

07 (28) ноябрь 2016

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал



ЛЕТ  
РАБОТАЕМ  
С УМОМ



## ТЕХНОЛОГИИ

Николай Кравцов  
Василий Афанасьев

10

ЧТО ПРИХОДИТ  
НА СМЕНУ АСТУЭ?



## КАЧЕСТВО

Роман Лыско

28

РЕШЕНИЯ ОТ КОМПАНИИ EMDEP:  
ТЕСТИРОВАНИЕ ЖГУТОВЫХ  
СБОРОК И НЕ ТОЛЬКО



## ОПТИМИЗАЦИЯ

Юрий Шаталов

38

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ  
ПРОВЕДЕНИЯ ЦЕЛЕВОГО  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ОБСЛЕДОВАНИЯ



Экономия времени

1. Совещания:

2ч. в нед. x 45 нед. =  
= 90 часов в год

2. Обходы:

Покершник-четыре

2ч. в нед. = 90 часов в год

Отчеты:

1ч. 20 мин. в нед. =

= 30 часов в год

Итого: 90+90+30=

210 часов в год!

СИНТИЗ

1-й год работы

ПАК "СИНТИЗ"

Показатели производства

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| 1. Снижение энергозатрат    | 4,2%     |
| 2. Коэф-т заф. оборудования | 53 → 68% |
| 3. Соэф. ТУчР               | 13%      |

- Рыбалка с Сергеем ✓
- В отпуск с семьей ✓
- ЧМ по хоккею ✓
- С шобингой в Париж ✓



Повышение скорости и качества принятия управленческих решений



Повышение качества взаимодействия служб предприятия



Повышение качества и скорости подготовки отчетов



Сокращение затрат на обслуживание и эксплуатацию парка оборудования



Повышение эффективности использования оборудования и сокращение срока его окупаемости

ПАК СИНТИЗ, разработанный специалистами Группы компаний Остек, представляет собой программно-аналитический комплекс, предназначенный для повышения эффективности и сбалансированности работы технологического оборудования и инженерных систем промышленного предприятия.



будущее создается



www.sintiz.ru  
000 «Остек-СМТ»  
energo@ostec-group.ru  
(495) 788 44 44 (доб. 5500)





### Уважаемые читатели!

Пожалуй, одним из главных событий осени стала 27-я Всемирная выставка электронных компонентов, систем и устройств – Electronica 2016, прошедшая с 8 по 11 ноября в Мюнхене. Electronica стала местом, где ведущие производители, поставщики и новички представили тенденции развития отрасли, включая широкий диапазон деталей и комплектующих. Выставка расположилась на рекордной площади в 143000 квадратных метров в 13 павильонах – там было на что посмотреть!

Но лично для меня наибольший интерес представляла обширная деловая программа, состоящая как из технических, так и аналитических докладов, посвященных обзору мирового и европейского рынка электроники.

Если обобщить мнения аналитиков в нескольких кратких тезисах, то можно отметить:

- Для глобального рынка производства электроники и радиоэлектроники характерна стагнация.
- Исключения представляют такие сегменты, как производство полупроводников, автомобильная электроника, медицинская электроника, аэрокосмическая электроника, безопасность и оборона.
- Небольшие объёмы активно развивающихся сегментов рынка, таких как беспилотные автомобили, интернет вещей, системы

связи 5G, БЛА/дроны, роботы, носимая электроника пока еще не способны дать импульс к росту рынка.

- Большинство докладчиков в качестве дестабилизирующего фактора отмечали мировую политическую нестабильность, брекзит и результаты выборов в США.

Интересно отметить, что если в прошлые годы Россию на выставке упоминали крайне редко, то в этом году о ней говорилось практически в каждом докладе, и информация озвучивалась самая противоречивая: по мнению одних экспертов по сравнению с прошлым годом рынок вырос, по мнению других – наоборот упал.

То, что в презентациях, посвященных анализу рынка, на России начали акцентировать больше внимания – это хороший сигнал, по моему мнению. Хочется верить, что с каждым годом наше присутствие на мировом рынке радиоэлектроники будет усиливаться и укрепляться.

Остек, со своей стороны, уже начал готовиться к выставке Productronica-2017, которая пройдет в Мюнхене с 14 по 17 ноября 2017 года. На своем выставочном стенде мы планируем представить новинки технологического оборудования и ПО собственной разработки, а также подготовить интересную деловую часть для представителей нашей делегации.

Присоединяйтесь!

**Антон Большаков, директор по маркетингу**

# В НОМЕРЕ

## НОВОСТИ

- 4 «ОСТЕК-СМТ» ПРЕДСТАВИЛ ИННОВАЦИОННУЮ «УМНУЮ ЛИНИЮ» В РАМКАХ КОНФЕРЕНЦИИ «ЦИФРОВАЯ ФАБРИКА»
- 6 ИТОГИ ТРЕНИНГА ПО СТАНДАРТУ IPC-A-610 «КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СБОРОК»
- 6 «ОСТЕК-ТЕСТ» ВПЕРВЫЕ ПРОВЕЛ СЕМИНАР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ
- 7 РЕНТГЕНОВСКИЙ ТОМОГРАФ GE V | ТОМЕ | X S240 УДОСТОЕН ДИПЛОМА 1 СТЕПЕНИ
- 8 НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ВАКУУМНОГО КОРПУСИРОВАНИЯ
- 9 ИТОГИ 13-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ TESTING & CONTROL-2016
- 9 ПРОШЛО 20 ЛЕТ – СИСТЕМА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ЛАЗЕРНОЙ МАРКИРОВКИ ПРОВОДОВ CAPRIS 50 ВСЕ ЕЩЕ В ЭКСПЛУАТАЦИИ



ТЕХНОЛОГИИ стр. 18

## ТЕХНОЛОГИИ

### ЧТО ПРИХОДИТ НА СМЕНУ АСТУЭ? ..... 10

Автор: Николай Кравцов, Василий Афанасьев

### ПЕЧАТЬ НА СЛОЖНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ: УНИКАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ НЕОТЕСН АМТ ..... 18

Автор: Илья Шахнович, Игорь Волков

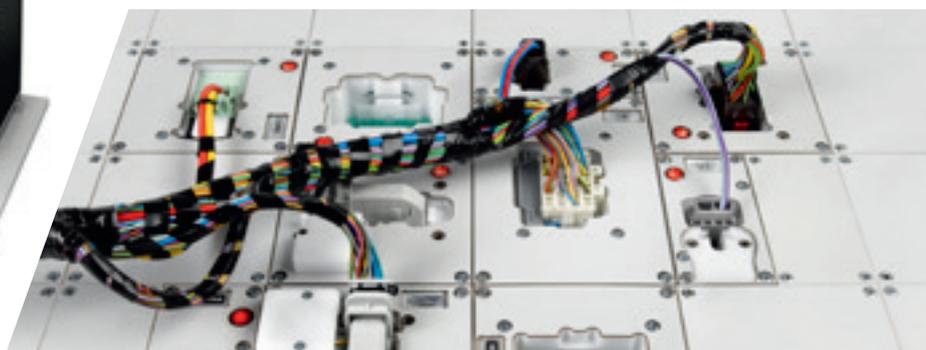
## КАЧЕСТВО

### РЕШЕНИЯ ОТ КОМПАНИИ EMDER: ТЕСТИРОВАНИЕ ЖГУТОВЫХ СБОРОК И НЕ ТОЛЬКО ..... 28

Автор: Роман Лыско

### КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В СОЗДАНИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РАДИОЛОКАЦИИ ..... 34

Автор: Константин Папилов



КАЧЕСТВО стр. 28



КАРЬЕРА стр. 54

## ОПТИМИЗАЦИЯ

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ЦЕЛЕВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА, ТРАНСПОРТИРОВКИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЖАТОГО ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЦИКЛЕ ПРЕДПРИЯТИЯ. . . . . 38**

Автор: Юрий Шаталов

## ТЕХПОДДЕРЖКА

**НЕ В СЕРЕБРЕ СЧАСТЬЕ: НОВЫЙ БЕССВИНЦОВЫЙ СПЛАВ SAC®M. . . . . 44**

Автор: Денис Поцелуев

**О ПРАКТИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ В РФ ФОЛЬГИРОВАННОГО СТЕКЛОТЕКСТОЛИТА ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНИКЕ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. . . . . 48**

Автор: Петр Семенов

## КАРЬЕРА

**ОСТЕК — КОМПАНИЯ ЗНАНИЙ . . . . . 54**

Автор: Ирина Истомина

## АВТОРЫ НОМЕРА

**Николай Кравцов**  
Начальник отдела систем мониторинга и управления Направления энергоэффективности ООО «Остек-СМТ»  
energo@ostec-group.ru

**Василий Афанасьев**  
Директор по развитию  
ООО «Остек-СМТ»  
lines@ostec-group.ru

**Илья Шахнович**  
Главный конструктор  
ООО «НИИИТ»  
mid@ostec-group.ru

**Роман Лыско**  
Заместитель коммерческого директора по маркетингу ООО «Остек-ЭТК»  
cable@ostec-group.ru

**Константин Папилов**  
Ведущий инженер  
группы технической поддержки отдела КИП  
ООО «Остек-Электро»  
ostecelectro@ostec-group.ru

**Юрий Шаталов**  
Главный специалист  
отдела энергоконсалтинга Направления энергоэффективности  
ООО «Остек-СМТ»  
energo@ostec-group.ru

**Денис Поцелуев**  
Начальник отдела продаж  
ООО «Остек-Интегра»  
materials@ostec-group.ru

**Петр Семенов**  
Генеральный директор  
ООО «Остек-СТ»  
ost@ostec-group.ru

**Ирина Истомина**  
Начальник отдела оценки и развития  
ООО Предприятие Остек  
HR@ostec-group.ru

# НОВОСТИ

## «ОСТЕК-СМТ» ПРЕДСТАВИЛ ИННОВАЦИОННУЮ «УМНУЮ ЛИНИЮ»

13 октября 2016 г. в отеле Double Tree by Hilton, Москва, прошла конференция «Цифровая фабрика», организованная ООО «Остек-СМТ». Название мероприятия говорит само за себя. Как отметил в своем вступительном докладе генеральный директор «Остек-СМТ» Е. Б. Липкин: «Реалии сегодняшнего дня таковы, что объем информации, необходимой для эффективного управления производством, непрерывно растет, и анализировать его с целью принятия решений становится все сложнее. В такой ситуации человек становится «слабым звеном», и ему на помощь приходят цифровые технологии».

Автоматизация технологических процессов и внедрение прогрессивных ИТ-систем на производстве при правильном подходе, зачастую, являются ключевыми факторами успешности и конкурентоспособности предприятия. При этом попытки внедрять передовые зарубежные решения по автоматизации часто оборачиваются неудачей ввиду специфики отечественных производств.

Потратив значительное время на попытки локализовать зарубежные решения по автоматизации, в «Остек-СМТ» пришли к выводу, что лучшим вариантом будет создание собственной разработки.

На протяжении последних лет специалисты «Остек-СМТ» активно разрабатывают собственные продукты. Сегодня уже достигнуты конкретные результаты, а также составлена концепция дальнейшего развития в области цифро-

вых технологий. Ее название – «Цифровая фабрика».

Таким образом, данное мероприятие подводило промежуточный итог этой масштабной работы, и особенно символично, что это событие произошло в год 25-летия ГК Остек.

Аудитория состояла исключительно из владельцев и представителей высшего руководства предприятий, то есть людей, прямо заинтересованных в развитии собственных мощностей и имеющих огромный практический опыт в отрасли. Поэтому содержание конференции должно было одновременно затронуть как вопросы стратегического характера, так и предложить конкретные решения для повышения эффективности производств. Данную задачу удалось решить в полном объеме.

В стратегическом докладе Е. Б. Липкина были кратко подведены итоги 25-летней деятельности ГК Остек, озвучены основные мировые промышленные тренды сегодняшнего дня, в том числе такие как «Индустрия 4.0» и обозначены векторы развития компании, опирающиеся на собственные разработки, которые были представлены гостям после перерыва.

Сначала руководитель направления энергоэффективности А. В. Завалко наглядно продемонстрировал работу программно-аналитического комплекса «Синтиз», одной из первых разработок «Остек-СМТ», которая уже внедрена на ряде отечественных предприятий. Функционал «Синтиз»,

представляющий собой реальный инструмент повышения общей эффективности оборудования (ОЕЕ) и снижения эксплуатационных затрат, оказался в своем роде уникальным и, как показал опыт, востребованным решением для отечественной промышленности.

Но если ПАК «Синтиз» уже сложно назвать новинкой для российских предприятий, хотя докладчика не отпускали добрых 20 минут, задавая большое количество вопросов, то следующий доклад рассказывал об абсолютно новом решении, впервые представленном на суд общественности.

Не будет преувеличением сказать, что данный доклад ждали практически все гости мероприятия – отклик на представленный продукт показал, что с этой разработкой «Остек-СМТ» попал в «яблочко». Продемонстрировав





простое и изящное решение целого ряда проблем на сборочно-монтажном производстве, «Остек-СМТ» в течении трех дней после завершения конференции получил несколько запросов на проработку ТЗ и приглашения на встречи с целью обсуждения конкретных шагов по внедрению.

Речь идет об «Умной линии» – новейшей разработке, превращающей традиционное сборочно-монтажное оборудование в один из ключевых элементов «Цифровой фабрики», разработке, которая должна стать для предприятия первым шагом к «цифровизации» производства или «Индустрии 4.0».

«Умная линия» представляет собой программно-аппаратный комплекс, который является надстройкой к традиционной линии. Он осуществляет в реальном времени сбор данных с оборудования, анализирует их и предоставляет результаты ответственному за принятие тех или иных решений специалисту в наиболее удобной форме.

Сегодня «Умная линия» – это единственное решение, включающее операции нанесения паяльной пасты, установку компонентов,

оплавление и оптическую инспекцию; построенное на лучшем оборудовании в своем классе и объединяющее это оборудование в общее информационное пространство для обмена данными, повышения эффективности работы и предоставления персоналу дополнительных элементов управления линией.

Доклад представил директор по развитию «Остек-СМТ» В. М. Афанасьев. Он подробно рассказал о структуре, работе и функциональных возможностях данного комплекса, продемонстрировав их на примерах, и ответил на вопросы.

Логичным продолжением «Умной линии» стал доклад коммерческого директора «Остек-СМТ» А. В. Соловьева об автоматизированных системах складского хранения. Помимо традиционных преимуществ автоматизированных складов, таких как снижение времени подготовки комплектации, компактное и упорядоченное хранение компонентов с соблюдением необходимых условий и т. д. при интеграции с «Умной линией» возникает еще как минимум одно преимущество – полный автоматический учет установленных и отбракованных радиоэлементов.

