в привязке к заказу; Контроль превышения фактических затрат на инструмент над плановыми; Персонализация ответственности.
Командировочные расходы		489 660					
Комплекующие на краны	31,0%	85 165 734	2%	5%	1 703 315	4 258 287	Складской учет и контроль движения комплектующих в производстве; Контроль незавершенного производства; Контроль расхода материалов строго в привязке к нормам; Контроль превышения фактической стоимости ТМЦ над плановой; Оптимизация закупок комплектующих в соответствии с планом производства; Контроль причин возникновения брака и принятие своевременных мер; Повышение уровня качества и снижение потерь от брака; Прослеживаемость и персонализация ответственности;
Налоги		26 290					
Налоги, сборы и ПФР		-5 634					
Оснастка		186 102					
Отчисления в фонды (ПФР, ФФОМС, соц. страх)	3,3%	9 071 074	2%	5%	181 421	453 554	Пропорционально ЗП;
Охрана труда и прсанитария		226 759					
Подготовка кадров		57 675					
Профилактика оборудования		3 396 044	1%	1%	33 960	33 960	Контроль наработки оборудования до ППР; Персонализация ответственности персонала за использование оборудования;
Прочие		2 794 844					
Ремонт помещений (текущий)		1 200 384					
Ремонт станков и оборудования	1,9%	5 201 424	1%	1%	52 014	52 014	Контроль наработки оборудования; Персонализация ответственности сотрудников за поломки оборудования;
Ремонт транспорта		349 785					
Сертификация продукции		835 500					
Страховые взносы		464					
Сырье и материалы	29,2%	80 228 897	3%	6%	2 406 867	4 813 734	Складской учет и контроль движения материалов в производстве; Контроль роста незавершенного производства; Контроль расхода материалов строго в привязке к нормам; Контроль превышения фактической стоимости материалов над плановой; Контроль причин возникновения брака и принятие своевременных мер; Персонализация ответственности за ТМЦ; Снижение уровня неоформленного (сокрытого) брака;
Тара, упаковка		2 651 947					
Услуги	4,7%	13 022 436	2%	5%	260 449	651 122	Контроль превышения фактических затрат на кооперацию над плановыми; Планирование поставок по кооперации и снижение дополнительных затрат "за срочность"
Услуги по охране		2 670					
<b>Итого:</b>		<b>274 886 731</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>	<b>5 983 726</b>	<b>13 243 481</b>	

Статьи затрат (26 счет БУ. Общезаводские)	Удельный вес (%) статьи затрат	Сумма по статье (руб.)	Возможное снижение (%)		Возможное снижение (руб.)		Примечание
			мин	макс	мин	макс	
Амортизация		1 551 373					
Бланки		8 464					
Деловая репутация предприятия (полезная модель)		11 025					
Зарплата	48%	17 354 940	2%	3%	347 099	520 648	Возможно снижение ЗП ИТР/АУП за счет снижения численности на 1-2 человек; Снижение временных затрат на подготовку и диспетчирование производства при увеличении достоверности;
Инвентарь		9 718					
Инвентарь		47 157					
Интернет услуги		7 755					
Информационные услуги		343 343					
Канцелярские расходы		520 595					
Командировочные расходы		1 875 210					
Коммунальные расходы (газ, вода, эл. энергия)	13%	4 840 687	1%	1%	48 407	48 407	Контроль коммунальных расходов в корреляции с выпуском ГП;
Налог на землю, транспорт		485 725					
Налоги, сборы и ПФР		-2 817					
Обучение		19 294					
Отчисления в фонды (ПФР, ФФОМС, соц.страх)	15%	5 347 470	2%	3%	106 949	160 424	Пропорционально ЗП;
Охрана труда (медикаменты, осмотр и т.п.)		3 550					
Период, издания, спр. литература, конс. услуги		209 794					
Почтовая связь (услуги)		92 903					
Программное обеспечение		9 393					
Прочие		553 257					
Ремонт и содержание оргтехники, изм. эл. формы		205 019					
Ремонт служебного автомобиля		7 423					
Сертификация крана		40 607					
Страхование автомобиля		54 570					
Услуги		1 476 422					
Услуги (связи, банка и т.п.)		414 998					
Участие в выставке		261 630					
Бланки		762					
Канцелярские расходы		18 492					
Программное обеспечение		107 611					
Профилактика оборудования		2 818					
<b>Итого:</b>		<b>35 879 189</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>502 455</b>	<b>729 479</b>	

\* Для анализа были предоставлены данные бухгалтерского учета предприятия за предыдущий период, счета 20,21,23,25,26.

\*\* Желтым цветом выделены статьи затрат, на которые внедрение ЦСУП оказывает положительное влияние.

\*\*\* Красным цветом выделены статьи затрат с наибольшим удельным весом.

использования, а также от стартового уровня технологической зрелости и эффективности выстроенных на предприятии бизнес-процессов на момент внедрения. Поэтому для оценки экономического эффекта приме-

няются возможные диапазоны влияния (снижения) на различные статьи затрат. Данные диапазоны экспертно определяются совместно с представителями предприятия или по результатам проведенного аудита.

Такой подход позволяет с высокой степенью вероятности оценить максимально возможный экономический эффект в абсолютных цифрах и сравнить его с планируемыми затратами на внедрение ЦСУП.

**Вывод:** в данном примере в результате внедрения ЦСУП можно ожидать экономический эффект за счет снижения основных статей затрат в диапазоне от 2 до 5 % по различным статьям, что составляет от 6 до 13 млн руб. в год.

### Механизмы влияния ЦСУП на основные статьи затрат предприятия

Попробуем оценить возможную степень влияния использования ЦСУП на основные статьи затрат производственного предприятия. Для этого рассмотрим, каким образом ЦСУП может влиять на экономическую эффективность.

С одной стороны, ЦСУП – это мощнейший органайзер для упорядочивания бизнес-процессов производственного предприятия. Система должна позволять сопровождать производство от момента получения запроса от заказчика и стадии согласования договора до момента сдачи готовой продукции на склад и отгрузки заказчику. И также включать работу с конструкторской и технологической документацией, ведение складского учета и учета движения ТМЦ в производстве, управление закупочной деятельностью и обеспечением производства, а также оперативный

контроль, диспетчирование и планирование производства. Таким образом, в ЦСУП формируется и циркулирует большой объем достоверных, оперативных данных. Использование ЦСУП как организера оказывает общий положительный эффект, облегчая работу ИТР и АУП предприятия, а также снижает количество ошибок персонала на всех стадиях производства, начиная от подготовки производства, и снижает связанные с этими ошибками потери.

С другой стороны, ЦСУП – это мощный инструмент для мониторинга, контроля и анализа информации о производстве, формирующейся и циркулирующей в системе, который обеспечивает абсолютную прозрачность ситуации для руководителя. Оперативная достоверная информация и различные аналитические срезы позволяют руководителям различных уровней заблаговременно видеть возникающие проблемы со сроками обеспечения и изготовления, реагировать на проблемы с качеством продукции, контролировать экономическую составляющую производства.

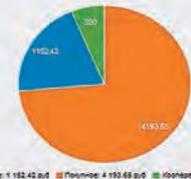
Встроенные инструменты ЦСУП должны не только сигнализировать, но и блокировать действия сотрудников предприятия, которые могут привести к увеличению затрат и превышению фактической себестоимости над плановой.

Наиболее эффективно ЦСУП позволяет контролировать расходы на приобретение сырья, материалов, комплектующих, полуфабрикатов, расходы на оплату труда

#### Калькуляция изделия

**Шкаф неутепленный ШНУ20 (ШНУ20-00.00.000) [1]**

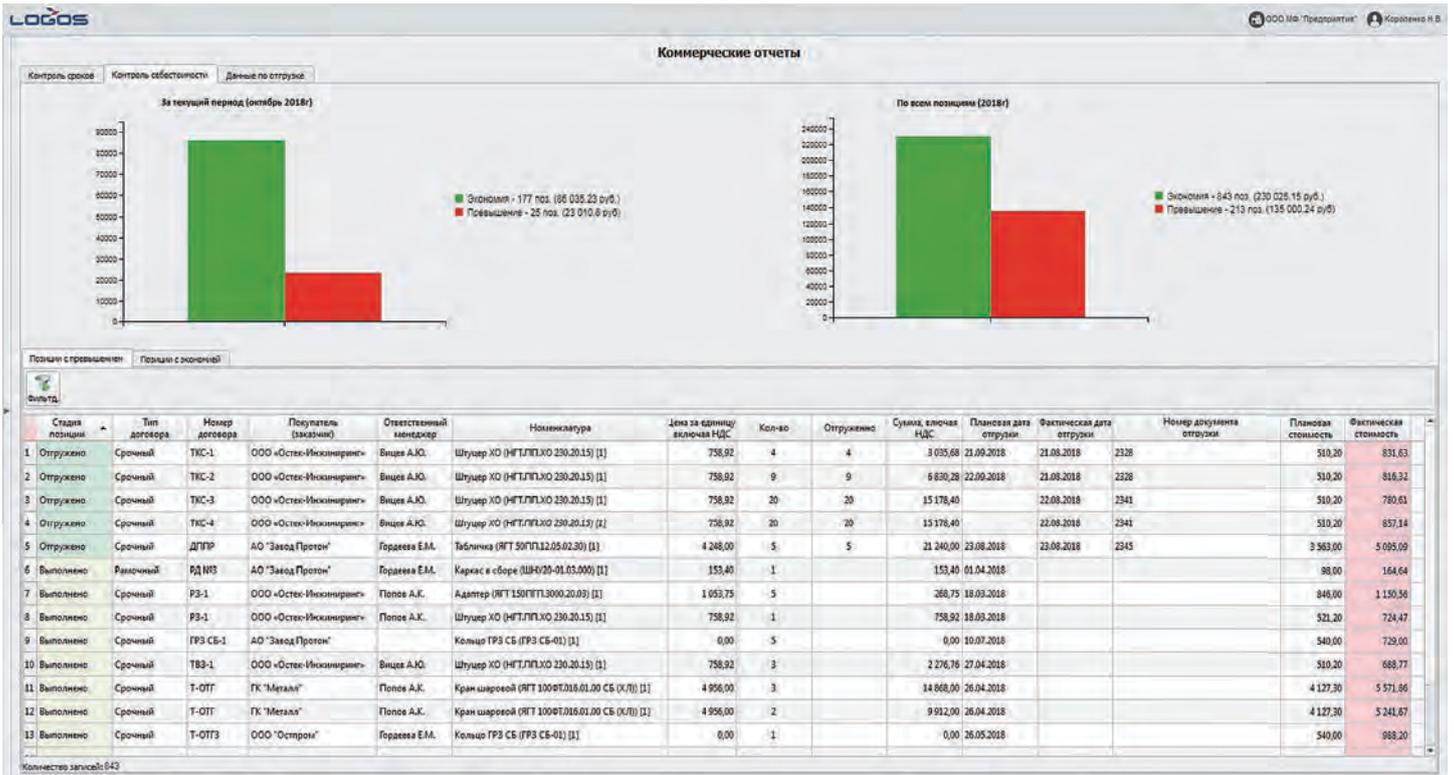
Суммарная трудоемкость:	9,42 час	Дополнительная заработная плата (8,3%):	95,65 руб
Основные материалы:	1 583,38 руб	Социальные нужды (31,3%):	360,71 руб
Вспомогательные материалы:	0,00 руб	Общепроизводственные расходы (340%):	3 918,23 руб
Покупные комплектующие:	2 610,27 руб	Общехозяйственные расходы (95%):	1 094,80 руб
Услуги по кооперации:	350,00 руб	Накопления (10%):	1 116,55 руб
Основная заработная плата:	1 152,42 руб	НДС (18%):	2 210,76 руб
<b>Итого с НДС:</b>	<b>14 492,77 руб</b>		