Завершил конференцию доклад коммерческого директора ООО «Остек-Инжиниринг» А. В. Кивелева, который рассказал о еще одной разработке ГК Остек – системе управления цифровым производством «Logos».

Гости сердечно благодарили компанию за продуктивные годы совместной работы, искренне желали дальнейших успехов, желали не сворачивать с выбранного пути, а также вручали памятные подарки к 25-летию ГК Остек. Завершил мероприятие праздничный фуршет, где в ходе неформального общения гости смогли пообщаться между собой, обсудить насущные проблемы и завести полезные знакомства.

Все участники единодушно отметили высокий уровень организации конференции, а также актуальность и пользу предоставленной информации.

ООО «Остек-СМТ» выражает благодарность всем гостям конференции «Цифровая фабрика» и надеется на новые встречи. 

## ИТОГИ ТРЕНИНГА ПО СТАНДАРТУ IPC-A-610 «КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СБОРОК»

11-13 октября 2016 года Группа компаний Остек провела тренинг по стандарту IPC-A-610 «Критерии качества электронных сборок». Мероприятие было организовано для специалистов ведущих отечественных предприятий радиоэлектронной промышленности, непосредственно участвующих в процессе сборки и ремонта печатных узлов. Под руководством сертифицированного тренера IPC участники изучали современные критерии качества сборки печатных узлов, учились правильно выявлять дефекты, выполняли практические задания с использованием современного оборудования и образцов печатных узлов, содержащих различные дефекты.

**Следующий тренинг по стандарту IPC-A-610 «Критерии качества электронных сборок» пройдет 13-15 декабря 2016 г.**

В ходе трехдневного обучения участники изучили 9 модулей по стандарту IPC-A-610, научились корректно применять изученные критерии качества в современном производстве после основных операций сборки, при диагностике и выполнении ремонта, успешно сдали экзамены по всем разделам. В конце тренинга каждый участник получил международный сертификат специалиста по стандарту IPC-A-610 сроком действия 2 года.

Большое количество желающих принять участие в тренинге и положительные отзывы изучивших курс подтверждают, что подобные мероприятия востребованы специалистами в области электроники. 

**Следующий тренинг по стан-**

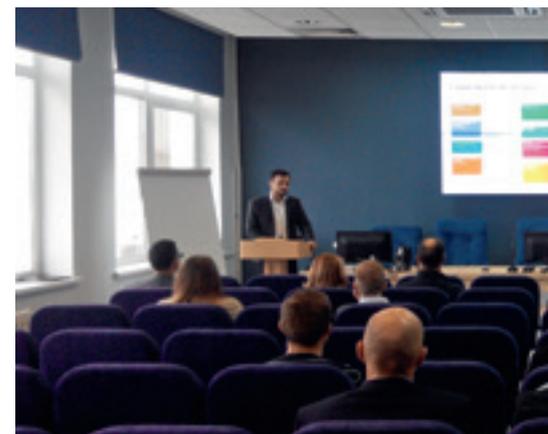


## «ОСТЕК-ТЕСТ» ВПЕРВЫЕ ПРОВЕЛ СЕМИНАР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

28 сентября 2016 года специалисты ООО «Остек-Тест» впервые провели семинар по испытательному оборудованию в г. Минске на территории РУП «БелГИМ».

Национальный метрологический институт Республики Беларусь – БелГИМ – располагает национальными и исходными эталонами, высокоточными средствами измерений, современным испытательным оборудованием, а также высококвалифицированными специалистами в области метрологии, которые имеют многолетний международный практический опыт работы в данной области.

Предпосылкой для проведения такого мероприятия стал выход нового нормативного документа в области испытаний: 01.09.2016 г. Госстандарт РБ выпустил и утвердил СТБ 8015-2016, устанавливающий общие требования к организации и порядку проведения аттестации испытательного оборудования.



## РЕНТГЕНОВСКИЙ ТОМОГРАФ GE V | ТОМЕ | X S240 УДОСТОЕН ДИПЛОМА 1 СТЕПЕНИ

В своих докладах специалисты ООО «Остек-Тест» подробно рассказали о прикладном применении испытательного оборудования, рассмотрели новые тенденции в организации испытаний и современное оборудование для их проведения.

Также были представлены новинки испытательного оборудования:

- сервогидравлические испытательные вибростенды;
- ускоренные методы испытаний и оборудование для их проведения.

В заключение представители БелГИМ осветили основные положения нового национального стандарта РБ, а специалисты «Остек-Тест» ответили на вопросы по выбору оборудования и современным методикам проведения испытаний. 

Партнер ООО «Остек-СМТ» компания «ДЖИИ РУС/GE OIL & GAS DIGITAL SOLUTIONS», мировой лидер в производстве и технической поддержке современных систем рентгеновского контроля и компьютерной томографии, получила диплом 1 степени в конкурсе «Лучший экспонат, лучший проект или лучшее техническое решение», который прошел 7-9 сентября в рамках Татарстанского нефтегазохимического форума в Казани.

В номинации «Повышение нефтеотдачи пластов» награды удостоился рентгеновский томограф GE v|tome|x s240 за оригинальное решение по предоставлению достоверной информации при визуализации процессов нефтеотдачи пластов. 



## НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ВАКУУМНОГО КОРПУСИРОВАНИЯ

С мая 2016 года ГК Остек расширила продуктовую линейку и включила в свой ассортимент геттеры от ведущих мировых производителей. Доступность таких решений на рынке предоставит российским предприятиям новые технологические возможности по обеспечению вакуума как при дискретном корпусировании, так и при корпусировании на уровне пластины.

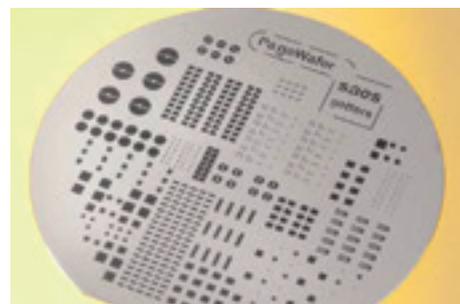
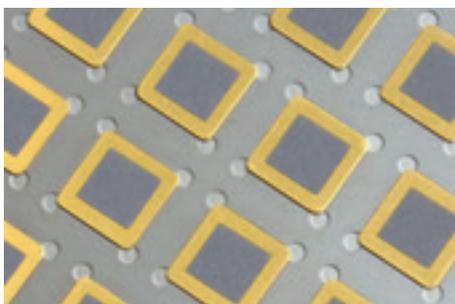
Геттеры используются для селективного поглощения газов в герметичном объеме. Их основная задача – обеспечение и поддержание заданного уровня давления при вакуумном корпусировании на уровне пластины. Особенно полезно использование геттеров, когда объем герметизируемого пространства очень мал, так как применение специальных корпусов существенно увеличивает стоимость и удлиняет производственный цикл.

Геттеры предназначены для таких устройств как гироскопы, акселерометры, датчики абсолютного давления, матрицы микроболометров и приборы, принцип действия которых основан на движении свободных электронов в электрическом поле. То есть это МЭМС, МОЭМС и устройства вакуумной микроэлектроники, которым для работы требуется пониженное давление – вакуум.

Преимущества обеспечения вакуума при корпусировании на уровне пластины:

- широкая перспективная область применения (системы инерциальной навигации, системы ночного видения, контроль потери тепла и многое другое);
- поддержание требуемого уровня вакуума в течение всего периода эксплуатации устройства;
- обеспечение и поддержание определённого уровня вакуума при корпусировании на уровне пластины при маленьком объеме герметизируемого пространства;
- сокращение времени производственного цикла;
- уменьшение стоимости конечного изделия.

На складе Остека имеются данные изделия, и компания готова предоставить бесплатные образцы для проведения испытаний. В дальнейшем планируется поддерживать обширную номенклатуру геттеров для оперативного обеспечения ими российских предприятий электронной отрасли. 

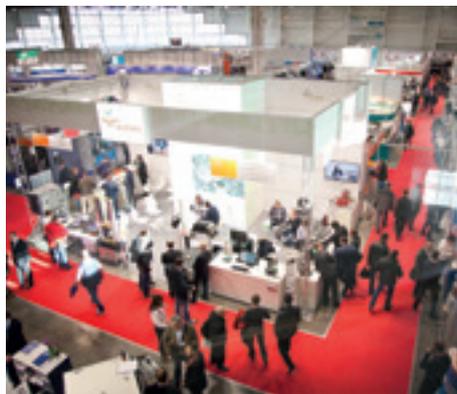


## ИТОГИ 13-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО И КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ TESTING & CONTROL-2016

С 25 по 27 октября подразделение ГК Остек ООО «Остек-Тест» приняло участие в 13-й Международной выставке Testing & Control-2016.

Testing & Control – один из главных выставочных проектов в России и странах СНГ в области испытательного и контрольно-измерительного оборудования для различных отраслей промышленности.

Посетители выставки — представители промышленных, строительных, экологических, научно-исследовательских лабораторий, сертификационных центров, конструкторских бюро, отделов технического контроля, стандартизации и метрологии из различных отраслей экономики.



«Остек-Тест» представил на своем стенде:

- одноосевой поворотный стол/стенд имитации пространственного положения TES-3Vs (Acuitas AG, Швейцария);
- настольную камеру тепла, холода и влаги SH-662 (Espec, Япония);
- электродинамический вибростенд m060/MA1 (IMV, Япония);
- универсальную испытательную машину Syntax 25 (3R, Франция).

Посетители и участники Testing & Control смогли вживую увидеть и оценить все достоинства представленного на стенде оборудования.

В рамках выставки специалисты ООО «Остек-Тест» предлагали посетителям стенда провести испытание материалов на разрыв, растяжение-сжатие и другие виды нагружений на универсальной испытательной установке Syntax 25 (3R, Франция).

Всем, кто не успел ознакомиться с решениями компании в области испытаний во время мероприятия, мы предлагаем посетить демозал ГК Остек. Заявку можно отправить по электронной почте: 5720@7884444.ru, 5707@7884444.ru с пометкой в теме письма «Посещение демозала».

## ПРОШЛО 20 ЛЕТ – СИСТЕМА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ЛАЗЕРНОЙ МАРКИРОВКИ ПРОВОДОВ CAPRIS 50 ВСЕ ЕЩЕ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

В 1996 году компания KF Aerospace (ранее — Kelowna Flightcraft), базирующаяся в провинции Британская Колумбия, Канада, приобрела систему ультрафиолетовой лазерной маркировки проводов CAPRIS50 UV #003. Это была третья система данной серии. Всего было произведено 155 подобных установок. Впоследствии на рынок была выведена установка маркировки проводов CAPRIS 50-100.

CAPRIS 50 была первой из установок лазерной маркировки третьего поколения компании Spectrum, но, что более важно, это была первая недорогая компактная система ультрафиолетовой лазерной маркировки проводов на рынке, обеспечивающая доступ к технологии ультрафиолетовой лазерной маркировки для применения в рамках техобслуживания и ремонта воздушных судов, а также мелкосерийного производства.

Система была приобретена после того, как KF Aerospace заключила контракт с Министерством обороны Канады в рамках программы обновления авиационной радиоэлектроники учебно-тренировочных реактивных самолетов Lockheed T-33.

Десять лет спустя, в июне 2006 года, компания KF Aerospace приобрела вторую систему от компании Spectrum — лазерный маркировщик проводов модели CAPRIS 50-300.

## ТЕХНОЛОГИИ

# Что приходит на смену АСТУЭ?

Новые решения для повышения  
эффективности систем технического  
учета для крупных и средних  
производственных предприятий

Текст: Николай Кравцов  
Василий Афанасьев

”

Информационно-измерительные системы класса АСТУЭ активно используются на промышленных предприятиях в нашей стране с 90-х годов прошлого столетия и давно доказали свою полезность и важность. Казалось бы, что еще нового и интересного может появиться в их функционале? Да и нужно ли это вообще — наделять системы технического (внутреннего) учета энергоресурсов какими-то дополнительными свойствами? Как говорится «от добра добра не ищут». Но как показала практика, это не только нужно, но и важно. Не всегда выгоды от использования АСТУЭ очевидны руководителям предприятий, что может отрицательно сказаться на планах внедрения систем учета. Сегодня, благодаря стремительному развитию информационных систем и вычислительной техники, экспоненциальному росту скорости передачи данных, технологий обработки и анализа больших массивов данных в режиме реального времени, появилась возможность оборудовать традиционные и всем хорошо знакомые АСТУЭ новым функционалом, о чем и пойдет речь в нашей статье.

Основной функционал большинства действующих систем АСТУЭ решает такие задачи, как:

- автоматизированный дистанционный учет энергоресурсов, потребляемых на различные нужды (по отдельным зданиям и помещениям, группам потребителей и особо крупным единичным потребителям);
- проведение дальнейшей статистической аналитики;
- снижение влияния человеческого фактора на сбор информации.

Также ряд систем позволяет планировать потребление энергоресурсов на будущие периоды и использовать данные о потреблении для анализа финансово-экономической деятельности организации.

Эффективность внедрения АСТУЭ неоднозначна. Энергоемкие отрасли промышленности с долей энергоресурсов в себестоимости продукции 25 % и более показали отличные результаты по возврату инвестиций за счет существенного снижения платежей за потребленные энергоресурсы. Средняя окупаемость инвестиций составляет 2-3 года.

В то же время на высокотехнологичных предприятиях, выпускающих дорогостоящую продукцию с низкой долей энергоресурсов в себестоимости продукции (менее 5 %), огромное число проектов по внедрению АСТУЭ так и осталось проектами на бумаге. Это свя-

зано с тем, что технико-экономическое обоснование внедрения АСТУЭ и расчет сроков окупаемости проекта только за счет экономии платежей за энергоресурсы встречают множество резонных вопросов со стороны финансистов, руководителей и собственников предприятий. Поэтому одной из основных задач энергетиков высокотехнологичных предприятий при разработке ТЭО является поиск дополнительных выгод внедрения АСТУЭ, причем выгоды должны быть выражены в явном денежном исчислении, что, в общем, непросто.