Печать
Изменить коэффициенты

№	Номенклатура	Кол-во	Ед. изм.	Общий размер	Тип изделия	Тип изготовления	Трудоемкость на шт, час	Трудоемкость общая, час	Плановая стоимость, руб	Плановая стоимость с кооперацией, руб	Зановая стоимость кооперации, руб	Зановая стоимость операции, руб	Сумма итоговая, руб
1	Гайка самозатяжная М6 DIN 985 [1]	6	шт		Стандартные изделия	покупное			4,00	12,00			12,00
2	Уголок в сборе (ШНУ20-01.04.000-01) [1]	2	шт		Сборочные единицы	собственное	0,06	0,12	6,51	13,02	0,00	0,00	13,02
3	Дверь в сборе (ШНУ20-02.00.000) [1]	1	шт		Сборочные единицы	собственное	0,16	0,16	17,36	17,36	0,00	0,00	17,36
4	Каркас в сборе (ШНУ20-01.03.000) [1]	1	шт		Сборочные единицы	собственное	0,17	0,17	18,45	18,45	0,00	0,00	18,45
5	Крышка в сборе (ШНУ20-01.02.000) [1]	1	шт		Сборочные единицы	собственное	0,17	0,17	18,45	18,45	0,00	0,00	18,45
6	Дно в сборе (ШНУ20-01.01.000) [1]	1	шт		Сборочные единицы	собственное	0,18	0,18	19,53	19,53	0,00	0,00	19,53
7	Шайба М4 DIN 125 [1]	4	шт		Стандартные изделия	покупное			5,00	20,00			20,00
8	Кольцо стопорное ф4,4 DIN 471 [1]	4	шт		Стандартные изделия	покупное			5,32	21,28			21,28
9	Корпус (ШНУ20-01.00.000) [1]	1	шт		Сборочные единицы	собственное	0,2	0,2	21,70	21,70	0,00	0,00	21,70
10	Уголок в сборе (ШНУ20-01.04.000) [1]	2	шт		Сборочные единицы	собственное	0,1	0,2	10,85	21,70	0,00	0,00	21,70
11	Уголок в сборе 2 (ШНУ20-01.05.000) [1]	2	шт		Сборочные единицы	собственное	0,1	0,2	10,85	21,70	0,00	0,00	21,70
12	Шпилька резьбовая сварочная М6х15 DIN EN ISO 13918 [1]	2	шт		Стандартные изделия	покупное			30,00	30,00			30,00
13	Петля (ШНУ20-00.03.000) [1]	2	шт		Сборочные единицы	собственное	0,155	0,31	16,82	33,64	0,00	0,00	33,64
14	Уголок гнутый (ШНУ20-01.04.001-01) [1]	2	шт		Детали	собственное	0,14	0,28	17,86	35,72	0,00	0,00	35,72
15	Шпилька резьбовая сварочная М4х12 DIN EN ISO 13918 [1]	4	шт		Стандартные изделия	покупное			9,00	36,00			36,00
16	Каркас (ШНУ20-01.03.001) [1]	1	шт		Детали	собственное	0,3	0,3	38,55	38,55	0,00	0,00	38,55
17	Панель (ШНУ20-01.00.005) [1]	1	шт		Детали	собственное	0,33	0,33	41,97	41,97	0,00	0,00	41,97
18	Рамка (ШНУ20-01.00.009) [1]	1	шт		Детали	собственное	0,34	0,34	42,86	42,86	0,00	0,00	42,86

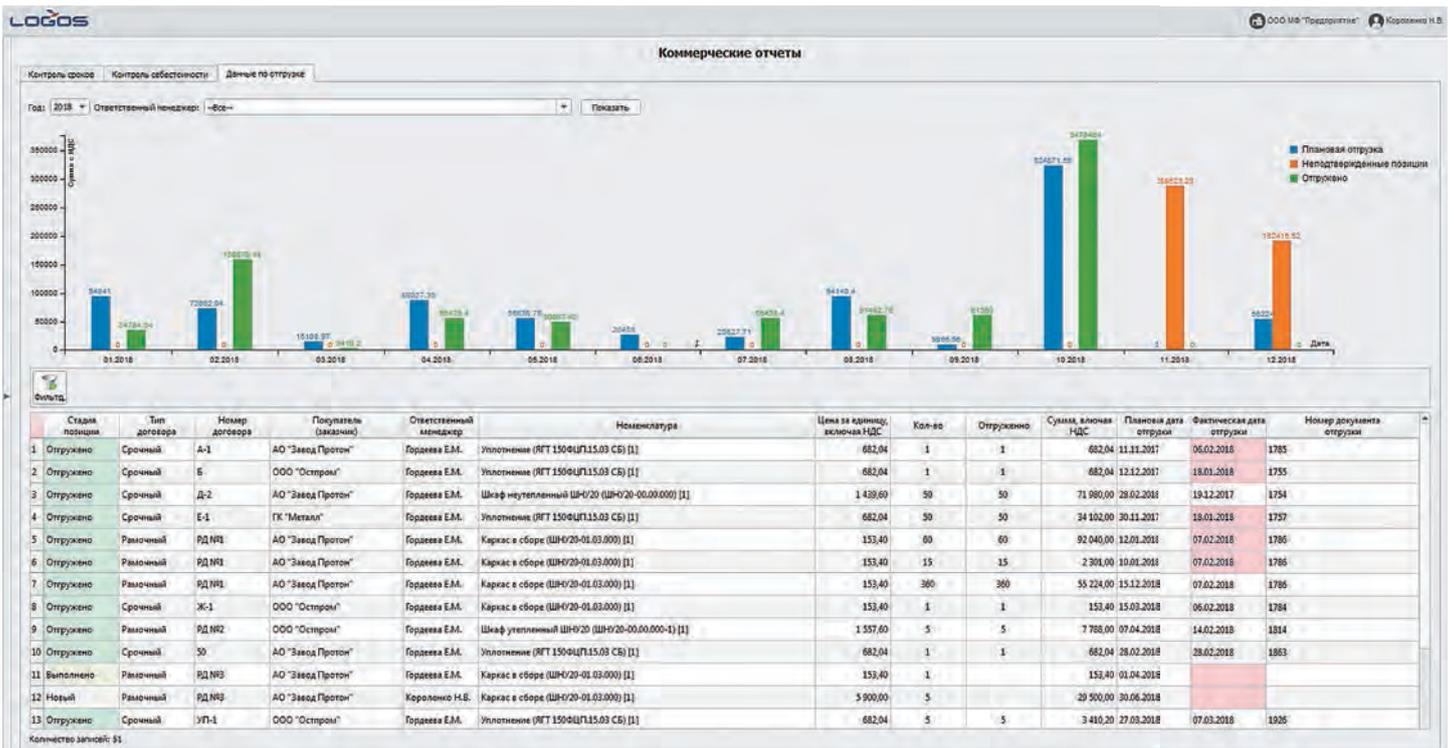
1  
Пример интерфейса ЦСУП для расчета калькуляции