Когда один из наших клиентов «пожаловался» нам на этот момент, мы задумались, насколько актуален такой вопрос. Дальнейшие исследования показали, что данная проблема возникает не у одного отдельно взятого клиента, а у огромной группы предприятий, для которой характерна низкая доля энергоносителей в себестоимости продукции. Имея штат квалифицированных разработчиков и энергетиков, а также более чем 25-летний опыт работы в промышленности, мы с воодушевлением взялись за усовершенствование, разработку и внедрение информационно-измерительных систем класса АСТУЭ с дополнительным функционалом и возможностями, учитывающими особенности отечественных высокотехнологичных предприятий, которые обеспечивали бы сроки окупаемости на уровне 1-2 лет. Проект получил название «АСТУЭ+»

**Т 1**  
 Факторы, ограничивающие эффективность внедрения классических АСТУЭ на высокотехнологичных предприятиях

|   |  |   |
|---|--|---|
| 1 | Расчет сроков окупаемости проекта  | Построен только на экономии затрат на покупку энергоресурсов  |
| 2 | Точки учета  | Только группы потребителей или отдельные крупные потребители  |
| 3 | Ключевая доступная информация  | Только потребление энергоресурсов за период времени (30 мин., 1 час и т. д.)  |
| 4 | Частота обновления данных о потреблении энергоресурсов   | 30 мин., 1 час<br>Таким образом, система упускает фиксацию скоротечных (1 сек. и меньше) пиковых отклонений. Именно эти отклонения в значительной степени влияют на надежность и стабильность работы инженерных систем и оборудования |
| 5 | Узкая специализация системы  | Активным пользователем системы выступает только служба главного энергетика.<br>Для руководства предприятия и смежных подразделений (производство, служба главного механика, финансовая служба) информация малопонятна и малополезна   |
| 6 | Внедрение системы носит локальный характер (без учета информации из смежных автоматизированных систем предприятия) | Импорт/экспорт данных в смежные системы (ERP, MES, ТООР (ТОРО)) происходит вручную, с дополнительными трудозатратами. Информация передается некорректно, часть теряется   |
| 7 | Слабая графическая проработка пользовательского интерфейса   | Мнемосхемы с расположением точек учета отсутствуют или представлены в статичном виде. Работа с информацией ведется через таблицы с большим количеством данных и форм отчетов  |

## Детализация проблемы

В процессе работы мы провели детальный анализ и изучение представленных на рынке решений. В результате были выявлены факторы, ограничивающие эффективность внедрения классических АСТУЭ на высокотехнологичных предприятиях **Т 1**.

По итогам структурирования и анализа полученной информации мы пришли к выводу, что внедрение АСТУЭ в классическом исполнении действительно может оказаться малоэффективным для многих предприятий. В первую очередь, это связано с тем, что на предприятиях затраты на энергоресурсы, используемые при производстве продукции, многократно ниже, чем затраты на само производство (комплектующие, материалы, обслуживание оборудования и т. д.), и основной вектор снижения затрат предприятий лежит в плоскости снижения издержек в производственном процессе (увеличение загрузки оборудования, уменьшение аварий

и степени их тяжести, снижение брака на производстве, оптимизация технологического процесса, соблюдение производственной дисциплины). Достижение экономии именно в данной плоскости отметило большинство руководителей предприятий.

## СИНТИЗ АСТУЭ+

В процессе проработки функционала «АСТУЭ+» мы обозначили потенциал для дальнейшего развития систем технического учета.

Наибольший камень преткновения – это окупаемость систем, завязанная только на экономию энергоресурсов. Следовательно, надо было определить, как еще можно «монетизировать» использование «АСТУЭ+». Как известно, одним из ценных активов любого предприятия является оборудование, которое, к слову, активно эти энергоресурсы потребляет. Продление срока службы

### Т 2

Ключевые особенности «АСТУЭ+»

|   |  |   |
|---|--|---|
| 1 | Методика сбора информации и полевой уровень (оборудование для сбора информации)                      | Так же, как в АСТУЭ: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ многофункциональные электроизмерительные приборы;</li> <li>■ узлы учета тепла;</li> <li>■ узлы учета пара;</li> <li>■ узлы учета газа;</li> <li>■ узлы учета сжатого воздуха;</li> <li>■ узлы учета воды.</li> </ul>  |
| 2 | Точки сбора информации   | Ключевое технологическое оборудование (с детализацией до конкретной единицы)<br>Группы потребителей; отдельные крупные потребители энергоресурсов   |
| 3 | Функционал системы (ключевая доступная информация)   | Мониторинг технического состояния оборудования и инженерных систем (через контроль параметров потребления энергоресурсов)<br>Учет загрузки оборудования (выкл./простой/работа/перегрузка)<br>Учет фактической наработки оборудования<br>Учет характера работы оборудования<br>Контроль качества энергоресурсов<br>Учет потребления энергоресурсов |
| 4 | Частота опроса точек учета (обновления данных о потреблении энергоресурсов и состоянии оборудования) | 1 сек. (именно на основе измерений в режиме реального времени строится весь аналитический модуль комплекса)   |
| 5 | Взаимодействие со смежными информационными системами   | Обмен данными в автоматическом режиме   |
| 6 | Пользователи системы   | Руководство предприятия<br>Руководители производственных подразделений<br>Служба главного энергетика<br>Служба главного механика<br>Финансовая служба   |
| 7 | Пользовательский интерфейс   | Интуитивно понятный для различных групп пользователей с возможностью настройки индивидуально под задачи каждого подразделения/пользователя<br>Активные мнемосхемы<br>Панель ключевых показателей<br>Автоматическое формирование и рассылка отчетов, оповещение  |

оборудования, снижение количества неисправностей и повышение коэффициента его загрузки – за счет этих факторов можно достигнуть конкретных результатов, эффект от которых возможно выразить в денежном исчислении.

Решение пришло само собой – через контроль параметров потребления энергоресурсов осуществлять мониторинг технического состояния оборудования и инженерных систем. Причем предусмотреть возможность проводить контроль работы как группы станков, так и каждой отдельной единицы оборудования. Измерения решено было производить в реальном времени с частотой 1 раз в секунду. Фиксация, учет скоротечных (1 сек. и меньше) пиковых отклонений позволяют получить детальную информацию о состоянии инженерных систем и оборудования. Именно пиковые отклонения в значительной степени влияют на надежность и стабильность их работы. Например, кратковременный скачок или просадка напряжения способны остановить или вывести из строя конвейерную линию, на перезапуск которой уйдет значительное время. Анализ информации о характере, величине, динамике возникновения пиковых и пограничных ситуаций позволит спрогнозировать развитие ситуации, провести предупредительные мероприятия, разработать рекомендации для технического персонала.

Поскольку специализация системы расширяется, и эта информация становится полезной не только главному энергетик, но и целому ряду служб, в том числе техническому директору, директору производства, начальнику цеха, главному инженеру, главному механику, главному технологу (что также закрывает п. 5 **Т 1**), дополнительной задачей стало проведение аналитики собранных данных, их обработка и предоставление в удобной и наглядной для каждой службы форме.

В результате, у нас сформировалось следующее техническое задание **Т 2**, а структура решения получила вид, представленный на **рис. 1**.

Уже первые опыты внедрения системы технического учета АСТУЭ+ показали реальную эффективность ее использования на промышленных предприятиях. При сохранении полевого уровня как в АСТУЭ, но при кардинальном изменении структуры решения (добавление в качестве новых точек сбора информации ключевое технологическое оборудование, опрос и обработка данных в режиме реального времени с дискретностью 1 сек.) были достигнуты следующие результаты:

1. Контроль работы и загрузки ключевого технологического оборудования в режиме реального времени: повышение степени эффективности использования парка оборудования и снижение простоев.
2. Снижение затрат на ТОиР: сокращение числа аварий за счет превентивного реагирования, а также уменьшение тяжести аварий и их последствий.
3. Единое информационное ядро: возможность для всех пользователей системы работать с одинаковой информацией и сокращение времени обмена инфор-

мацией между подразделениями.

4. Снижение потребления/затрат на энергоресурсы благодаря контролю работы и загрузки технологического оборудования вплоть до конкретной единицы, в том числе через административные меры и управление производственной дисциплиной.

Полученное решение получило название СИНТИЗ – Система ИНтеллектуальных ИЗмерений.

Бюджет и сроки внедрения системы АСТУЭ+ на базе ПАК (ПАК – программно-аналитический комплекс) СИНТИЗ сопоставимы со стоимостью внедрения традиционных АСТУЭ и составляет не более 1 % от стоимости основного оборудования.

По полученным результатам внедрений за счет многофакторного механизма снижения затрат сроки окупаемости систем составили от 12 до 24 месяцев. Эффективность использования была доказана, причем без многоступенчатых расчетов и обоснований.

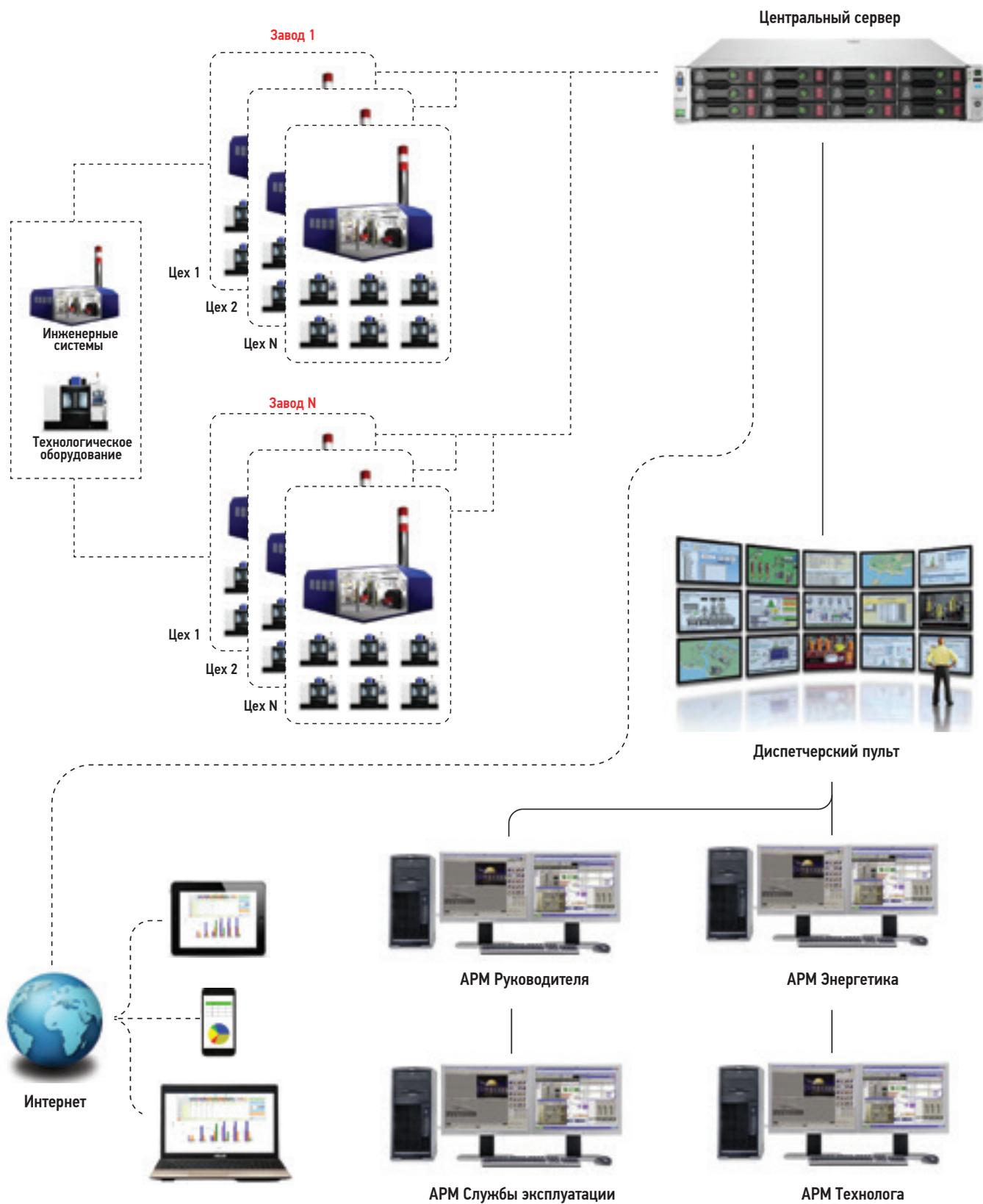
## СИНТИЗ SIAM

Как это часто бывает, мы решили не ограничиваться достигнутыми успехами. Помимо точек сбора данных для систем АСТУЭ (узлов учета потребления энергоресурсов) было предложено использовать в качестве источников информации также и оборудование полевого уровня, данные с которого обрабатываются и анализируются MES- и SCADA-системами, а именно:

- панели операторов/HMI-интерфейс;
- собственные панели управления оборудования;
- видеокамеры;
- сканеры RFID-меток/штрихкодов;
- датчики температуры/влажности;
- смежные автоматизированные системы (импорт/экспорт данных, активное взаимодействие).

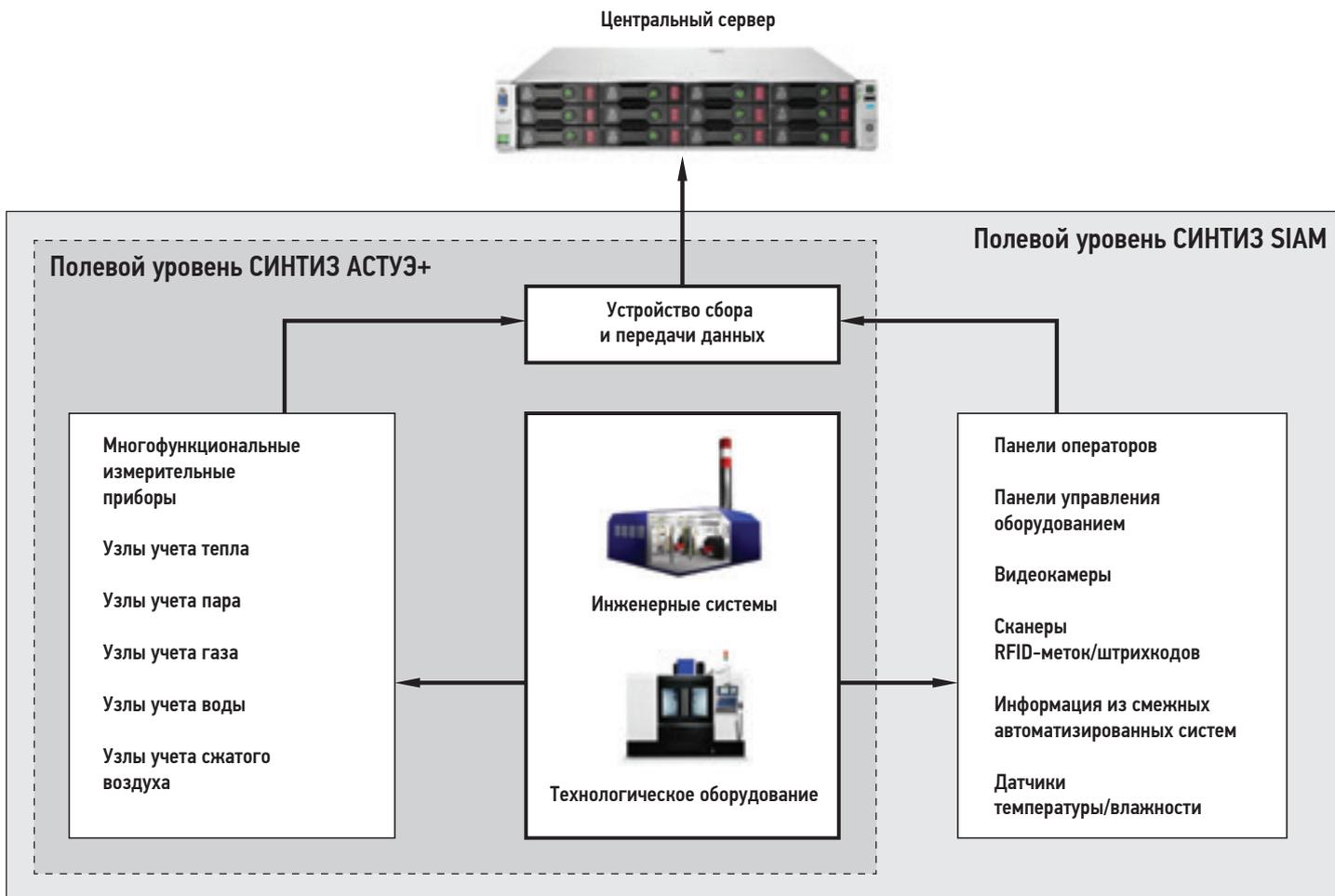
Комбинация источников данных позволила в дополнение к функционалу «АСТУЭ+» получить целый ряд абсолютно новых полезных возможностей:

1. Автоматизированный модуль прогнозирования и разработки рекомендаций на основе полученных данных в режиме реального времени. Позволяет организовать производственный процесс в оптимальном режиме с учетом минимальных затрат, оперативно принимать правильные управленческие решения в условиях быстропеременного производства.
2. Формирование многофакторных отчетов, объединяющих информацию о производственных показателях, энергопотреблении, состоянии оборудования, удельных показателях, финансовых расчетах.
3. База знаний, инструкций и документов для оперативной помощи персоналу. Позволяет новому сотруднику в максимально короткое время освоить тонкости работы с оборудованием и выйти на максимальные показатели производительности. База



1

Структура решения «ASTUE+»



включает лучшие практики в части «бережливого производства» и проектов по энергосбережению, внедренные на участках предприятия, которые могут быть распространены на всё предприятие.

4. Информация с панелей операторов с указанием причин простоев. Позволяет организовать детальный анализ причин простоев и своевременно вносить корректировки в производственный процесс.
5. Видеонаблюдение и запись эпизода с привязкой к событию. Позволяет получить картину «до» и «после» наступления критического события и в дальнейшем проанализировать ситуацию и принять меры для исключения подобных событий в будущем.
6. Функционал стал полезен для представителей пла-

ново-экономической и технологической служб, так как детальная информация о причинах простоев позволяет вносить корректировки в технологические и производственные процессы на основе объективных данных.

Новый функционал был добавлен к АСТУЭ+ и опробован на ряде промышленных предприятий. Результаты оказались впечатляющими. По итогам тестирования было зафиксировано снижение эксплуатационных расходов и стоимости часа работы оборудования в целом, а расчетный срок службы оборудования увеличился на 20 % (рис. 4)!

При стоимости системы не более 1 % от стоимости оборудования и длительности внедрения от 6 до 18 ме-



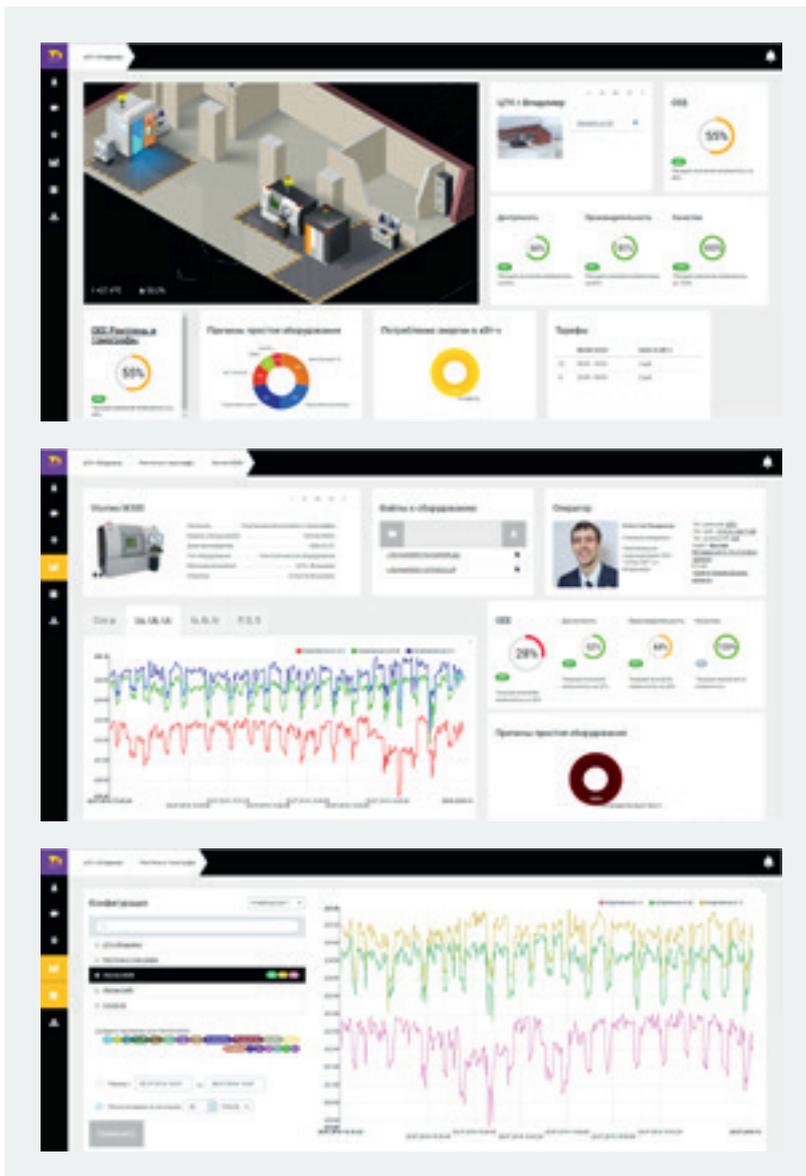
4

сцев с учетом всех доработок окупаемость составила менее 12 месяцев!

В результате нашей большой работы появилась система, имеющая уникальный функционал. На примере ПАК СИНТИЗ можно говорить о зарождении нового класса «умных» автоматизированных систем – SIAM-систем (Smart Industrial Asset Management – интеллектуальное («умное») управление производственными активами), объединяющих кроме элементов систем технического учета энергоресурсов (АСТУЭ), систем мониторинга (SCADA), систем управления предприятием (MES) также уникальные алгоритмы анализа, прогнозирования и разработки рекомендаций в режиме реального времени.

Особенности SIAM-систем:

- Мощный аналитический пакет, позволяющий в автоматическом режиме выявлять и прогнозировать важные события и изменения, тем самым сокращая срок устранения проблемы или предупреждая ее возникновение.
- Встроенная система поддержки принятия решений – разработка рекомендаций на основе анализа огромного массива данных.
- Комплексный анализ работы технологического оборудования, инженерных систем и их взаимодействия.
- Интеграция всего парка оборудования без «теневых зон», включая и ультрасовременные системы, и раритетные экземпляры оборудования.
- Формирование коммуникационной сети предприятия, позволяющей увязать между собой оборудование и персонал.
- Интеграция с автоматизированными и информационными системами предприятия.
- Формирование статистических и аналитических отчетов. 



МНМОСХЕМА УЧАСТКА  
И КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

КАРТОЧКА И ПАРАМЕТРЫ  
ОБОРУДОВАНИЯ

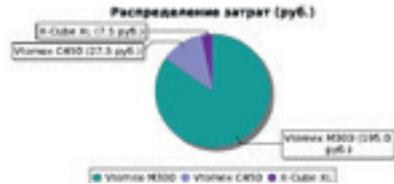
РАБОТА С ДАННЫМИ

### Получить отчет

Детальный
  Мгновенный

За период с:

| Дата                        | Период              | Потребление, кВт*ч | Стоимость, руб |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| <b>Рентгены и томографы</b> |                     |                    |                |
| <b>X-Cube XL</b>            |                     |                    |                |
| 2016-07-11                  | 09:00:00 - 09:59:59 | 1,0                | 2,5            |
| 2016-07-11                  | 10:00:00 - 10:59:59 | 1,0                | 2,5            |
| 2016-07-11                  | 11:00:00 - 11:59:59 | 1,0                | 2,5            |
| 2016-07-11                  | 12:00:00 - 12:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| <b>Итого для X-Cube XL:</b> |                     | <b>3,0</b>         | <b>7,5</b>     |



### Статистика энергопотребления

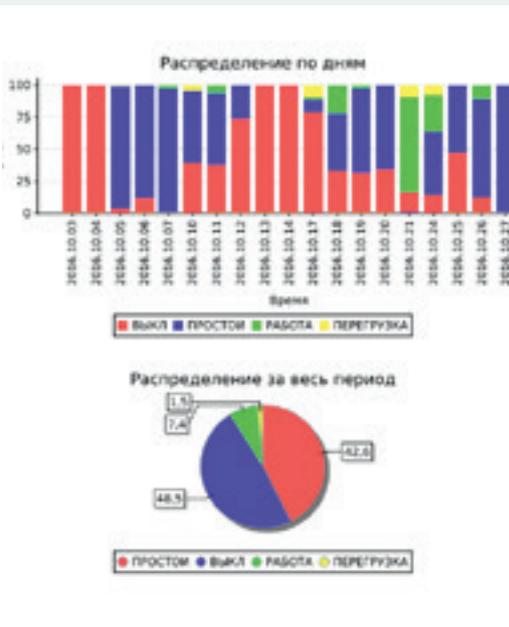
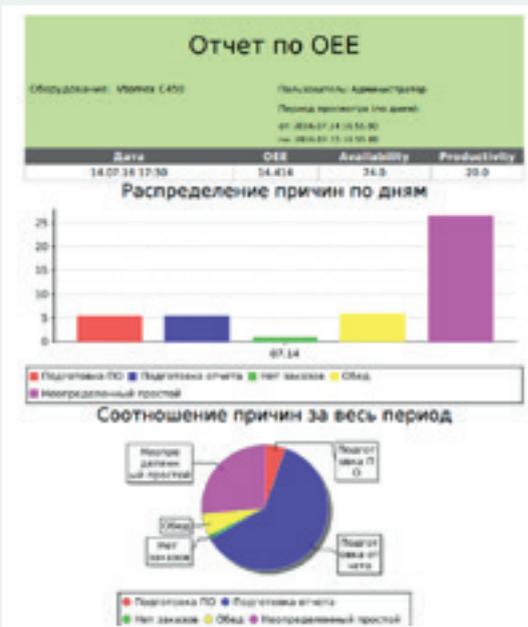
Подразделение: ЦТН в Владимир | Пользователь: Администратор  
 Уплотн (руб. кВт\*ч): 27,00 | Цена за кВт\*ч: 2,50  
 Адрес: 230000, Владимир, ул. Мухоморова, д. 10 | Контакт: 230000, Владимир, ул. Мухоморова, д. 10

| Дата                        | Период              | Потребление, кВт*ч | Стоимость, руб |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| <b>Рентгены и томографы</b> |                     |                    |                |
| <b>Уплотн М300</b>          |                     |                    |                |
| 2016-07-05                  | 16:00:00 - 16:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-05                  | 17:00:00 - 17:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-06                  | 09:00:00 - 09:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-06                  | 10:00:00 - 10:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-06                  | 11:00:00 - 11:59:59 | 1,0                | 2,5            |
| 2016-07-06                  | 12:00:00 - 12:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-06                  | 13:00:00 - 13:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-06                  | 14:00:00 - 14:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-06                  | 15:00:00 - 15:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-07                  | 09:00:00 - 09:59:59 | 1,0                | 2,5            |
| 2016-07-07                  | 10:00:00 - 10:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-07                  | 11:00:00 - 11:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-07                  | 12:00:00 - 12:59:59 | 1,0                | 2,5            |
| 2016-07-07                  | 13:00:00 - 13:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-07                  | 14:00:00 - 14:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-07                  | 15:00:00 - 15:59:59 | 0,0                | 0,0            |
| 2016-07-07                  | 16:00:00 - 16:59:59 | 0,0                | 0,0            |

### Отчет по загрузке

Оборудование: Уплотн М300 | Пользователь: Администратор  
 Период: 2016-07-13 11:00 - 2016-07-13 12:00

| Дата           | работы | простоя | выкл  | перегрузки |
|----------------|--------|---------|-------|------------|
| 03.10.16 17:00 | 0,0    | 0,0     | 100,0 | 0,0        |
| 04.10.16 17:00 | 0,0    | 0,0     | 100,0 | 0,0        |
| 05.10.16 18:00 | 0,4    | 95,2    | 4,9   | 0,4        |
| 06.10.16 17:02 | 0,0    | 87,5    | 12,5  | 0,0        |
| 07.10.16 17:02 | 0,0    | 87,5    | 12,5  | 0,0        |
| 07.10.16 17:02 | 3,5    | 66,9    | 0,4   | 0,0        |
| 10.10.16 17:02 | 0,1    | 56,5    | 29,3  | 1,1        |
| 11.10.16 17:00 | 3,7    | 56,5    | 37,8  | 0,0        |
| 12.10.16 17:01 | 0,0    | 29,7    | 74,3  | 0,0        |
| 13.10.16 17:02 | 0,0    | 0,0     | 100,0 | 0,0        |
| 14.10.16 17:03 | 0,0    | 0,0     | 100,0 | 0,0        |
| 17.10.16 17:03 | 2,4    | 59,6    | 36,6  | 0,0        |
| 18.10.16 17:00 | 21,5   | 45,1    | 33,4  | 0,0        |
| 19.10.16 17:01 | 2,6    | 65,6    | 32,4  | 0,0        |
| 20.10.16 17:02 | 0,0    | 65,6    | 35,0  | 0,0        |
| 21.10.16 17:03 | 24,8   | 0,0     | 24,4  | 0,0        |
| 24.10.16 18:03 | 28,2   | 49,9    | 24,4  | 7,5        |
| 25.10.16 17:00 | 0,0    | 52,4    | 47,6  | 0,0        |
| 26.10.16 17:01 | 10,5   | 74,6    | 12,9  | 0,0        |
| 27.10.16 18:01 | 0,0    | 100,0   | 0,0   | 0,0        |



# Печать на сложных трехмерных поверхностях: уникальные решения компании Neotech AMT



Текст: **Илья Шахнович**



Сегодня технологии трехмерной электроники все активнее применяются в промышленном производстве. Аббревиатура 3D-MID прочно вошла в обиход конструкторов, пластиковые детали с токопроводящим рисунком и электронными компонентами на трехмерной поверхности используются в самых разных задачах, в том числе в весьма ответственных приложениях бортовой электроники. До недавнего времени едва ли не единственной технологией аддитивного формирования токопроводящего рисунка на 3D-структурах в массовом производстве был метод прямого лазерного структурирования. Процесс сложный, многостадийный, требующий специальных материалов, прецизионной лазерной обработки и мокрой химии.