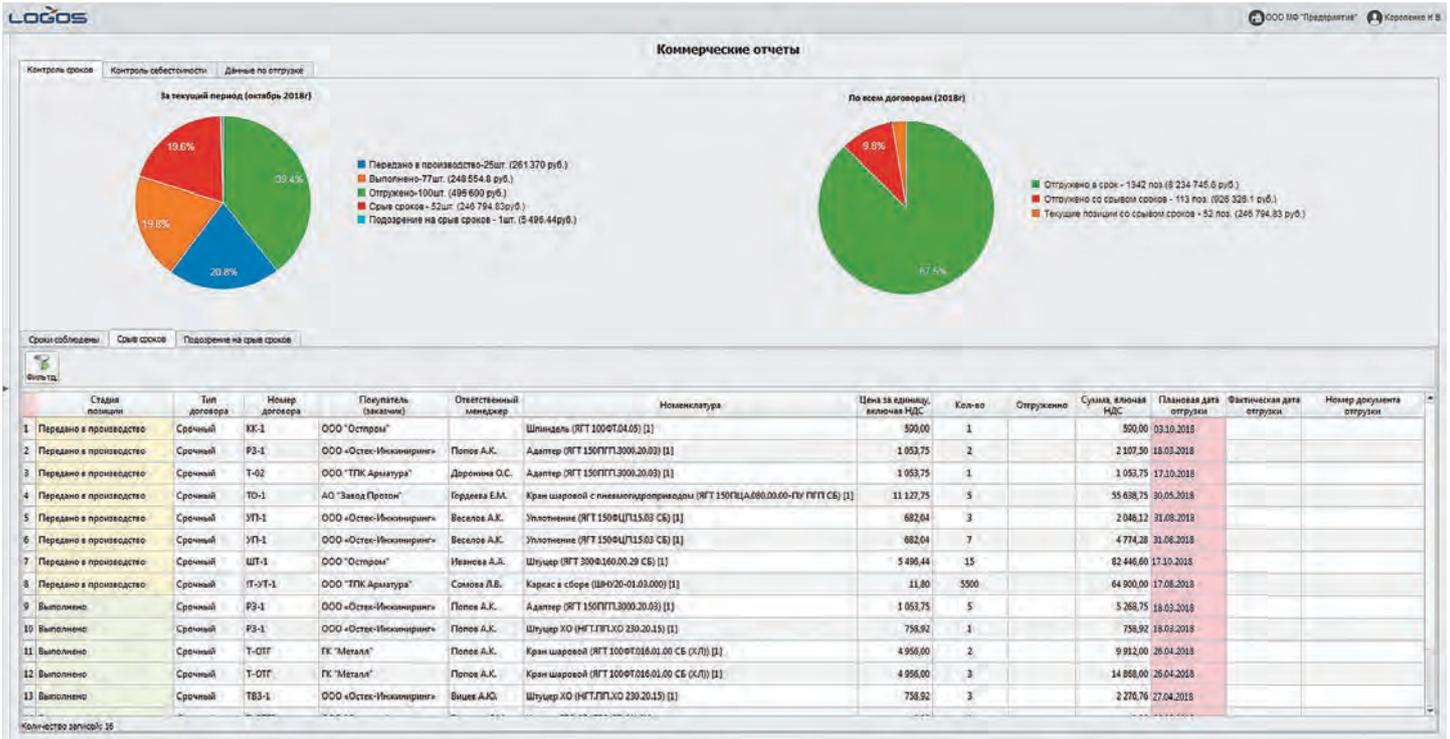
2 Пример интерфейса ЦСУП для контроля себестоимости продукции

производственного персонала и другие прямые затраты на выпуск продукции. Для обеспечения такого контроля необходимо наличие в ЦСУП соответствующих плановых

и фактических данных. Определение плановых затрат в стоимостной (денежной) форме на производство единицы или группы единиц изделий и расчет плановой себесто-



3 Пример интерфейса ЦСУП для контроля отгрузки по заключенным договорам



4 Пример интерфейса ЦСУП для контроля сроков выполнения заказов

имости осуществляется на этапе создания калькуляции. ЦСУП должна иметь инструмент для автоматического расчета себестоимости и создания калькуляции на изделие на основании спецификации с учетом вариативности для каждой позиции: собственное производство, кооперация, покупное изделие; на основании выбранного технологического процесса, оборудования и имеющейся в ЦСУП статистической информации о стоимости материалов, покупных и комплектующих изделий, трудоемкости и стоимости нормо-часа.

Влияние ЦСУП на основные статьи затрат:

- Контроль и оптимизация приобретения и использования материалов, комплектации, комплектующих, инструмента, а также услуг, приобретаемых по кооперации.
- Прозрачность расходов на оплату труда основных производственных рабочих.
- Анализ соответствия отработанного сотрудниками времени на повременной и сдельной оплате труда объему выполненным технологических операций в ЦСУП.
- Оперативный мониторинг и анализ загруженности персонала и отсутствия простоев.
- Формирование и оптимизация сменно-суточных заданий и оперативное планирование.
- Контроль целесообразности запуска и стоимости внутренних заказов, не связанных напрямую с реализацией готовой продукции.
- Контроль незавершенного производства.
- Снижение потерь от брака.

- Повышение эффективности использования оборудования.
- Контроль плановой и фактической себестоимости. ▢

**Применение ЦСУП должно позволять аккумулировать информацию, анализировать ее на предмет отклонений от плановых показателей, контролировать действия персонала и сигнализировать о наличии проблем. Это дает возможность принимать своевременные управленческие решения на основании оперативной достоверной информации. Степень использования результатов работы ЦСУП менеджментом предприятия во многом определяет эффект от ее внедрения. Если руководитель предприятия, ответственный за финансовый результат, регулярно, ежедневно использует в своей работе данные ЦСУП, то можно с уверенностью ожидать максимального эффекта от ее внедрения.**

# КАК ПОЛУЧАТЬ ОТ ВЫСТАВОК БОЛЬШЕ ?

## Часть 2



Текст: Николай Желясков

»

В цикле статей о выставках мы рассказываем о том, как повысить эффективность выставочной деятельности компании. В предыдущем номере нашего журнала<sup>1</sup> мы рассмотрели различные цели участия в выставках, предвыставочную рекламную кампанию и рассказали о том, как сделать стенд привлекательным. Но привлечь внимание к выставочному стенду – это только половина дела, не менее важно грамотно работать с этим вниманием и сделать всё, чтобы превратить посетителей выставки в своих клиентов. В этой статье мы поговорим о самом важном – о работе выставочного персонала, и о самом сложном – об оценке эффективности выставки, приведем интересный пример и поделимся полезной информацией.

<sup>1</sup> «Вектор высоких технологий» № 5 (40) декабрь 2018

## Подготовка персонала

Представление о вашей компании складывается у посетителя выставки не только и не столько на основании оценки выставочного стенда, сколько на оценке тех людей, которые представляют компанию. Ему важно увидеть людей, с которыми придется работать, если будет принято решение о сотрудничестве.

Исследования, проведенные в Англии и США, свидетельствуют, что успех выставки как минимум на 80 % зависит от подготовки и настроения персонала. Опрос Incomm Research относительно факторов, повлиявших на запоминаемость экспонента через шесть месяцев после окончания выставки, показал, что 55 % посетителей запомнили экспонента благодаря общению с сотрудником компании на стенде. При этом по данным статистики 32 % посетителей выставок остаются разо-

чарованными по вине персонала стенда!<sup>2</sup> Основные причины разочарования в том, что посетителям не уделяют должного внимания, они не получают квалифицированных ответов на вопросы, их не удается заинтересовать.

Эти данные подтверждают важность отбора, подготовки и организации работы выставочного персонала. Состав выставочной команды должен определяться, исходя из особенностей товаров и услуг, которые вы представляете, и целей участия в выставке, но не менее важна и подготовка сотрудников к работе в условиях выставки, ведь эта работа крайне утомительна и сильно отличается от работы в офисе.

Сегодня большинство успешных компаний принимают участие в выставочных мероприятиях несколько раз в год, и на период работы выставки персонал компаний превращается в стендистов.

### Идеальный стендист должен:

- понимать цели участия компании в выставке и персональные задачи;
- знать целевую аудиторию;
- располагать информацией о составе посетителей выставки, о клиентах и партнерах компании, об истории компании, о состоянии отрасли;
- знать характеристики, особенности и технические возможности представленных экспонатов;
- иметь сведения о конкурентах, знать политику взаимоотношений с конкурентами, позицию компании в конкурентной борьбе, уметь корректно сравнить возможности компании с деятельностью конкурентов;
- быть коммуникабельным, уметь оперировать знаниями и четко излагать свои мысли;
- уметь классифицировать посетителей, знать методы работы с разными типами посетителей, уметь привлекать и удерживать внимание посетителей, владеть техникой представления товаров и услуг, обладать искусством убеждения, приемами аргументации и доказательства (особые требования предъявляются к речи, дикции, тембру голоса), уметь слушать и задавать наводящие вопросы, быть внимательным в разговоре;
- уметь производить хорошее впечатление, вызывать симпатию, создавать доверительную атмосферу;
- уметь определять потребности клиента;
- знать технологию регистрации посетителей и заполнения форм отчетности;
- рационально распределять время общения с разными посетителями;
- знать, как себя вести в сложных ситуациях (в том числе с журналистами и представителями конкурирующих компаний, понимать, о чем можно и о чем нельзя говорить с посетителями);
- быть стрессоустойчивым, уметь сдерживать эмоции;
- уметь быстро ориентироваться в обстановке и приспосабливаться к обстоятельствам;
- оперативно анализировать и исправлять ошибки;
- быть энергичным и выносливым;
- знать иностранные языки;
- обладать опытом работы на выставках;
- отвечать требованиям к сотрудникам стенда – внешний вид, манера поведения и т.д.

<sup>2</sup> Здесь и далее: по данным АВК «ЭкспоЭффект»

Таким образом, навыками работы на стенде должны обладать практически все сотрудники, включая руководителей.

Далее перечислим **самые важные**, на наш взгляд, знания и навыки, которыми должен обладать сотрудник, работающий на стенде.

### 1. Знание продукта.

Часто посетители выставок жалуются, что выставочный персонал плохо осведомлен о представляемом товаре или оборудовании. Иногда стендисты просто не знают, как с ним обращаться. Это отталкивает потенциальных клиентов. Результаты опросов показали, что более половины посетителей выставок, включая постоянных клиентов, проверяют ваш персонал на знание продуктов компании.

### 2. Выяснение потребностей клиента.

По данным опроса Incomm Research 42 % посетителей, не достигших своих целей на выставке, признались, что сотрудники компаний-экспонентов не смогли понять их потребности. Научите сотрудников выяснять проблемы, пожелания и нужды клиентов.