Однако мир не терпит монополии, в том числе – технологической. Несколько лет назад на рынке появились системы немецкой компании Neotech AMT, позволяющие непосредственно печатать на сложных 3D-поверхностях. Это шаг может стать аналогичным переходу от традиционных печатных плат к технологиям печатной электроники. Что характерно, с помощью установок Neotech AMT уже выпускается крупносерийная продукция. О созданной в компании технологии и оборудовании нам рассказал управляющий директор доктор Мартин Хедгес (Martin Hedges).

В 1982 году в Университете Фридриха-Александра в Эрлангене и Нюрнберге (FAU) был создан машиностроительный факультет. Тогда он назывался Институт производственных технологий. Сегодня машиностроительный факультет включает восемь различных институтов. Один из них – Институт автоматизации производства и промышленных систем (FAPS – Factory Automation and Production Systems). Его в 1982 году создал и возглавил профессор Клаус Фельдман. В 2009 году главой FAPS стал профессор Йорг Франке (Jörg Franke), известный специалист в области технологий трехмерной сборки в электронике. В частности, он является председателем Ассоциации 3D-MID.



1

Опытное производство FAPS

Сегодня FAPS размещается на двух площадках. Первая, исторически – в университетском кампусе в Эрлангене. Вторая площадка находится непосредственно в Нюрнберге, на территории бывшего завода шведской компании AEG. Именно здесь, на площадях порядка 2,5 тыс. м<sup>2</sup>, расположилось экспериментальное производство FAPS. Оно оснащено современным промышленным оборудованием: линейками поверхностного монтажа, системами разварки выводов кристаллов, установками оптической и рентгеновской инспекции, системами климатических и механических испытаний, набором оборудования для технологии 3D-MID методом прямого лазерного структурирования (LDS) и т.п. О масштабах этого «опытного» предприятия говорит тот факт, что здесь установлены четыре автомата для поверхностного монтажа – три из семейства SIPLACE от Siemens (сейчас ASM) и один модуль Fuji NXT-II. Производство оснащено пятью печами оплавления, из них три – для пайки в паровой фазе. Такими мощностями могло бы гордиться любое серийное производство. Здесь же все это предназначено для исследовательских задач в различных областях электроники и мехатроники: от корпусирования электронных ком-

понентов до разработок в области электроприводов и кабельных систем. Институт ведет ряд междисциплинарных исследований: от биоэлектроники и биомехатроники до систем автоматизации и САПР. Причем из 90 сотрудников FAPS, вовлеченных в эти исследования, три четверти финансируются за счет сторонних источников.

Неудивительно, что такой исследовательский центр является своего рода бизнес-инкубатором и одновременно технопарком для небольших инновационных компаний. Одна из них – Neotech AMT, производитель оборудования для нанесения токопроводящего рисунка на трехмерные поверхности. Компания очень невелика, однако весьма вероятно, что результаты ее деятельности станут одной из составляющих технологического прорыва электроники в третьем измерении. Мы приехали в Нюрнберг не только ради беседы с управляющим директором Neotech AMT доктором Мартином Хедгесом, но и для того, чтобы увидеть, в каких условиях в Германии развиваются стартапы, как строится взаимодействие между университетской наукой и небольшими группами специалистов, продвигающих передовые технические идеи.



Д-р. М. Хедгес

## Доктор Хедгес, как создавалась компания Neotech AMT?

Наша компания была основана в 2001 году как Neotech Service. В середине 2000-х мы начали заниматься печатной электроникой, а затем увлеклись идеей печати на трехмерных поверхностях. В 2006 году приступили к разработке системы 3D-печати и к 2009 году создали действующий образец. В прототипе использовался 6-осевой робот, перемещавший заготовки. Для нанесения линий мы выбрали метод аэрозольной печати Aerosol Jet компании Optomec, а для управления процессом создали собственное программное обеспечение (ПО). В 2010 году установили на территории FAPS первую промышленную установку 3D-печати и работали как сервисная компания. Однако кинематическая схема

на основе 6-осевого робота и управляющая программа оказались слишком сложными. Поэтому мы перешли на стандартную для промышленности систему с ЧПУ с 5-осевой схемой. Для управления разработали собственное ПО Motion 3D на основе стандартного коммерческого пакета CAD/CAM.

В 2012 году мы зарегистрировали новую коммерческую компанию Neotech AMT, концентрирующуюся на разработке, производстве и продаже собственных систем 3D-печати. В том же году мы представили первую коммерческую систему Aerosol Jet 45X (AJ45X) для массового производства. Первая продажа состоялась в июле 2013 года – нашу установку приобрела тайваньская компания Lite-On для своего производственного предприятия в КНР. Установка предназначалась для формирования антенны на внутренней изогнутой поверхности корпуса мобильного телефона. После постпродажной подготовки и отработки всех производственных процессов в 2015 году началось массовое производство таких корпусов с антеннами. Сегодня эта машина работает непрерывно, обрабатывая порядка 30 тысяч деталей в неделю.

### **Сегодня в мире развиваются несколько альтернативных технологий трехмерной печатной электроники. В чем особенность вашего подхода?**

Конечно, мы начинали не на пустом месте. В области печатной электроники разработано уже немало процессов, и многие из них можно использовать для 3D-печати. Между 2D- и 3D-печатью немало общего, например, вопросы вязкости чернил, их адгезии с поверхностью, наполнители и т.п. Однако есть ряд принципиальных отличий, которые необходимо принимать во внимание.

Печать на 3D-поверхностях для задач электроники требует разработки трех основных технологий: нужно научиться наносить линии, формировать токопроводящий рисунок в целом и устанавливать компоненты. Но до этого необходимо создать заготовку, своего рода трехмерную плату. Эту задачу решает 3D-принтер. Конечно, можно формировать заготовку как стек из двумерных слоев – именно такой подход используется в технологиях стереолитографии (SLA) или селективного лазерного спекания (SLS). В принципе, такие методы позволяют вводить в структуру печатные проводящие элементы, оставлять отверстия для будущих переходных отверстий, встраивать компоненты и т.д. Это открывает много интересных возможностей, особенно в комбинации с традиционными технологиями электроники и 3D-печати. Мы тоже работаем в данной области. Однако основным методом, на котором мы сфокусированы – это прямая печать на поверхностях готовых 3D-структур, как внутренних, так и внешних.

Сегодня в области 3D-MID активнее всего используется процесс прямого лазерного структурирования.

Однако это реально длительный и многостадийный процесс, включающий множество различных технологических операций: от собственно литья заготовок из специального пластика и их лазерной обработки до химических процессов осаждения токопроводящих дорожек. Мы можем делать аналогичные изделия, используя только технику печати и самые обычные материалы.

### **Какие технологии лежат в основе ваших систем 3D-печати?**

Первая задача, которая встала перед нами – как, собственно, нанести линию на трехмерную поверхность? Прежде всего, в отличие от плоских слоев, в 3D неприменимы технологии контактной печати, такие как трафаретная печать. Конечно, контактные методы можно использовать в случае простых поверхностей, например, цилиндрических. Но как быть со сложными? Ведь форма деталей, полученных методом литья под давлением или по другим технологиям, имеет определенный допуск, отклонения от эталонной формы ощутимы.

Изначально мы выбрали технологию аэрозольной (каплеструйной) печати Aerosol Jet компании Optomec. У этой технологии есть одно врожденное достоинство – форсунка печатающей головки отстоит от поверхности. Как правило, зазор составляет порядка 5 мм. Это очень хорошо для трехмерной печати, поскольку можно нивелировать отклонения формы от модели. В результате мы избегаем множества проблем, например, нестабильности ширины печатаемых линий.

В нашем случае ширина линии зависит только от диаметра аэрозольного пучка, который, в свою очередь, определяется диаметром сопла форсунки печатающей головки. Форсунки могут быть разными, типичный диаметр их отверстий для промышленных машин – 1 или 0,6 мм. Такие форсунки позволяют печатать линии шириной от 1000 до 300 мкм. Однако для машин, предназначенных для исследовательских задач, мы предлагаем форсунки с отверстиями диаметром до 100 мкм. Они дают возможность печатать линии шириной менее 100 мкм – здесь многое зависит от типа материала подложки и чернил. Например, печать серебряными чернилами по чистой полиимидной поверхности позволяет получать очень тонкие линии, до 50-60 мкм. Причем все это – на 3D-поверхностях. Однако дорожки подобной ширины пока более характерны для 2D-печати. Мы же фокусируемся на 3D, где требуются линии шириной 100 мкм и более.

Итак, мы решили первую задачу – как нанести точную линию. И сразу же встала вторая – научиться управлять инструментом печати при перемещениях с четырьмя-пятью степенями свободы (линейные перемещения по трем осям и вращения в двух плоскостях). Это необходимо для работы со сложной трехмерной геометрией поверхности. Задача не слишком тривиальная. Мы раз-

работали программный пакет Motion 3D. Он основан на коммерческой системе CAD/CAM, но мы модифицировали его для задач трехмерной печати.

С помощью Motion 3D можно делать множество вещей. Например, формировать различные стратегии печати на основе исходного проекта и моделировать процесс печати, включая перемещения образца и головки. Установка допускает различные методы перемещения инструмента. Например, последовательное движение по осям с последующими поворотами, одновременное движение по четырем или пяти осям. Предусмотрен механизм прерывания процесса печати для пересечения линий. Выбирая ту или иную стратегию, можно оптимизировать определенный параметр: точность, время обработки и т. п. Например, при массовом производстве принципиально важно сокращение цикла обработки. Если вы производите в неделю 30 тыс. деталей, экономия времени обработки одной детали на 2 с складывается в 16 часов – 10 % рабочего времени при круглосуточной работе.

Очень важная функция, реализованная в системе управления, т.н. режим контроля центральной точки инструмента (ТСП – tool center point). Он необходим, чтобы обеспечить стабильную заданную скорость перемещения печатающей головки относительно сложной поверхности. Иначе скорость подачи наносимого на подложку материала будет не соответствовать скорости перемещения головки, что приведет к дефектам печати.

Отмечу, что для управления машиной мы используем стандартный язык – G-код. Любой, кто работал со станками с ЧПУ, знает этот язык. Так, наши китайские клиенты легко понимают G-код, не требуется никакого специального обучения. Вы можете написать управляющую программу, посмотреть в режиме симуляции, как будет происходить печать, оценить различные стратегии перемещения и только после этого приступить к непосредственной работе.

## С какими материалами могут работать ваши системы печати?

Технологии аэрозольной печати позволяют наносить широкую гамму материалов, но более всего они подходят для формирования проводящих дорожек. В основном мы работаем с серебросодержащими чернилами, но можем печатать золото- и платиносодержащими материалами. Последние, например, очень актуальны для производителей сенсоров. Мы печатаем и различные диэлектрические материалы, прежде всего – УФ-отверждаемые акриловые или эпоксидные лаки. Вот два основных класса материалов, для которых аэрозольная печать подходит лучше всего.

Конечно, технология Aerosol Jet позволяет наносить и резистивные пасты, полимерные пленки для конденсаторов, органические полупроводниковые и даже гра-

феносодержащие материалы, все, что требуется для органической печатной электроники. Однако мы считаем, что для таких задач технология аэрозольной печати не эффективна – слишком сложно, медленно, дорого. И тяжело добиться стабильного результата. Для печатной электроники, особенно в области 2D, есть другие методы, например, дозирование.

При выборе материала важно учитывать свойства подложки. Ведь серебросодержащие чернила необходимо спекать, и чем выше температура этого процесса, тем ниже сопротивление проводника. Сейчас мы в основном работаем с полиимидными пластмассами, с поликарбонатными и АБС-пластиками (акрилонитрил-бутадиенстирол), а также с ПЭТ-материалами (полиэтилентерефталат, лавсан). У этих материалов температура стеклования сильно различна: у некоторых более 200 °С, у ПЭТ – порядка 60-80 °С. Соответственно, при печати одними и теми же чернилами мы получаем проводники с различным сопротивлением. Мы всегда готовы провести экспертизу возможности 3D-печати того или иного нового материала, в том числе по просьбе заказчика.

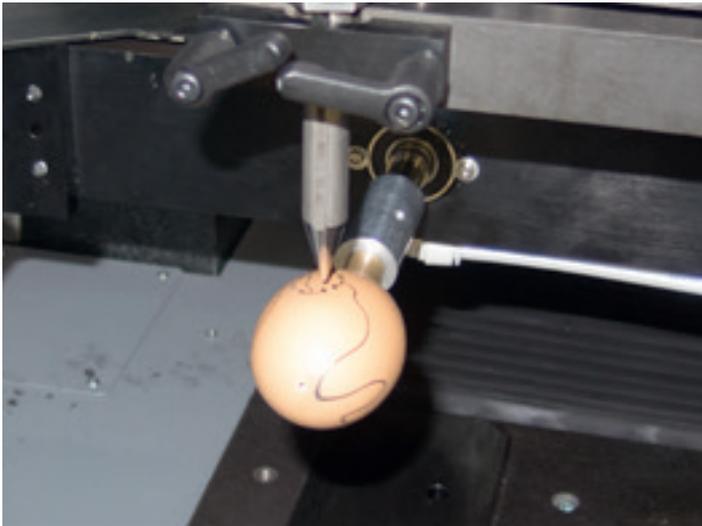
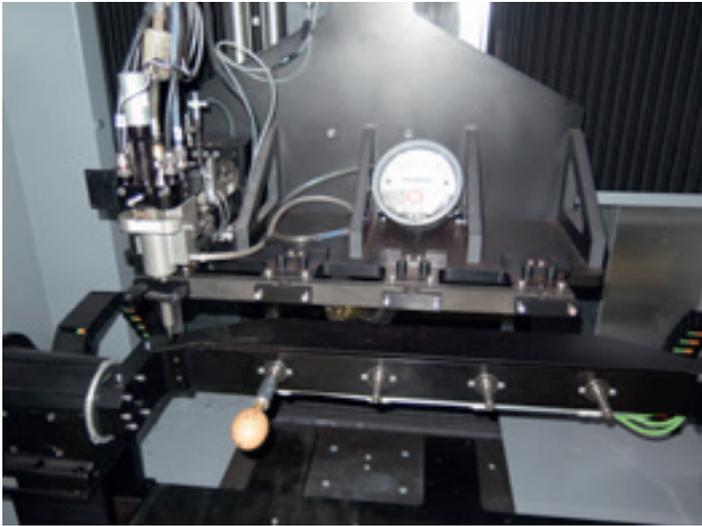
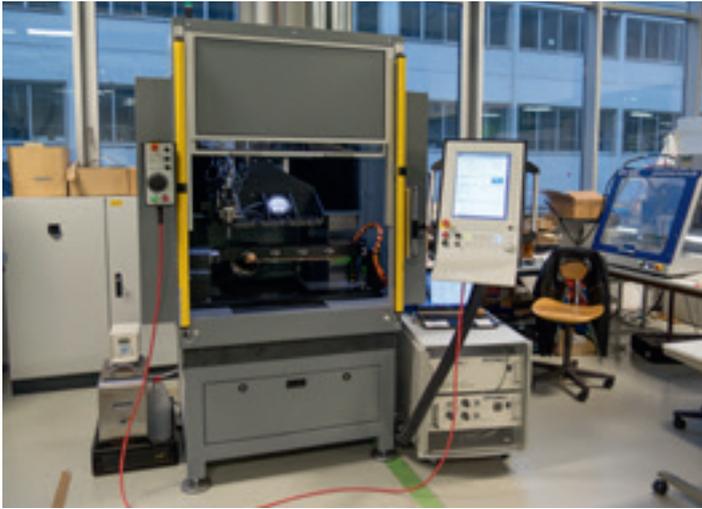
## Какие установки вы предлагаете заказчикам?

Установка AJ-45S – это наш первый продукт для массового производства. В ней используются четыре печатающие головки, работающие в параллель. Соответственно, установка одновременно обрабатывает четыре одинаковые детали. Диапазон перемещения головок – 600 × 500 × 250 мм. Для перемещения используются прецизионные линейные двигатели с энкодерами, что обеспечивает точность позиционирования по линейным осям до 5 мкм, повторяемость – до 2 мкм, точность поворотов – не хуже 1,5 угловых минут с повторяемостью до 6 угловых секунд. Причем скорость перемещения может достигать 1 м/с, однако обычно скорость печати составляет от 10 до 20 мм/с.



2

Установка AJ-45X в производственной зоне FAPS



3 4 5

Установка AJ-45X. Сейчас в ней установлена только одна печатающая головка, однако видны места для остальных трех

Специальная технология Look ahead – «взгляд вперед» – обеспечивает управление движением головки с дискретностью менее 1 мс, компенсируя резкие толчки и выдавая требуемое качество печати. Установка очень проста в обращении, достаточно ввести программу, указать начальную точку и можно начинать работу.

Опционально установка может оснащаться модулем спекания LBS (Light Beam Sintering) – это система локального нагрева на основе источника света мощностью 250 Вт с рефлектором с воздушным охлаждением и коллимирующими линзами. Нагревающая головка располагается на расстоянии 30-50 мм от подложки, формируя на ней световое пятно диаметром до 2,5-3 мм. Такая система обеспечивает локальный нагрев, что очень важно при работе с низкотемпературными поликарбонатными деталями. Благодаря механизму контроля мощности она позволяет полностью спекать слои толщиной и менее 1 мкм, и свыше 10 мкм.

Мы изначально ориентировались на оборудование для массового производства. Однако рынку необходимы и недорогие системы для малосерийного и опытного производства. Поэтому мы расширили модельный ряд, создав экономичную модель для быстрого прототипирования AJ 15X ELA с одной печатающей головкой. Это очень мощный инструмент для печатной 3D-электроники. Система может оснащаться головкой спекания LBS и обладает всеми функциональными возможностями старшей модели. Особенность установки в том, что она позволяет перемещать головку в диапазоне 1380 × 1580 × 580 мм с точностью до 10 мкм. Такая система может печатать на крупных заготовках.

В 2016 году мы представили новую установку PJ 15X с пьезоэлектрической печатающей головкой. Она обладает всеми возможностями предыдущих моделей, но имеет дозирующую головку нового типа. Такая головка позволяет печатать линии шириной до 100 мкм, объем материала в дозируемой точке составляет от 5 до 60 нл. Причем гамма материалов весьма широка: помимо чернил с нано- и микрочастицами можно наносить эпоксидные адгезивы, диэлектрики, даже биологические материалы. Технология пьезодозирования позволяет работать с чернилами с широким диапазоном вязкости: от 0,5 до 500 мПа\*с.

Создав машины с разным типом печатающих головок, мы открываем перед производителями новые возможности. Так, аэрозольная печать хороша для нанесения тонких токопроводящих линий, но для изолирующих слоев, занимающих большую площадь, лучше использовать более дешевые технологии дозирования. Наши машины можно встраивать в производственную линию, например, две одинаковые установки, но с разным типом печатающих станций, чтобы наносить различные материалы.

## Как организовано производство ваших установок 3D-печати?

Мы продолжаем развивать технологию 3D-печати, расширять модельный ряд оборудования. Но при этом наша компания очень невелика – в ней всего пять штатных сотрудников. Конечно, при необходимости мы привле-



6

Антенна для мобильного телефона - массовый продукт, изготавливаемый с помощью AJ-45X

каем сторонних специалистов, у нас проходят практику студенты университета FAU. Кроме того, мы ведь находимся в Германии, вокруг нас множество превосходных производителей материалов, механических узлов, электроники и т.д. Поэтому нет смысла все делать самим, гораздо эффективнее работать по схеме fables. У нас есть производственные партнеры, производящие отдельные узлы установок. Мы же выступаем разработчиками и контролируем лишь ключевые этапы.

### Какие продукты уже производятся с помощью установок Neotech?

Прежде всего, наша установка AJ-45S используется для производства антенн мобильных устройств. Серебросодержащие чернила наносятся на поверхность заготовки из полиамидной пластмассы, спекание проводят в печи. В результате получается антенна, по своим характеристикам соответствующая стандартным изделиям. Однако себестоимость формирования такой антенны оказывается ниже по сравнению с существующими технологиями.

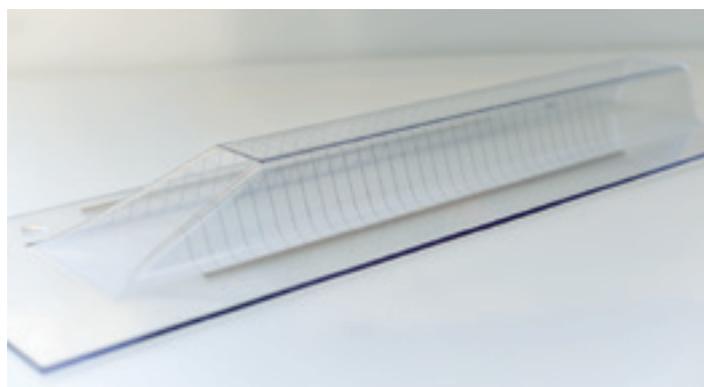


7

Прототип датчика уровня заполнения бака, выполненный с помощью технологии прямой печати

Наши машины используются и в проектах, которые пока не дошли до стадии выпуска массовой продукции, но это лишь дело времени. Например, установка Neotech применяется для изготовления автомобильного датчика заполнения бака. На внешней стенке литой емкости из полиамида серебряными чернилами печатаются два емкостных сенсора, а также токопроводящий рисунок для схемы управления. Электронные компоненты монтируются на проводящий адгезив без припоя. Получается дешевое и эффективное решение.

Другой проект, также для автомобильной промышленности, связан с переходом на поликарбонатные стекла. Их применение дает выигрыш по массе примерно



8

Печать нагревателя на сложной поликарбонатной заготовке

на 30 %. Но возникает вопрос – как их обогреть? Ведь сейчас нагревательные элементы наносятся на стекло посредством трафаретной печати, иногда – методом прямого дозирования. Здесь серьезные вызовы связаны с очень сложной геометрией поверхности. Мы применили технологию аэрозольной печати и получили нужный результат. Мощность нагревателя составила 18 Вт, токопроводящие дорожки наносились на сложный профиль большого размера – 750 × 250 × 170 мм. И здесь незаменимым оказался метод ТСП, поскольку важно сохранить непрерывную линию с постоянным сопротивлением, чтобы обеспечить стабильный равномерный нагрев.

### **Сформировать токопроводящий рисунок на трехмерной поверхности – это лишь часть задачи. Как на такую 3D-заготовку монтировать электронные компоненты?**

Наша цель – создать полностью автоматическую линию производства 3D-электроники. И монтаж компонентов – одна из основных задач в области 3D-MID, которую необходимо решить. Сейчас для 3D-структур установка компонентов выполняется вручную. Но в 2016 году мы приступили к интеграции 3D-монтажа и печатного процесса. Конечно, реализовать такой проект можно только в тесном сотрудничестве с другими компаниями. У нас есть партнеры, поставляющие установочные головы, системы подачи компонентов, питатели и т. п. И задача Neotech AMT – интегрировать все это в трехмерном пространстве.

Сейчас мы создаем машины для относительно простых элементов: проводники, антенны, емкостные сенсоры, нагреватели и т.п. Но в ближайшем будущем мы намерены развивать технологию для создания 3D-устройств с большей функциональностью. Такие устройства требуют монтажа сложных компонентов: транзисторов, интегральных схем и т.п. Для этого необходимо объединить технологии печатной электроники с традиционными электронными компонентами.

Печатная электроника уже сегодня позволяет формировать органические транзисторы и простейшие логические схемы, печатать резисторы, конденсаторы и т. п. Однако эта технология еще не достигла уровня развития, пригодного для массового промышленного производства. Конечно, в отдельных задачах эти технологии эффективны – например, печатать на гибких платах методом roll to roll простые схемы для идентификационных меток. Но я не думаю, что такие технологии в ближайшее время будут востребованными в автомобильной или промышленной электронике, в системах мобильной связи и в других приложениях, где требуются высочайшие характеристики производительности и надежности. А наши усилия направлены на создание установок, необходимых для решения актуальных промышленных задач.

Поэтому на следующем этапе работ мы приступаем к освоению методов встраивания компонентов в поверхность. Например, серебряную пасту, наносимую методами печати, можно использовать как клеевую основу вместо припоя. Такой подход открывает очень интересные возможности в области силовой электроники. Так, на плате серебродержащими материалами печатаются контактные площадки толщиной 5-10 мкм. В них впрессовывают чипы, а затем спекают проводящий связующий материал. В результате можно получать более тонкие изделия силовой электроники, поскольку толщина слоя припоя в традиционных методах, как правило, составляет порядка 100 мкм. Более тонкий слой улучшает теплоотвод от силовых элементов. Более того, возможна работа при высоких температурах: если обычный припой начнет размягчаться при 200 °С, то серебро после спекания останется твердым до 900 °С. Подобная технология хорошо подходит для корпусирования компонентов, причем изделия получаются более дешевыми.

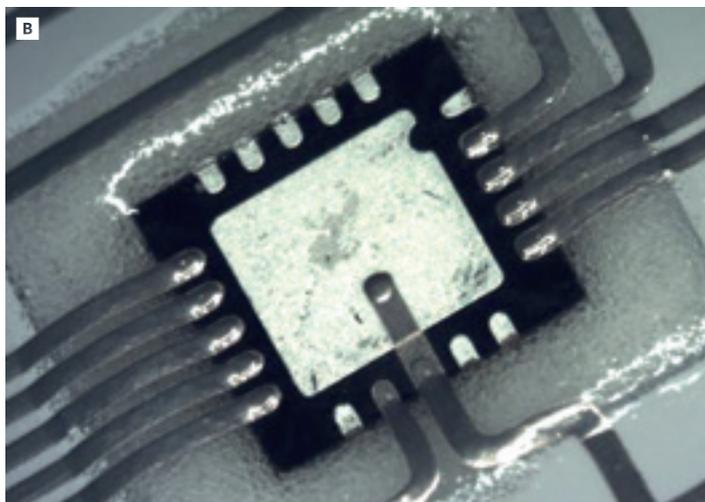
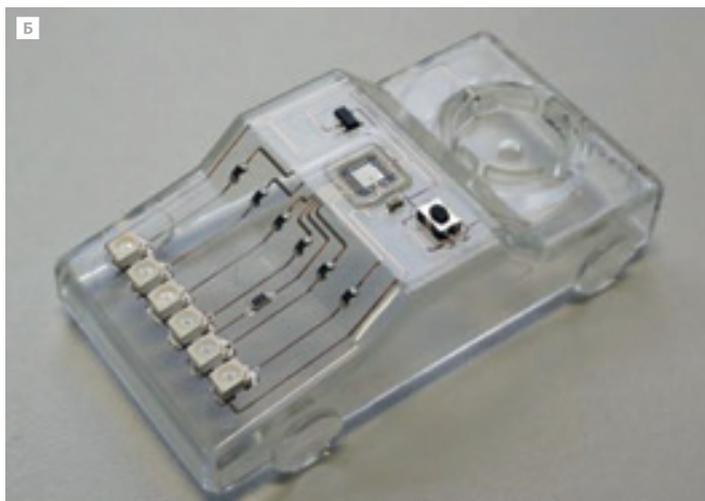
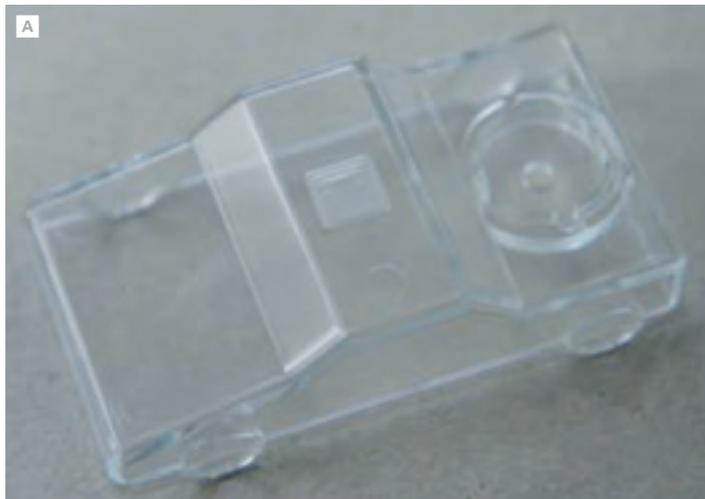
Конечно, удельное сопротивление печатных материалов выше, чем у традиционных проводников. Так, проводимость дорожки, напечатанной серебряными чернилами, в лучшем случае составит 50 % от проводимости серебряной проволоки аналогичного сечения. Это реальная проблема при работе с высокими токами. Но ее можно скомпенсировать за счет площади сечения, например, увеличивая ширину проводников.