### 3. Сравнение с конкурентами.

Особенность выставки в том, что посетители имеют возможность сравнивать товары. Результаты исследований показывают, что 94 % посетителей выставок сравнивают похожие продукты, чтобы убедиться в правильности своего выбора. Возможность быстрого и наглядного сопоставления с конкурентами может сделать фатальной любую ошибку сотрудника. Вы должны подготовить к этому выставочный персонал. Соберите информацию о конкурентах.

Ваши сотрудники должны знать:

- какие новинки представляют конкуренты;
- какова стоимость их товаров или услуг;
- каковы условия ценообразования;
- как быстро они выполняют заказы;
- каковы сильные стороны конкурентов;
- в чем преимущества ваших товаров и т.д.

Важно, чтобы каждый сотрудник компании был готов ясно и убедительно ответить на вопрос посетителя «Почему я должен покупать именно у вас?». Не следует негативно отзываться о конкурирующих компаниях или продуктах; дискредитация конкурентов может создать недоброжелательную атмосферу в разговоре с клиентами. Реагируйте на упоминание конкурентов достойно и уверенно. Фокусируйте внимание на ваших сильных сторонах. Если вы понимаете, что прямое сравнение с конкурентом будет не в вашу пользу, не обязательно объяснять лучше ваша компания или хуже, главное, что у вас есть нечто другое: «Да, это неплохая компания. Вы хотите узнать, чем мы отличаемся?»

### 4. Специальные знания и навыки для работы с посетителями.

Как мы уже неоднократно отмечали, работа на выставке отличается от работы в условиях офиса.

Специфика работы на выставке:

- интенсивность, краткосрочность и ответственность контактов на выставке;
- большое количество незнакомых людей;
- непривычная обстановка;
- большое количество внешних раздражителей (высокий уровень шума, нецелевые посетители и т.д.);
- повышенная физическая и психологическая нагрузка.

Поэтому при выборе сотрудников следует руководствоваться не только их профессиональными и личными качествами, но и готовностью к работе в специфических условиях выставочного проекта. Конечно самое главное – позитивный настрой и желание работать, а если в вашей компании немного сотрудников с опытом такой работы, можно провести тренинг по эффективной работе на выставке. Знания, полученные персоналом на тренинге, помогут ему не только на выставке, но и в дальнейшей работе с клиентами.

Также важно составить список типовых вопросов, которые будут задавать клиенты, и ответов на них, это будет полезно не только новичкам. В **Т 1** приведен пример такого списка, который можно подготовить, исходя из ваших условий.

### ВНЕШНИЙ ВИД И ПОВЕДЕНИЕ ВЫСТАВОЧНОГО ПЕРСОНАЛА

Известно, что мнение о человеке, которого мы видим впервые, мы составляем в течение всего пяти секунд. А чтобы исправить негативное впечатление, может понадобиться до 30 минут. Это означает, что благоприятное впечатление на посетителя необходимо производить с самых первых секунд контакта. 19 % посетителей выставок, включая постоянных клиентов, тестируют поведение персонала стенда. Чем лучше подготовлен ваш персонал, тем больше у вас шансов добиться успеха.

Каждый сотрудник, работающий на стенде, отвечает за имидж своей компании. На выставках посетитель не имеет возможности сразу составить полное представление о компании из-за отсутствия времени. Он обращает особое внимание на манеры поведения и внешний вид стендистов и на основе этого делает выводы о всей компании. Поэтому, чтобы не подвергать угрозе ее имидж и производить благоприятное впечатление, выставочный персонал должен выглядеть безупречно. Для выставок формата b2b идеальным вариантом является форменная одежда стендистов, выдержанная в корпоративном стиле и сочетающаяся с оформлением стенда. Если форменная одежда не предусмотрена, можно договориться о едином стиле в одежде, чтобы отличаться от посетителей стенда и конкурентов.

Следует помнить, что даже вне стенда персонал является лицом компании на выставке. Поэтому

## Т 1

Пример типовых вопросов и ответов на них

	СЕГМЕНТ1 КОНЕЧНЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ	СЕГМЕНТ2 ДИЛЕР	СЕГМЕНТ3 НОВЫЙ ПОСТАВЩИК
Что спросят, как будут возражать	Цена Возможности ...	Цена для дилера Сроки поставки ...	Предложат сотрудничество ...
Что мы должны спросить	Задачи Сроки закупки ...	Специализация С кем уже работаете ...	...
Не забыть сказать (сделать акцент)	...	...	...
...	...	...	...

действия сотрудников не должны дискредитировать имидж компании даже в курилке или в очереди на фуд-корте.

#### СТИМУЛИРОВАНИЕ И МОТИВАЦИЯ ВЫСТАВОЧНОГО ПЕРСОНАЛА

Выставка – это тяжелый труд, и добросовестно работающие сотрудники заслуживают поощрений. Это могут быть бонусы, комиссионные от продаж, дополнительные выходные и т.д. Вы можете разработать систему поощрений и взысканий, основанную на целях участия в выставке и вашей концепции работы с персоналом. Важно, чтобы она была справедливой и понятной и напрямую связана с эффективностью работы.

Предупредите выставочный персонал о необходимости строгого соблюдения режима работы и выполнения должностных обязанностей, а также о возможных взысканиях за опоздания и прочие нарушения предъявляемых требований. Расскажите им, во что обходится проведение мероприятия, разделите бюджет выставочного проекта на количество часов работы выставки. Как правило, сотрудников впечатляет полученная цифра, и они более внимательно относятся к работе на выставке.

Желательно чтобы сотрудник осознанно управлял своей мотивацией, контролировал и поддерживал в тоне свое эмоциональное настроение. Немотивированных сотрудников не следует привлекать к работе. Выставка так коротка, что максимального эффекта можно достичь только при наивысшем эмоциональном подъеме, повышенной концентрации внимания и обостренном чувстве ответственности.

По нашим наблюдениям многие специалисты, ответственные в компании за организацию выставки,

испытывают трудности именно с организацией работы сотрудников компании. Одним из выходов может стать привлечение квалифицированного временного персонала и специализированного консалтингового агентства, которые могут гарантировать повышение эффективности работы на выставке.

В настоящее время мы совместно с агентством выставочного консалтинга «Экспо Эффект» предлагаем проведение тренинга выставочного персонала, а также аудит выставочной деятельности и маркетинга компании. По итогам аудита мы даем общие рекомендации и конкретные инструменты, повышающие эффективность работы.

#### Оценка эффективности

Оценка эффективности – важнейший элемент в системе выставочной деятельности. Очевидно, что все выставочные контакты и детали переговоров необходимо фиксировать и ранжировать по признаку срочности и важности, в этом смысле выставка отличается от обычной деятельности фирмы только количеством контактов в единицу времени.

Давайте рассмотрим, как можно оценивать отдачу от участия в выставочном мероприятии с точки зрения финансовой окупаемости и решения поставленных задач.

Классическими критериями оценки являются: ROI (return on investment) – показатель возврата на инвестиции в участие в выставке (материальная отдача) и ROO (return on objective) – показатель достижения задач участия в выставке (нематериальная отдача) **рис 1**.

#### КАК РАССЧИТАТЬ ROI?

Согласно стандартной формуле расчёта из общей суммы продаж по итогам выставки (как правило, речь



1

Матрица отдачи от участия в выставке

идёт о новых клиентах) необходимо вычесть себестоимость продаж и расходы на участие, а затем полученную чистую прибыль разделить на расходы на участие и умножить на 100 %. Например:

Общий объем продаж по итогам выставки	—	Себестоимость продаж	—	Расходы на участие в выставке	=	Чистая прибыль от участия в выставке
<b>4 950 000 рублей</b>		<b>2 450 000 рублей</b>		<b>1 000 000 рублей</b>		<b>1 500 000 рублей</b>

Чистая прибыль от участия в выставке	:	Расходы на участие в выставке	×	100%	=	ROI
<b>1 500 000 рублей</b>		<b>1 000 000 рублей</b>				<b>150%</b>

Для правильной оценки итогов следует подводить не ранее, чем через три месяца после окончания выставки (некоторые компании подводят итоги через шесть месяцев и даже через год в зависимости от цикла продаж).

По данным опросов от 60 до 80 % посетителей выставок формата b2b совершают покупки в течение трёх-шести месяцев после выставки, в то время как от 20 до 40 % могут совершать покупки в более долгосрочной перспективе (отложенный спрос). В этой связи необходимо организовать систему отслеживания состояния отношений с клиентами (CRM), контакты с которыми были установлены на выставке. Обязательно заносите выставочные контакты в базу данных или CRM, тогда по мере поступления денег от клиентов с выставки вы сможете проводить расчёт коэффициента ROI. Некоторые экспоненты делают пометки (используя стикеры или наборные печати) с названием и датами выставки на материалах, которые выдаются посетителям, чтобы потом иметь возможность выяснить, с какой именно выставки пришёл клиент.

Известно, что экономический эффект от участия в выставке может быть продолжительным по времени. Не раз участники подтверждали, что посетители, с которыми они встречались на стенде, звонили и совер-

Интенсивность и количество контактов с посетителями выставки позволяют выигрывать время. А время – деньги! Подумайте, какое количество личных деловых встреч можно провести за один день в обычной жизни. Как правило, одну-две. В лучшем случае – три. Во время выставки каждый менеджер, работающий на стенде, может проводить 15-20, а то и больше встреч в день!

Если в обычное время на осуществление такого количества контактов может потребоваться несколько месяцев, то на выставке – всего 3-4 дня! Посчитайте, какие суммы обычно тратятся на организацию и проведение встреч с постоянными и потенциальными клиентами, особенно из других городов и стран. Сложите расходы на переезд, проживание, представительские расходы и т.д. На выставки клиенты приезжают к вам чаще всего за свой счёт.

Оцените материальную выгоду, которую вы получаете от экономии времени и средств на установление и поддержание отношений с клиентами.

## Т 2

Пример оценки решения задач

НАПРАВЛЕНИЕ	ЗАДАЧА	РЕЗУЛЬТАТ
Продажи	Провести на выставке презентацию нового продукта, привлечь 50 целевых посетителей, выявить 5 заинтересованных в покупке новых клиентов	Презентация нового продукта проведена, привлечено 42 участника, выявлено 3 участника с высокой и 7 со средней степенью заинтересованности в покупке
Маркетинг	Провести опрос 30 постоянных клиентов на предмет оценки нового продукта	Опрошено 27 постоянных клиентов. В результате исследования определено...
Реклама	Для повышения запоминаемости и узнаваемости бренда оказать рекламное воздействие на целевую аудиторию с помощью размещения логотипа на бейджах посетителей выставки	Рекламный эффект оказан на 12387* посетителей выставки * количество посетителей, получивших именные бейджи с логотипом бренда
Производство / HR	Найти 5 кандидатов на вакансию технического специалиста в производственный отдел	Установлены контакты с 6 потенциальными кандидатами
Нетворкинг / GR	Провести встречи с руководителем департамента..., вице-президентом ассоциации..., директором... на предмет оказания поддержки новому проекту	Все запланированные встречи проведены. Состоялись незапланированные встречи с...
Коммуникации / PR	Провести встречи с представителями 15 профильных изданий и интернет-порталов и договориться о выходе 10 публикаций о новом продукте в течение двух месяцев после выставки	Проведены встречи с редакторами 10 печатных и 5 сетевых изданий, подтверждены выходы 5 публикаций в течение месяца после выставки и ещё 5 в течение трёх месяцев после выставки

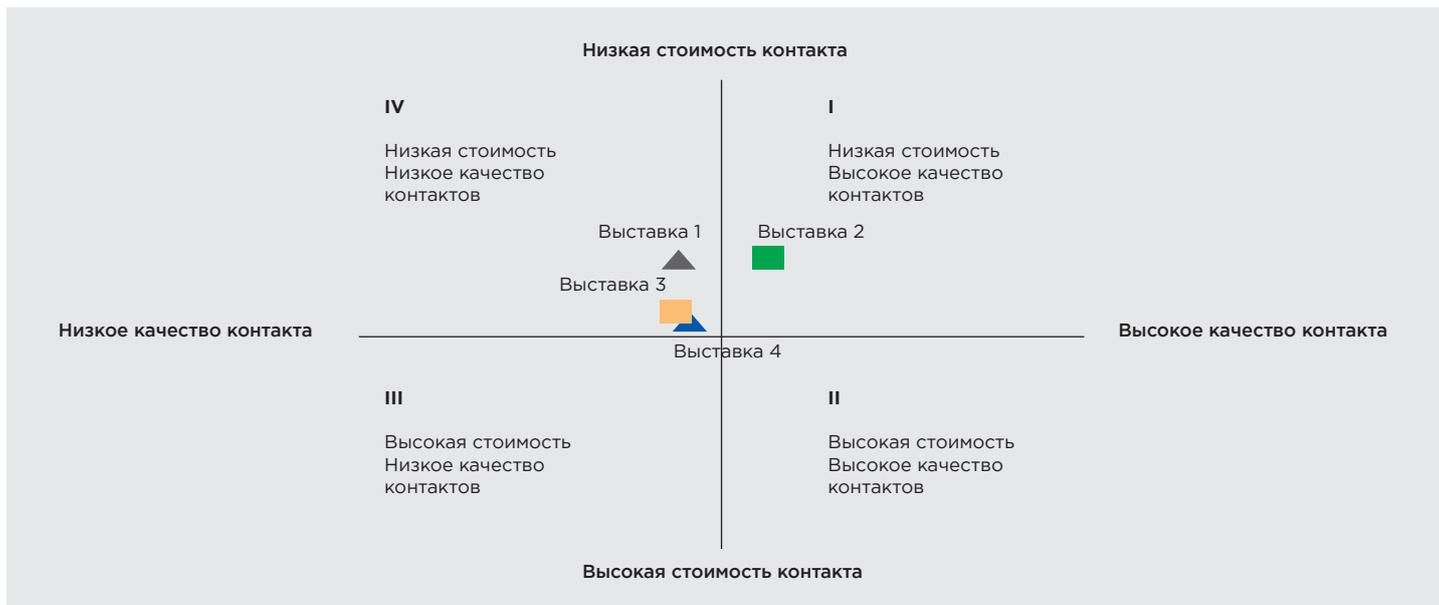
шали покупки через год, а то и полтора после выставки. Поэтому при оценке эффективности следует учитывать факторы «последствия», в том числе отложенный спрос и так называемую «пожизненную ценность клиента», т.е. долгосрочный доход, который будут обеспечивать клиенты, привлечённые благодаря выставке, в течение всего времени сотрудничества с компанией. Какова сумма вашей средней продажи? Как часто клиенты совершают закупки? В течение какого времени клиенты обычно сотрудничают с вами? Перемножьте эти числа, и вы узнаете, сколько денег средний клиент при удачном стечении обстоятельств может вам принести в долгосрочной перспективе. Практика показывает, что окупить участие в выставке (иногда многократно!) с течением времени может всего лишь один успешный контакт с посетителем.

## КАК ОЦЕНИВАТЬ ROO?

Очевидно, что выставки, как и другие средства маркетинговых коммуникаций, должны, главным обра-

зом, способствовать привлечению новых и удержанию имеющихся клиентов. Именно поэтому успех участия в выставке во многом зависит от количества и качества контактов с профильными посетителями. В зависимости от поставленных задач критериями оценки могут служить:

- план/факт (соотношение запланированного и реального количества контактов с целевыми посетителями);
- качество контактов (степень важности / ценности / заинтересованности клиентов);
- соотношение количества контактов с новыми и постоянными клиентами;
- процент привлечённых посетителей (количество контактов с целевыми посетителями, разделённое на общее количество посетителей выставки, входящих в целевую аудиторию);
- процент контактов, которые привели к продаже (количество продаж, разделённое на общее количество контактов, установленных на выставке).



2

Оценка результативности выставок по стоимости и качеству контакта

Часть вложений в участие в выставке может приходиться на решение производственных, маркетинговых, рекламных, имиджевых, коммуникационных задач. Оценить отдачу от них в материальном выражении практически невозможно. Критерием оценки здесь может служить полнота решения поставленных задач в установленные сроки (Т 2).

Чем яснее определены задачи, тем проще контролировать ход их выполнения и степень достижения. Практика показывает, что компании, которые ставят конкретные задачи и четко следуют им до, во время и после выставки, добиваются максимальных результатов. Конечно, не всё можно предусмотреть заранее. Анализируйте и учитывайте непредвиденные выгоды, полученные благодаря участию в выставке.

Какие бы задачи вы ни ставили и какие бы критерии оценки результатов ни использовали, очевидно, что отдачу от участия в выставочном мероприятии необходимо оценивать комплексно и системно, чтобы принимать верные решения и учитывать опыт для повышения эффективности.

Например, один из показателей, который мы используем, – оценка стоимости и качества одного контакта на один квадратный метр выставочной площади. Таким образом мы можем сравнивать разные выставки и анализировать их эффективность (рис 2).

## Заключение

Мы рассмотрели важнейшие элементы выставочной деятельности организации: постановку целей, предвыставочную рекламную кампанию, работу персонала и оценку эффективности. Также можно рассказать о деталях и других элементах: логистике, организации питания, технических решениях, специальных мероприятиях и др.

Выставка собирается как конструктор из отдельных элементов. Кому-то нужно больше одних элементов, а кому-

то других. Например, какой-то компании может не хватать времени на подготовку или проведение презентации нового продукта в рамках выставки, а у другой стоит задача обучить персонал или внедрить систему оценки эффективности.

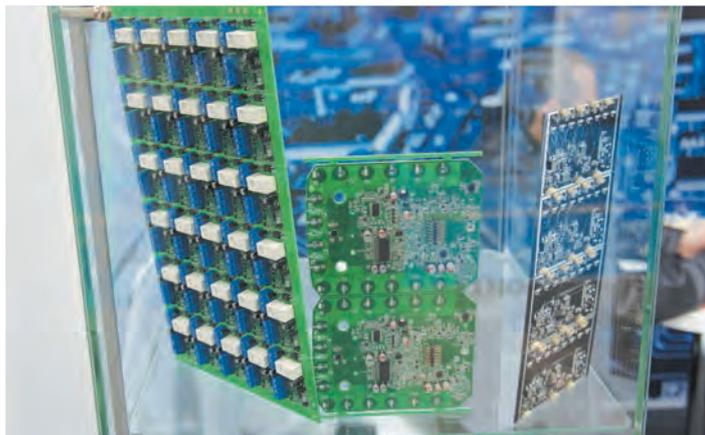
*Но наверняка всем интересно, как привлечь новых заказчиков. В качестве примера приведем один из наших успешных проектов по организации выставки для заказчика.*

*В начале 2018 года к нам по рекомендации обратилась компания «ИК Технолоджис», контрактный сборщик электроники. Они не так давно провели модернизацию производства, обновили парк оборудования и имели запас мощностей, поэтому встал вопрос о загрузке производства и привлечении новых заказов. Руководство компании приняло решение принять участие в крупнейшей отраслевой выставке.*

*Но времени до начала выставки оставалось немного, в штате не было профильных специалистов, которые могли бы без ущерба для основной деятельности организовать выставку. Как раз в это время мы стали активно развивать направление, которое оказывает маркетинговые услуги промышленным предприятиям, в т.ч. услуги по организации участия в выставках «под ключ».*

*Наши компании начали сотрудничать, и уже на первом этапе проведенный в компании экспресс-аудит показал, что кроме организации стенда необходимо разработать и напечатать раздаточные материалы. Кроме того, руководство компании заинтересовало наш тренинг по обучению персонала работе на выставке.*

*Мы организовали обучение, разработали и напечатали рекламные материалы, организовали завоз образцов, застройку и оформление выставочного стенда. В результате следующие 6 месяцев после выставки все менеджеры по продажам этой компании были полностью загружены своей основной работой –*



3

Демонстрация образцов на выставочном стенде компании «ИК Технолоджис»

переговорами с потенциальными клиентами. На выставке удалось собрать более 50 контактов, 35 из которых выдали ТЗ на просчет стоимости или разместили пробный заказ. Таким образом, цели по привлечению новых заказчиков были достигнуты. А опыт совместного сотрудничества показал, что в данном случае поручить непрофильную работу профессионалам, сэкономив время и энергию для основной деятельности, было правильным решением.