Более того, для силовой электроники, где нужны большие площади сечения проводников, аэрозольная печать – не лучшая технология. Когда необходимо нанести большой объем материала, она становится слишком дорогой. Поэтому мы исследуем другие методы нанесения проводящих линий, прежде всего, современную технологию микродозирования с пьезоприводом. Предусматриваем возможность применения двух технологий печати в различных зонах одной детали. И первый шаг в этом направлении – представленная в 2016 году установка PJ 15X с пьезоэлектрической дозирующей головкой. В итоге мы получим комплекс техник печати, которые позволят выбирать наиболее оптимальный метод в зависимости от задачи.

### **У вас есть практические результаты в области встраиваемых в поверхность компонентов?**

Пока – на уровне исследовательских задач, причем скорее относящихся не к трехмерной, а к 2D-электронике. Так, мы участвовали в проекте SMARTLAM по корпусированию светодиодов методом встраивания чипов в толстые пленки. Суть метода в следующем. В лавсановой (PET) пленке лазером формируется карман 500 × 500 мкм; в него дозируется адгезив, в который впрессовывается чип светодиода размером 350 × 350 мкм; адгезив образует мост к поверхности

пленки за карманом. На поверхности этого моста и печатаются проводники, а на поверхности пленки – контактные площадки. Сформированные проводники спекаются при температуре ниже 120 °С. Полученная структура ламинируется еще одной пленкой – и прибор готов. Достоинства технологии очевидны – не нужен специальный корпус для светодиода, нет проволочных



9  
Монтаж компонентов на сложную 3D-поверхность с напечатанным токопроводящим рисунком (А, Б, В). Микроконтроллер в корпусе QFN встроен в поверхность и зафиксирован двухкомпонентным эпоксидным компаундом

проводников, все межсоединения формируются в одном цикле печати. Отпадает стадия пайки, снижается номенклатура используемых материалов и даже энергоёмкость производства. Изделие получается простым и надежным. Очевидно, что по такой технологии мы можем встраивать любые электронные компоненты, в том числе кристаллы интегральных схем. Конечно, необходимо учитывать различия в коэффициентах теплового расширения материалов подложки, адгезива, токопроводящих слоев, самих компонентов и т.п. Нужно отработать процесс, правильно подобрать нужные материалы и температуру.

Важная опция, которую мы использовали в ходе этого проекта – система оптического контроля. Поскольку карман на подложке в 1,5 раза больше, чем встраиваемый чип, последний постоянно оказывается смещенным. С помощью видеосистемы мы можем определять взаимное расположение элементов и вносить необходимые коррективы в алгоритм печати. В следующем поколении наших машин такая система оптической инспекции будет доступна всем потребителям как опция. Она позволит контролировать опорные точки, подстраивать углы наклона и т.п.

Другой интересный проект – работа с институтом Fraunhofer IKTS, входящим в сообщества институтов Фраунгофера. Мы совместно обрабатывали один из вариантов технологии корпусирования flip-chip, в рамках которой печатали 3D-систему межсоединений. Еще одна интересная задача была связана с разработкой технологии разварки алюминиевых проволочных проводников на контактные площадки, напечатанные серебряными чернилами. Причем в рамках стандартного технологического процесса.

**Территориально ваша компания находится в здании опытного производства FAPS. Вы как-то интегрированы с этим институтом и с университетом FAU в целом? Кто финансирует ваши исследования?**

Neotech AMT – полностью независимая компания, самостоятельно финансирующая свои исследования и разработки. Мы лишь арендуем площади на территории FAPS. Однако мы сотрудничаем с этим опытным производством, поскольку у нас пересекаются интересы. Используем технологические ресурсы FAPS, а институт заинтересован в наших результатах для расширения своих возможностей.

Кроме того, студенты магистерской степени FAU по полгода работают над проектами, используя наше оборудование. Совместно с FAPS и университетом мы участвуем в правительственных исследовательских программах. В рамках этих работ специалисты опытного предприятия FAPS занимаются разработкой технологических процессов, а мы концентрируемся на ключевых

машинных решениях и технологиях. Также мы косвенно вовлечены в проекты FAU в области разработок материалов, где выступаем экспертами по применению этих материалов для 3D-печати. В результате мы совместно создаем новые приложения для нашего оборудования. Иногда мы сами приглашаем специалистов университета к разработкам определенных технологий печатной электроники, спонсируем нужные нам исследования в области технологий 3D-печати.

В частности, мы вместе с Институтом прикладных исследований полимеров сообщества Фраунгофера (Fraunhofer-Institute for Applied Polymer Research PYCO) выступаем партнерами FAPS в проекте Федерального министерства экономики ФРГ по разработке новых интегрированных систем электропитания для элементов обшивки кабин воздушных судов. Этот проект направлен на интеграцию распределенных бортовых систем электропитания и передачи данных. В его рамках системы аэрозольной печати не только используются для формирования токопроводящих дорожек, но и исследуется возможность их применения для изготовления полимерных оптических волноводов.

### Каковы ваши планы по дальнейшему развитию бизнеса?

Наша компания невелика, сейчас мы, в первую очередь, заняты отработкой технологий и концентрируемся на небольшом числе конечных потребителей. Нам пока рано открывать множество офисов по всем миру, чтобы продвигать продукцию. В области продаж в Европе мы работаем самостоятельно, тем более, что многие из наших клиентов базируются в Европе, но производством занимаются в Китае. Мы смотрим на США как на потенциально очень интересный, крупный рынок. Нам, безусловно, интересен и рынок России. И в этом отношении наши отношения с компанией Остек совершенно уникальны – фактически это единственный торговый партнер Neotech AMT. Мы очень заинтересованы во взаимодействии и надеемся на взаимный успех. 



**Насколько технология 3D-печати компании Neotech AMT востребована на российском рынке? С этим вопросом мы обратились к заместителю генерального директора ООО «НИИИТ» Игорю Анатольевичу Волкову.**

Мы работаем с компанией Neotech более четырех лет, фактически с момента появления ее первых коммерческих установок для печати на сложных трехмерных поверхностях. Наше знакомство состоялось не случайно: пять лет назад в Группе компаний Остек был создан Научно-исследовательский институт инновационных технологий (НИИИТ), одна из задач которого заключалась в формировании экспертного центра по технологиям 3D-электроники. Сегодня эта задача успешно решена – НИИИТ выступает центром компетенций в области печатной 3D-электроники и аддитивных технологий. В его рамках мы продвигаем на российский рынок различные решения в области 3D-электроники. В частности, активно сотрудничаем с совместной российско-швейцарской компанией Multiple Dimensions, мировым лидером в области технологии 3D-MID на основе прямого лазерного структурирования (LDS). Сегодня это самая массовая промышленная технология в области формирования трехмерных схем на пластике.

Мы сразу обратили внимание на большой потенциал технологии прямой печати компании Neotech AMT. Метод прямой печати Neotech отличается от технологии LDS рядом важных особенностей. Прежде всего, существенно сокращается производственный цикл. Не нужны мокрые химические процессы, характерные для LDS. В результате, если минимальное время получения заготовки по технологии LDS – порядка 6 часов, то прямая печать занимает около 20-30 минут. Это особенно важно при прототипировании.

Другая важнейшая особенность прямой печати – мы практически не ограничены типом материалов и методом изготовления заготовок. В случае LDS приходится использовать исключительно специально модифицированные пластики. Изготавливать из них детали можно только методом пластикового литья под давлением. В случае прямой печати нам практически все равно, из какого материала и каким способом изготовлена деталь –

выточена ли она механически, отлита, напечатана на 3D-принтере и т.п. Материалы для печати также могут быть самыми разными: от электропроводящих чернил (медных, золотых, платиновых, серебряных и т.д.) и диэлектрических материалов до биологических субстанций. Зачастую к нам обращались заказчики с просьбой нанести токопроводящий рисунок на механически обработанные детали, на поверхности прототипов корпусов, и мы успешно решали эти задачи.

Технология прямой печати позволяет формировать токопроводящий рисунок на прозрачных материалах, например, на прозрачных поликарбонатах, на оргстекле и т.п. Это чрезвычайно важно для целого ряда применений. В то же время, подобное в принципе невозможно с помощью технологии LDS, поскольку металлические присадки окрашивают пластик.

Достоинства технологии Neotech в полной мере проявляются при печати антенн на трехмерных поверхностях. Сегодня это одно из наиболее массовых промышленных применений технологий 3D-MID. Однако для технологии LDS необходимы модифицированные пластики. Из-за добавок металлоорганических комплексов их электрические свойства зачастую хуже исходных материалов. Прямая печать позволяет работать именно с теми материалами, которые заложили разработчики, без изменения их электрических характеристик.

Не удивительно, что все эти уникальные возможности технологии прямой печати вызвали живой интерес у многих российских компаний. Конечно, новая технология не сразу начинает использоваться в серийном производстве, этому неизбежно предшествуют стадии исследований и разработок. Более того, технология прямой печати позволяет создавать принципиально новые продукты, их еще необходимо придумать. Поэтому сегодня речь идет не о промышленном применении данной технологии, а об исследованиях и конструкторских разработках.

НИИИТ оснащен разнообразным оборудованием для трехмерной электроники, в том числе установкой прямой печати Neotech. Сегодня мы вовлечены в ряд НИОКР, выступая по отношению к нашим клиентам технологическим партнером. Мы изготавливаем необходимые прототипы, отрабатываем технологические процессы. С помощью установок Neotech уже удалось решить немало задач, причем некоторые из них не решались иным способом. Например, прямая печать проводящих слоев на керамических подложках сегодня возможна только с помощью систем Neotech. Нет сомнений, что ряд НИОКР в области 3D-электроники дойдет до стадии массовых производств. На этом этапе мы приступим к оснащению предприятий наших клиентов оборудованием компании Neotech AMT.

Сегодня в России очень мало массовых производств, мы наблюдаем лишь первые ростки будущих серийных применений для оборудования 3D-электроники. Этот рынок только формируется – при нашем активном участии. Однако уже сегодня мы ясно видим, что у технологии Neotech большие перспективы. Причем особенно важна возможность ее совместного применения с другими аддитивными технологиями. Надеюсь, все больше российских научных центров обратят внимание на трехмерную электронику, и в частности – на принципиально новые возможности, которые открывает оборудование компании Neotech AMT.

# КАЧЕСТВО

## Решения от компании **Emdper:** тестирование жгутовых сборок и не только



Текст: Роман Лыско



Без систем тестирования и контроля качества невозможно представить ни одно передовое предприятие, выпускающее жгутовую продукцию. Остек стремится обеспечить потребности своих заказчиков в таких системах и с 2011 года сотрудничает с испанской компанией Emdper, специализирующейся на производстве оборудования и разработке решений для тестирования жгутов. Помимо электрического тестового оборудования компания предлагает системы визуального контроля и решения для контроля качества установки проводов в коннекторы.

В статье мы расскажем о наиболее востребованных решениях в области систем тестирования жгутов и приведем краткий обзор линейки оборудования Emdper.



Производители автомобильной, бытовой и другой техники постоянно совершенствуют и усложняют электронную «начинку» своих изделий. Это увеличивает количество взаимосвязанных и подключенных к питанию электронных узлов и блоков и их сложность. Все они соединены жгутами проводов. Например, в современном автомобиле жгуты расположены практически по всему корпусу: в крыше, дверной и приборной панелях и т. д. Если жгут был произведен с ошибкой, то во время сборки автомобиля на конвейере стоимость исправления этой ошибки многократно превысит стоимость самого жгута. Избежать таких проблем можно только при 100 % контроле качества жгутовых сборок. Компания Emder может предложить производителям решения, которые позволяют свести к минимуму выпуск бракованной жгутовой продукции.

Наиболее востребованное решение в линейке компании Emder – стенды электрического контроля жгутов (рис. 1).

Основное требование к данному оборудованию – обеспечение высокой скорости тестирования. Подобные системы применяются на серийном производстве, где выпуск готовых жгутовых изделий может составлять до нескольких тысяч штук в рабочую смену. В этом случае высокая скорость тестирования жгутов достигается за счет сокращения времени подключения жгута к столу и его отсоединения путем использования специальных электропневматических адаптеров-модулей, изготавливаемых индивидуально под каждую колодку жгута.

Тестовый стенд состоит из следующих элементов:

- стола с любой заданной конфигурацией (плоской, формы пианино, L-образной, U-образной);
- управляющего компьютера со специальным программным обеспечением;
- тестеров;
- ответных частей колодок – модулей-адаптеров.



1

Стенд электрического контроля жгутов Emder

Каждый тестовый электростенд имеет модульную систему с легко заменяемыми ответными частями и возможностью интеграции системы визуального контроля. Чаще всего тестовый электростенд изготавливают под определенную группу жгутов, например, под жгут панели приборов. Также существуют специальные комбинированные решения для одновременной сборки и тестирования жгута или только для проверки наличия пассивных элементов и геометрии.

Отдельно стоит рассказать о пневматических модулях-адаптерах (рис. 2).

Благодаря этим модулям можно обнаружить дефекты и проверить такие параметры, как:

- наличие или отсутствие вторичных замков на колодках;
- герметичность колодки путем создания воздушного давления или вакуума внутри колодки;
- соответствие цвета элементов жгута;
- качество вставки контактов в колодку
- наличие крышек у колодок, уплотнителей и других элементов.

Различают следующие основные типы адаптеров:

- фиксированный адаптер. Контакт с наконечниками колодки происходит только тогда, когда колодка до конца вставлена в модуль;
- адаптер с подвижным блоком. После фиксации вставленной в модуль колодки часть модуля, на котором установлены контактные щупы, выдвигается с определенным усилием, если ответное сопротивление контактов соответствует установленным значениям;
- адаптер массы. Предназначен для проверки соответствия диаметра кольцевого наконечника массы либо специальных аккумуляторных разъемов или болтов размерам, указанным в чертежах;



2

Модули-адаптеры тестового стенда Emder



3

Тестер μTestem

- адаптер для пассивных компонентов. Предназначен для обнаружения неэлектрических компонентов, таких как клипсы, уплотнители, кабельные каналы и прочие;
- адаптер специальных детекций. Предназначен для проверки воздушной герметичности колодок, срабатывания подушек безопасности, изгибов и изломов контактов от 30, цвета элементов колодок, закрытия/открытия или наличия вторичных замков, крышек;
- специальный адаптер. Обычно предназначены для больших колодок, блоков предохранителей, блоков реле;
- адаптер для Pull-тестирования. Применяется в сборочных станциях для проверки качества вставки контактов в колодку путем вытягивания их из колодки с определенным усилием.

Другими популярными продуктами в линейке решений Emder являются кабельные тестеры. Они предназначены для полной проверки жгута (кабеля) на предмет замыканий, обрывов и правильности соединений в соответствии с электрической схемой. Компания предлагает как тестеры для проверки простых жгутов в «белой технике» (стиральные машины, холодильники, электрические плиты), так и тестеры для проверки сложных жгутов в автомобильной отрасли. Можно подобрать тестер под любые задачи независимо от размера, дизайна и характеристики жгутов.