Кроме организации самой выставки сотрудничество с агентством может быть полезно для проведения аудита выставочной деятельности компании и выведения ее на более высокий уровень. Или для того, чтобы разработать стандарты, внедрить «лучшие практики», создать программы мотивации и мониторинга выставочной деятельности. Иногда взгляд со стороны помогает по-новому оценить привычные вещи и найти неиспользованные ресурсы для повышения эффективности.

В заключение предлагаем скачать чек-лист, который поможет вам при подготовке к выставкам:

<https://goo.gl/d5rkkD>. 



4

Благодарственное письмо Остеку от компании «ИК Технолоджис»

Если вам интересно развитие тем, обозначенных в данном цикле статей, пишите нам на электронный адрес [marketing@ostec-group.ru](mailto:marketing@ostec-group.ru), оставляйте ваши отзывы и пожелания, и мы продолжим обсуждение этих тем на страницах нашего журнала.

## ПОВЫСЬТЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ УЧАСТИЯ В ВЫСТАВКАХ!

- Бесплатный **экспресс-аудит выставочной деятельности**. Вы получаете комплексную оценку и рекомендации по повышению эффективности участия в выставках.
- Скидка 10 % на самый популярный в России **тренинг выставочного персонала** «Как посетителей превращать в клиентов». Проводится совместно с агентством выставочного консалтинга «ЭкпоЭффект».
- Специальное **предложение на участие в выставках**. Аренда площади, застройка стенда, реклама, логистика и другие услуги «в одном окне».

Чтобы воспользоваться специальными предложениями и получить скидку, оставьте заявку на сайте

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

## ТЕХПОДДЕРЖКА

# ТЕХНИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ И АНАЛИЗ НА ВЫСТАВКЕ ЭЛЕКТРОНТЕХЭКСПО

Текст: Сергей Максимов  
Андрей Ляпин  
Александр Фролов



Технологии стоят у истоков любого изобретения – благодаря им появляются новые устройства и материалы. Современное производство невозможно представить без их применения. Это особенно касается развития и создания нового оборудования, от которого зависят увеличение производительности трудового процесса и качество производимой продукции.

В статье мы расскажем о самых интересных новинках оборудования технической микроскопии и анализа, которые будут впервые представлены в России на выставке ЭлектронТехЭкспо 2019 на стенде ООО «Остек-АртТул».



1

Настольный растровый электронный микроскоп СОХЕМ EM-30AX

Первый интересный экспонат стенда – **настольный растровый электронный микроскоп (РЭМ) производства компании СОХЕМ**, Южная Корея (рис 1).

Особенность микроскопа в том, что в его конструкции реализованы технические характеристики, обычно свойственные полноразмерным напольным системам. Ключевой для РЭМ параметр – ускоряющее напряжение, в данной модели оно может достигать 30 кВ, при этом инкремент шага напряжения составляет 1 кВ. За редким исключением на рынке электронной микроскопии столь точными и полными характеристиками обладают лишь дорогие напольные системы нескольких производителей, а настольные системы предлагают более скромные возможности. Высокое значение максимального ускоряющего напряжения позволяет не только получать высококонтрастное увеличенное изображение, но и проводить надёжный микроанализ в месте наблюдения. Микроскоп может работать практически со всеми широко известными и авторитетными приставками для элементного микроанализа, такими как Oxford, EDAX, Bruker, Thermo.

В настольном микроскопе СОХЕМ реализован способ получения изображения в режиме низкого вакуума, что позволяет исследовать непроводящие образцы без предварительной пробоподготовки. При исследованиях непроводящих образцов в обычном высоковакуумном режиме происходит зарядка поверхности, связанная с облучением образца электронным пучком. Заряд накапливается на поверхности, вызывая деградацию электронно-микроскопического изображения. Обычно для предотвращения этого явления на образец напыляют слой золота (Au), золота/палладия (Au/Pd), платины (Pt),

серебра (Ag), хрома (Cr) или иридия (Ir), что обеспечивает стекание заряда с поверхности.

Для подготовки проводящих образцов к исследованию в электронном микроскопе компания Сохем производит собственную установку напыления металлов (рис 2). Прибор прост в использовании и работает с золотой или платиновой мишенями (материал, распыляемый на образец).

При напылении на непроводящий образец толстого слоя металла при просмотре в микроскопе немного теряются тонкие морфологические особенности поверхности, особенно критичные при изучении деликатных биологических структур. Режим низкого вакуума, реализованный в настольном электронном микроскопе СОХЕМ, позволяет при незначительном снижении разрешения обходиться без напыления металла на поверхность и получать качественные четкие изображения нативных образцов. Несмотря на некоторые ограничения, такие условия важны при работе с хрупкими и хорошо развитыми поверхностными структурами.

Еще одной новинкой, представленной на стенде Остек-АртТул, будут **системы измерения поверхности Top Mar производства компании Polytec** (Германия).

Приборы линейки Top Mar предназначены для контроля качества прецизионных поверхностей бесконтактным и неразрушающим методом, они имеют великолепное латеральное разрешение. Принцип работы систем основан на интерферометрии белого света (рис 3). Технология позволяет выполнять измерения почти на любых поверхностях.

Системы измерения поверхности Top Mar применяются не только в лабораториях ОТК (рис 4),



2

Установка магнетронного напыления СОХЕМ SPT-20



3

Интерферометр белого света Top Map TMS-150

но и в производстве и даже в составе технологической линии. Быстрое определение таких параметров, как параллельность, форма, трибология, шероховатость, высота, ступени с высокой точностью значительно упрощает производственный процесс. А открытая архитектура программного обеспечения позволяет создать настройки и адаптировать систему под потребности каждого пользователя.

Универсальность систем измерения Top Map от Polytec на сегодняшний день сделала эти приборы стандартным средством контроля качества. Технология



4

Применение интерферометра белого света в лаборатории ОТК

«Умное сканирование поверхности» позволяет проводить измерения на любых поверхностях независимо от отражающей способности. Интеллектуальная мульти-сенсорная система обеспечивает высокое вертикальное и латеральное разрешение с 3D-визуализацией. Большое поле зрения до 230 x 220 мм<sup>2</sup> позволяет контролировать поверхность крупных деталей без склеивания изображений, а автоматическое определение края – проводить одновременное измерение сразу нескольких образцов.

В дополнение к оборудованию компания предлагает опции программного обеспечения, специализированную оснастку, постоянную техническую поддержку, сервис и обучение, решения «под ключ» и индивидуальные аппаратные и программные разработки под потребности заказчика.

Особое внимание на стенде будет уделено **новому поколению измерительных микроскопов – комбинированной системе от компании Vision Engineering! TVM35 и TVM20** – это начало новой эры измерений в производственных условиях (рис 5).

Благодаря сочетанию усовершенствованной конструкции оптики и простого, но мощного программного обеспечения появилась надежная система, способная измерять детали любой сложной геометрической формы несколькими методами.

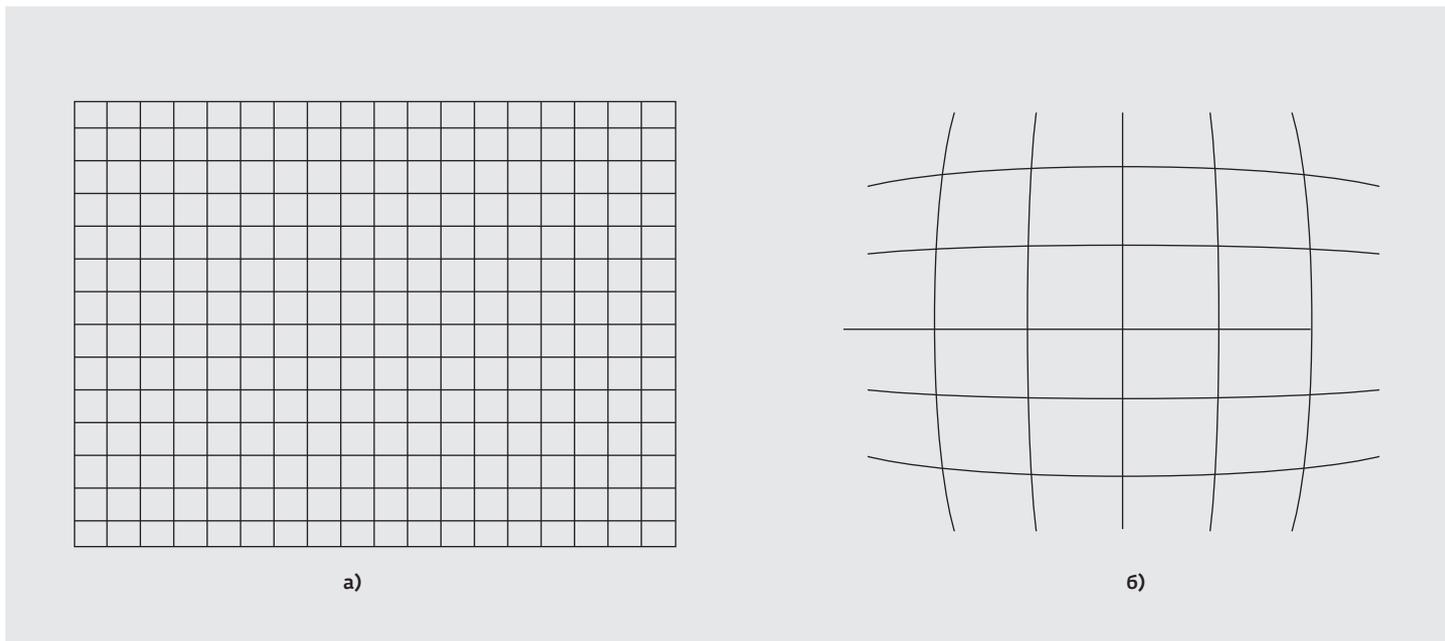
#### Преимущества системы:

- полное измерение множества деталей за секунды;



5

Комбинированная система TVM20 от компании Vision Engineering



6 а) Плоское поле телецентрического объектива; б) Искривленное поле стандартного объектива

- возможность использования в качестве простого видеопроектора или системы видеоизмерения;
- простая работа в режимах «годен – не годен» с возможностью назначать любые геометрические допуски;
- измерение деталей любой формы: плоских, квадратных или цилиндрических;
- компактная, малогабаритная конструкция;
- возможность модернизации модульного программного обеспечения для расширения измерительных возможностей.

**Методы измерений:**

- телецентрический объектив; измерение в пределах поля зрения (FOV);
- комбинированный: объектив + измерительный стол, для больших объектов.

**Что такое «измерение в пределах поля зрения» телецентрического объектив?**

Измерение в пределах поля зрения (FOV) – это новый способ точного измерения небольших плоских деталей, который обеспечивает беспрецедентную скорость и простоту в сравнении с такими методами, как профильные проекторы, видеоизмерительные приборы или измерительные микроскопы. При измерении в пределах поля зрения используется специально разработанная видеокамера высокого разрешения для измерения детали внутри оптического поля зрения.

*Как работает система?*

Оптика «плоского поля». При измерениях в пределах поля зрения используется видеокамера высокого

разрешения, оборудованная крупным телецентрическим объективом с «плоским полем» изображения. Телецентрический объектив дает плоское изображение в пределах всего поля зрения без какого-либо искривления или искажения. Это позволяет устанавливать и измерять детали в любом месте в пределах поля зрения без воздействия на результаты измерения.

Телецентрический объектив с «плоским полем» разработан с исключительно большой глубиной



7 Видеомикроскоп высокого разрешения Hirox RH-8800

резкости, а это значит, что измеряемая деталь всегда находится в фокусе. Обычно глубина резкости (фокус) у сопоставимого измерительного прибора варьируется между парой микронов и парой миллиметров (рис 6а,б). Как правило, измерительная система FOV имеет глубину резкости от 40 мм и более (в зависимости от объектива).

*Для чего нужны измерения в пределах поля зрения?*

Телецентрический объектив с широким полем позволяет видеть всю деталь в пределах большого поля зрения, что дает возможность за считанные секунды измерить все элементы. Причем можно полностью видеть и измерять не только одну деталь – можно также просматривать и измерять несколько деталей одновременно.

#### **Комбинированный: объектив + измерительный стол, для больших объектов**

В сочетании с механическим перемещаемым столиком с отсчетным устройством для установки на нем измеряемых объектов и измерения их линейных размеров в продольном (ось X = 200 мм) и поперечном (ось Y = 100 мм) направлениях прибор позволяет проводить измерения больших объектов методом сшивки изображения.

Стол имеет фирменный метод калибровки и алгоритм коррекции нелинейных ошибок NLEC (Non Linear Error Correction), компенсирующий неровности и люфты компонентов стола, неизбежно возникающих при его изготовлении.

Суть NLEC состоит в том, что каждый измерительный стол имеет информационную карту/файл своих микроотклонений от эталона, причем файл многоточечный, по всей площади измерений. Этот файл закачивается в память системы обработки результатов измерений, которая учитывает и компенсирует в дальнейших расчетах эти микроотклонения. В значительной степени именно NLEC отвечает за точность измерений.

Также на стенде можно будет увидеть обновленную версию известного **видеомикроскопа высокого разрешения производства компании Hirox** (Япония) (рис 7).

Ключевая особенность системы – возможность выполнять морфометрические реконструкции микро-рельефа, используя алгоритм сшивки сфокусированных на разной высоте плоских фреймов изображения. Программа обработки плоских фреймов работает в системе точных координат и формирует адекватные 3D-модели с сохранением особенностей поверхностной структуры. Точность геометрии поверяется с помощью метрического эталона, поставляемого с системой. На 3D-реконструкциях можно измерять дистанции и углы, волнистость и шероховатость, проводить морфометрический анализ, использовать ин-

терпретации 3D-моделей в виде каркаса, градиентов яркости, цвета или использовать виртуальный векторный осветитель для более точного анализа геометрии.

Микроскоп обладает богатым функционалом для выполнения плоскостных измерений, в том числе с автоматизированным распознаванием границ и анализом статистики встречаемости однотипных объектов в кадре. Прецизионная автоматизация столика с шагом перемещения 40 нм позволяет выполнять точную 2D- и 3D-сшивку больших участков образца с высокой степенью детализации. Микроскоп способен проводить интервальную съемку для визуализации течения медленных процессов, таких, например, как рост мелких живых объектов, усадка при остывании, процессы технической и биологической деградации. Прибор может использовать практически любые методики освещения – темное и светлое поля, поляризованный свет, фазовый контраст и контраст Номарского, а также различные смешанные варианты. В некоторых конфигурациях можно получить увеличение до 10 000x и проводить 3D-инспекцию в режиме реального времени.

Также полезна функция записи видеороликов со звуковыми комментариями. Микроскоп Hirox – это универсальная исследовательская система, способная решать практически любые задачи визуального анализа в диапазоне оптического увеличения. 

**Все новинки, которые будут представлены на стенде, объединяет то, что с их помощью можно проводить точные и детальные исследования поверхности любых изделий и материалов, включая прецизионные измерения элементов микрорельефа, дефектов, элементов конструктива, исследования объектов в широком размерном диапазоне: от нанометров до сантиметров.**

**Приборы дополняют друг друга, предоставляя исчерпывающий инструментарий для изучения поверхности любых твердых материалов в центрах разработки новых материалов, заводских лабораториях, отделах технического контроля, исследовательских лабораториях разного профиля.**



- Как оптимизировать работу монтажников РЭА?
- Как увеличить производительность труда?
- Как повысить качество выпускаемой продукции?
- Как снизить влияние человеческого фактора?
- Как совместить ручной труд и автоматизацию производства?

## Закажите производственный аудит цехов и участков ручного монтажа РЭА!

А также получите рекомендации и квалифицированные ответы на интересующие вопросы:

+7 495 788-44-44, доб. 5500  
[urm@ostec-group.ru](mailto:urm@ostec-group.ru)



будущее  
создается

## Специальные условия

для предприятий с численностью  
рабочих мест монтажников 100+

# ФЕРРИТОВАЯ ПРОБЛЕМА: КАК ПРОВЕРИТЬ КОЛЬЦО ЛЕГИТИМНЫМ МЕТОДОМ



Текст: Арсений Ликий



Применение ферромагнитных изделий при разработке электронных модулей – тема достаточно щепетильная. Особое место здесь, на мой взгляд, занимает применение ферритовых колец, широко используемых как в аналоговой, так и в цифровой технике: от силовых катушек индуктивности для источников питания до согласующих высокоскоростных трансформаторов для развязки цифровых линий данных. И хорошо, если применяемые изделия не являются контрафактными или бракованными и полностью отвечают заявленным характеристикам. А если это не так? Есть ли реальный способ проверить параметры ферритового кольца?

Мы провели исследования, в результате которых установили, что подавляющее большинство ферритовых колец, представленных на рынке электроники, не соответствует заявленным характеристикам. Ниже перечислены основные виды дефектов ферромагнитных сердечников тороидальной формы, которые нам удалось выявить:

- механические дефекты в структуре изделия (неравномерности, микротрещины):
  - › возникшие в результате нарушения технологии производства (посторонние предметы и примеси в структуре изделия);
  - › возникшие в процессе транспортировки;
  - › возникшие в результате нарушения норм хранения.
- использование порошковых материалов, не соответствующих требованиям;
- нарушение технологии производства, запекания и финишной обработки ферритового кольца.

Наибольшее количество бракованных изделий было произведено на территории России. Парадокс, но в условиях современного рынка контрольно-измерительной аппаратуры и приборов очень сложно сформировать рабочее место, позволяющее контролировать параметры ферромагнитных изделий. Да, конечно, есть высококлассное европейское оборудование известных фирм, позволяющее получить полный анализ тестируемого образца, но стоимость такого оборудования часто превышает десятки миллионов рублей. Да и скорость его работы оставляет желать лучшего, так как оно не предназначено для проведения входного контроля на предприятиях-потребителях ферритовых изделий. Это оборудование, в первую очередь, предназначено для предприятий-изготовителей всевозможных ферритовых сердечников.