4

Тестер Testem-R

Предлагаемые модели кабельных тестеров:

- μTestem (рис. 3). Компактный аналоговый тестер – простое недорогое решение для электрического тестирования маленьких жгутов проводов в различной технике или проверки пассивных элементов жгута, геометрии жгута. Для редактирования программы тестера используется редактор μEditor;
- Testem-R (рис. 4). Компактный аналоговый тестер с возможностью тестирования жгутов до 256 тестовых точек и прямого подключения к компьютеру для написания и редактирования программ в программной среде Wintestem. Также заранее написанную программу можно загрузить в тестер через USD-флэшку.
- Rack DT Series (рис. 5). Цифровой кабельный тестер с высокой скоростью тестирования: от 1000 точек в секунду и возможностью увеличения скорости до 8128 точек. Это позволяет работать с более сложными опциями в колодках, такими как наличие замков, обнаружение диодов и конденсаторов.
- Rack AT Series (рис. 6). Топовая модель кабельных тестеров. Кроме функций DT может проверять сопротивление изоляции и резисторов в диапазоне 50 Ом–100 кОм.



5

Тестер Rack DT Series



6

Тестер Rack AT Series



7 Терминал установки наконечников

Большой спектр решений от компании Emdep – это оборудование для оптимизации сборочных операций. Для сокращения временных затрат на сборку жгутов целесообразно разделить сложный жгут на под сборки для дальнейшей комплектации из них готового изделия. Наиболее типичными предпосылками для создания подборок являются:

- наличие в конструктиве жгута колодок с большим количеством выводов, вставка проводов в которые затруднительна;
- присутствие в жгуте колодок, ремонт которых в случае дефекта невозможен или не допускается (колодка для подушки безопасности).

Для контроля качества подборок жгутов компания Emdep разработала электронно-программный комплекс, оснащенный специальными модулями для проверки качества вставки контакта (Pull-test), так называемый терминал установки наконечников (рис. 7).

Немаловажной составляющей обеспечения контроля качества жгутовых изделий является входной контроль качества электронных компонентов. В линейке оборудования компании Emdep есть такие решения. Благодаря новейшим разработкам возможны следующие виды проверки компонентов жгута:

- проверка наличия ферритов внутри колодки;
- высокоточная проверка сопротивлений;
- функциональная проверка реле на срабатывание;
- проверка затуханий в оптоволоконных кабелях, элементах жгута;
- проверка положения клипсы или крепления относительно ствола жгутов;
- проверка инверсий в местах сварок жил проводов (рис. 8).

Emdep также специализируется на разработке и производстве систем визуального контроля для автоматической инспекции готовых изделий, в основном компонентов, установленных в монтажные блоки и блоки реле. Системы визуального контроля изготавливаются в различном исполнении в зависимости от задач. Если они могут интегрироваться в тестовый стол в виде отдельных модулей, то электрический и визуальный контроль жгута выполняется на одном рабочем месте.



8 Сварка проводов ультразвуковым методом

Компания также предлагает отдельно стоящие системы визуального контроля (рис. 9), где контроль компонентов осуществляется независимо от электрического тестирования.

В системы визуального контроля интегрировано программное обеспечение, позволяющее распознавать наиболее распространенные характеристики элементов: цвет, маркировку, форму, положение, наклон, значение и т. п. Система визуального контроля Emdep обладает дружелюбным и понятным для оператора интерфейсом.

В ряде случаев в состав жгута проводов дополнительно включают монтажный блок или блок предохранителей, провода к которому присоединяются с помощью болтового соединения и на котором могут находиться различные предохранители, реле, переключики и другие элементы.



9 Отдельностоящая система визуального контроля



10

Сборочная станция

Сборка такого элемента или конвейера может быть затруднена или невозможна из-за нестандартности операций, необходимости специального инструмента – отвёрток или гаечных ключей. Помочь в решении данной задачи призваны сборочные станции (рис. 10), специально разработанные для производства блоков предохранителей и электрических щитков.



11

Тестер оптоволоконных кабелей

Станции помогают оператору подключить провода жгута к блоку в нужной последовательности и закрепить их. Вся необходимая оператору информация о текущей и последующей операциях отображается на дисплее. В процессе сборки проводится автоматический визуальный контроль усилия затяжки каждого элемента, инструмента для выполнения операции целостности электрической цепи, а также выполняется функциональный тест установленных реле.

Новым направлением деятельности компании Emdep стало тестирование оптоволоконных сборок (рис. 11).

Одна из тенденций развития жгутовых сборок и бортовой кабельной сети – увеличение доли оптоволоконных кабелей. В связи с этим у многих производителей жгутовой продукции появилась задача тестирования оптоволоконных сборок. Тестовые системы Emdep дают возможность измерять ослабления света при прохождении через кабель от излучателя к приемнику.

Возможности компании Emdep позволяют комплексно решать задачи тестирования и контроля жгутовых сборок, начиная от простой проверки целостности электрических цепей и прозвонки контактов и заканчивая проверкой сложных электронных и электротехнических компонентов. Системы по сборке жгутов существенно снижают временные затраты на сами сборочные операции и выявляют ошибки на этапе сборки жгутов. Emdep может предложить заказчику индивидуальное решение, обладая значительным опытом внедрения тестовых систем в автомобильной промышленности, в производстве бытовой техники и специальных отраслях. Компании, инвестирующие в системы тестирования и контроля, всегда получают отдачу от своих вложений за счет снижения прямых издержек и повышения качества продукции, что в конечном итоге обеспечивает успешность компании на рынке.

#### О КОМПАНИИ EMDEP

Основанная в 1982 году компания Emdep сосредоточила внимание исключительно на разработке, производстве и внедрении решений и оборудования для тестирования жгутов проводов, в первую очередь, для автомобильно-строительной отрасли. Это позволило ей занять лидирующую позицию в данном сегменте мирового рынка по объему заказов и уровню инновационных и технологических решений. Официальный представитель компании Emdep в России – Группа компаний Остек.

# 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.

\* Для получения бесплатной 30-дневной полнофункциональной версии системы обращайтесь по тел.: (495) 788-44-44.



будущее  
создается



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



# Комплексный подход в создании измерительных комплексов для применения в радиолокации



Текст: Константин Папилов



Радиолокация – одно из основных направлений военно-промышленного комплекса. Радиолокационные станции (РЛС) составляют основу противовоздушной обороны любой страны, поэтому поддержание в работоспособном состоянии действующих РЛС и создание новых, обладающих улучшенными характеристиками, представляет собой важную задачу. Развитие технологий малозаметности подвижных объектов, а также рост их скоростей предъявляют к радиолокаторам повышенные требования по точности и дальности.

Эффект отражения радиоволн от твердых тел впервые обнаружил немецкий физик Генрих Герц в 1886 году. Однако лишь с активным развитием авиации в 30-х годах прошлого века радиолокация стала развиваться как полноценная научная отрасль.

Двадцать лет тому назад радиолокация подошла к рубежу, когда практически были исчерпаны резервы по мощности излучаемых сигналов, диапазону используемых частот, размерам апертуры антенн. И тогда еще более актуальными стали проблемы повышения информативности РЛС и их помехозащищенности, которые способствовали развитию оптимальных методов обработки радиолокационной информации. Начали внедрять радиолокационные системы с фазированными антенными решетками. Практически все антенные системы современных радиолокаторов – это фазированная антенная решетка (ФАР). В общем случае ФАР состоит из полотна излучателей и системы распределения фаз и амплитуд. Разработка антенной решетки является трудоемким процессом, который обычно проводится математическими методами. После расчета математической модели и изготовления на ее основе макета, необходимо провести измерения решетки или ее фрагмента. Чтобы подать на каждый антенный элемент сигнал с точно заданным распределением фазы и амплитуды, требуется система питания с фазовращателями. Однако на этапе макетирования антенной решетки можно воспользоваться многоканальным фазокогерентным генератором, который позволит с высокой точностью установить необходимые значения фазы и амплитуды на каждом канале для формирования диаграммы направленности решетки и управления ею. Благодаря возможности подобрать амплитуду и фазу по каждому каналу можно точно скорректировать параметры системы питания антенной решетки с учетом реальных измерений.

Многоканальные фазокогерентные системы приема и генерации представляют собой сложные комплексы, включающие как необходимый набор прецизионной измерительной аппаратуры, так и соответствующее программное обеспечение. Подбор подобной аппаратуры, написание программного обеспечения, а, зачастую, и создание уникальной технологической оснастки – сложная комплексная задача.

В статье мы рассмотрим пример реализации подобного решения, выполненного специалистами Остека для одного из предприятий, которое является разработчиком систем и средств государственного опознавания. Была реализована фазокогерентная система многоканального приема и генерации сигналов, построенная на базе оборудования в формате PXI. Все необходимое программное обеспечение для управления системой и анализа данных было написано в среде графического программирования LabVIEW. Разработанную систему разместили в двух стандартных 19-дюймовых шкафах (рис. 1).



1

Многоканальный комплекс когерентного приема и генерации сигналов

В одном шкафу размещен многоканальный фазокогерентный генератор, в другом – многоканальный анализатор сигналов.

Характеристики системы фазокогерентной генерации:

- количество каналов: 4;
- частотный диапазон: от 85 МГц до 12 ГГц;
- полоса пропускания: 100 МГц;
- выходная мощность: до 10 дБм;
- фазовый шум на частоте 1 ГГц и отстройке от несущей 10 кГц: -112 Дбн/Гц.

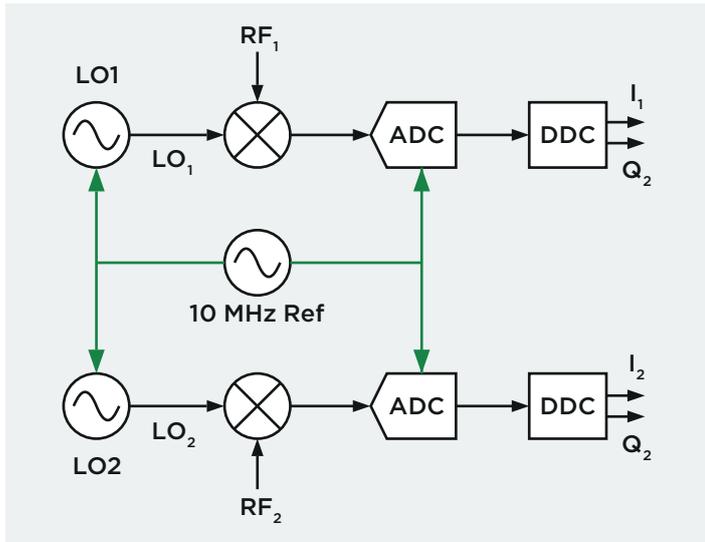
Характеристики системы фазокогерентного анализа сигналов:

- количество каналов: 4;
- частотный диапазон: от 20 Гц до 14 ГГц;
- мгновенная полоса пропускания: 50 МГц;
- фазовый шум на частоте 1 ГГц и отстройке от несущей 10 кГц: -112 Дбн/Гц;
- типовое значение среднего уровня шумов на частоте 1 ГГц: -158 дБм/Гц.

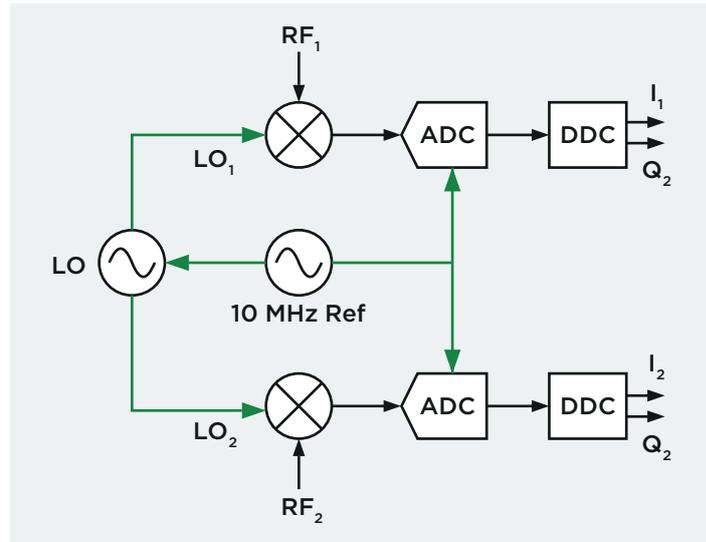
Одной из особенностей данной системы является высокая стабильность разностей фаз между каналами. В традиционных многоканальных системах общим является опорный 10-мегагерцовый сигнал, который приходит на каналные гетеродины (рис. 2).

В описываемой системе используется один гетеродин на все каналы (рис. 3). Данный метод позволяет избежать погрешностей, связанных с тем, что параметры гетеродинов от канала к каналу могут варьироваться.

В итоге, при использовании схемы с общим гетеродином, стабильность фазы составляет порядка  $0,01^\circ$ , тогда как в традиционной схеме с общей опорой –  $0,2^\circ$  (рис. 4). Также при использовании схемы с общим гетеродином удается снизить влияние фазовых шумов на фазовую стабильность системы.



2  
Схема с общей опорной частотой



3  
Схема с общей опорной частотой

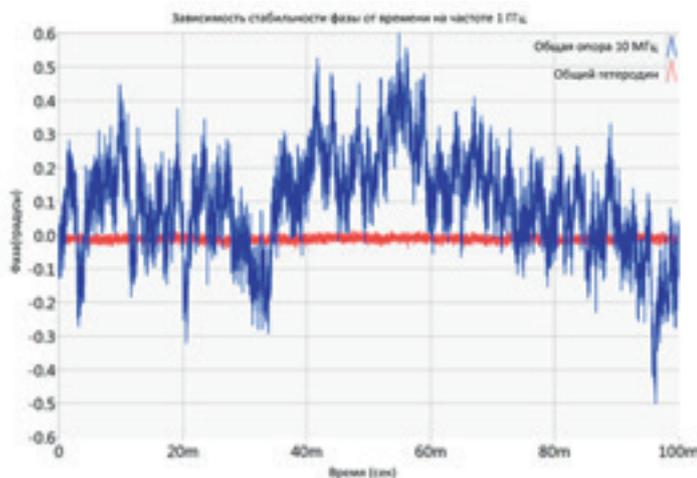
Комплекс когерентного приема и генерации сигналов может использоваться в широком спектре радиолокационных приложений:

- характеристика ФАР/АФАР, формирование диаграмм направленности антенных решеток;
- имитация фоновой радиообстановки;
- отработка алгоритмов цифровой обработки сигналов на ПЛИС;
- тестирование ППМ.