А как же дела обстоят на самом деле на реальных отечественных производствах? В лучшем случае, организован отдельный участок, специалисты которого занимаются входным контролем, вручную мотают несколько витков (в самом идеальном варианте – 10, но чаще – один), после чего измеряют индуктивность полученной катушки. Сразу же возникает масса вопросов – как метрологических, так и экономических. Мотать один виток – дело сомнительное. Полученный результат не обеспечит даже близко какую-либо точность. С таким же успехом на ферритовое кольцо можно просто посмотреть и сделать вывод о потенциальной годности его к установке в изделие. Если мотать хотя бы пять витков, то на это потребуется уже не менее 15 секунд у профессионального контролера (взять кусок провода, обрезать, намотать, измерить, записать результат). А если витков будет 10, как это принято в советских ГОСТах и ТУ? А если партия большая? Сразу возникает вопрос об экономической целесообразности данного процесса. И хорошо,



1

Свидетельство о об утверждении типа средств измерений, регистрационный номер 73183-18

если изделие, в которое устанавливается ферритовое кольцо, имеет малую себестоимость и низкую сложность – его можно либо утилизировать, либо оперативно разобрать в причине отказа, хотя для реализации последнего варианта необходим высококвалифицированный персонал, в результате, опять-таки траты. А если изделие сложное? Из-за бракованного компонента нарушается функционирование всего изделия – это опять затраты на поиск дефекта, которых можно было бы избежать.

Специалисты ООО «Остек-Электро» разработали «Измеритель параметров ферромагнитных сердечников тороидальной формы Ш1-23», о котором мы уже упоминали в нескольких статьях<sup>1</sup> журнала «Вектор высоких технологий». Осенью 2018 года прибор был внесен в Государственный реестр средств измерений, регистрационный номер 73183-18 (рис 1). Пришло время рассказать о приборе более подробно.

Разработка прибора началась в 2016 году, когда сотрудники «Остек-Электро» в результате визитов на предприятия своих клиентов выявили потенциальную потребность в контроле параметров ферритовых колец. На этапе ОКР и НИР была закуплена партия ферритовых колец разных производителей (порядка 300 шт.). Результат был неутешителен: кольца, которые продавались под отечественными брендами, имели брак более 30 %. Безусловно, если предприятие-потребитель использует высококачественные

<sup>1</sup> Автор статей – Насонов Андрей Юрьевич



2

Внешний вид измерителя параметров ферромагнитных сердечников тороидальной формы Ш1-23

кольца таких фирм, как Ersos или Amidon, скорее всего, бояться нечего: у Ersos процент брака низкий и обычно связан с неправильной транспортировкой и хранением, а у американской компании Amidon процент брака сведён к нулю.

Многие знают, что каждая компания-производитель обычно специализируется на производстве ферромагнитных колец разной проницаемости, но применительно к вопросу входного контроля это абсолютно неважно – наш прибор измеряет магнитную проницаемость колец в диапазоне от 10 до 10 000, что более чем достаточно, чтобы перекрыть потребности подавляющего большинства предприятий. Пермалловые кольца с проницаемостью несколько десятков тысяч используются не так часто, но даже для них у нас есть специальное решение – это модификация тестера Ш1-23 под большую магнитную проницаемость.

Ниже приведены краткие характеристики универсального измерителя параметров ферромагнитных колец тороидальной формы Ш1-23:

- внутренний диаметр сердечника: от 4 мм;
- диапазон измерений  $\mu$ : 10–10 000;
- размеры: 280 × 27 × 88 мм;
- масса (в зависимости от модификации): не более 3 кг;
- питание: от сети 230 В, 50 Гц;
- автономное питание (аккумулятор), время работы: до 8 часов.

Если стоит задача по проверке сердечников с внутренним диаметром менее 4 мм, есть специальная модификация прибора, позволяющая это сделать.

Главная особенность данного прибора – резонансный метод измерения. Не так много на современном

рынке КИП-средств, реализующих этот метод. Чем он хорош? В отличие от тех же самых RLC-метров, измеряющих, по сути, полное сопротивление цепи, вычитая математически оттуда реактивные составляющие, на основе которых рассчитывается индуктивность, резонансный метод позволяет по-настоящему «прокачать» энергией ферритовый сердечник. В результате выявляются кольца, которые уходят в насыщение. Измерение RLC-метром никогда не позволит вам узнать, уйдёт ли кольцо в насыщение или нет. А суть измерения параметров ферромагнитного кольца сводится к следующему: на специальный адаптер надевается кольцо, адаптер устанавливается в зажимной механизм, формируя тем самым эквивалентную катушку индуктивности с 10 витками. Генератор возбуждается на частоте, определяемой параметрами колебательного контура, который образуется на основе вышеупомянутой катушки и опорного конденсатора. Результат измерения выводится на дисплей – коэффициент начальной индуктивности  $A_1$  (индуктивность, создаваемая одним витком на данном сердечнике), а также магнитная проницаемость  $\mu$ .

Учитывая пожелания пользователей данного прибора в настоящее время на финальной стадии разработки находится вспомогательное программное обеспечение для компьютеров под управлением ОС Windows. Данное ПО позволит вводить исходные данные прямо с компьютера, задавать дополнительную информацию о номере партии поставки, формировать отчёты о результатах тестирования. 

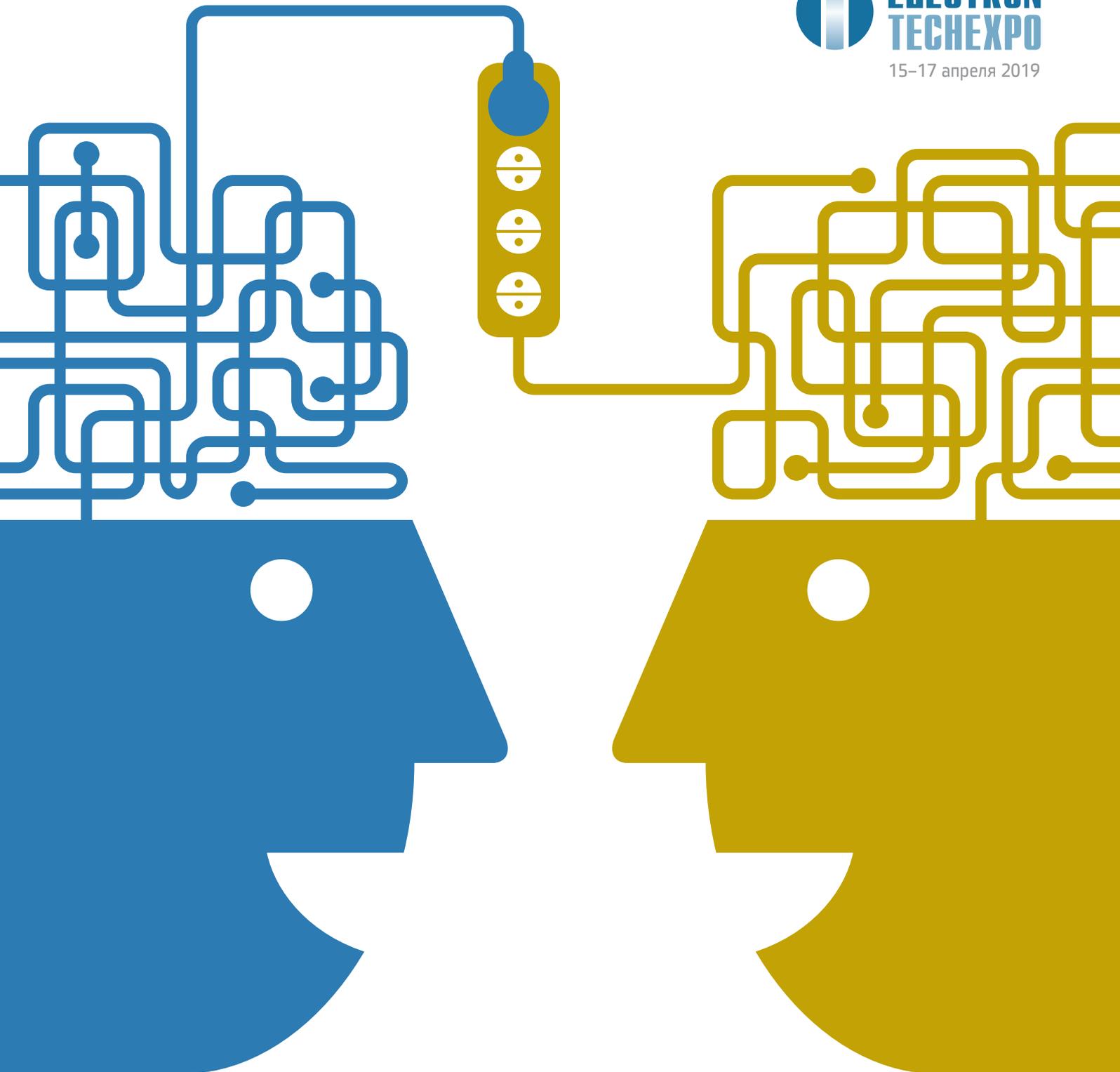
**Измеритель параметров ферромагнитных сердечников тороидальной формы Ш1-23 является практически единственным легитимным способом организации входного контроля ферритовых колец – для предприятий-потребителей или выходного контроля – для предприятий-изготовителей. Последствия отказа от контроля используемых при производстве продукции ферритовых колец выливаются в дополнительные финансовые траты. Их можно избежать, организовав на своём производстве входной контроль ферритовых колец, используя простой в обращении и доступный прибор Ш1-23.**

# Новые возможности



## и не только

- Каталог ЭКБ отечественного производства
- ТУ и технические описания
- Поиск и параметрическое сравнение по ключевым техническим характеристикам
- Новые ОКР и перспективные разработки
- Библиотека 3D-моделей отечественной ЭКБ
- Блокировка контрафакта



## Место встречи замыслов и возможностей

Группа компаний Остек приглашает на международную выставку «ЭлектронТехЭкспо 2019». Мы поделимся с вами новыми знаниями об актуальных технологиях и технологиях будущего, покажем наши собственные разработки, продемонстрируем работу новейшего оборудования. На нашем стенде вы найдете актуальные отраслевые решения в области электроники и радиоэлектроники, электротехники, технологий контроля, химико-технологических процессов. Вы первыми узнаете об инновациях во всех профильных областях и о том, как они могут помочь в реализации ваших проектов по модернизации производства. Выставка «ЭлектронТехЭкспо» пройдет с 15 по 17 апреля в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо».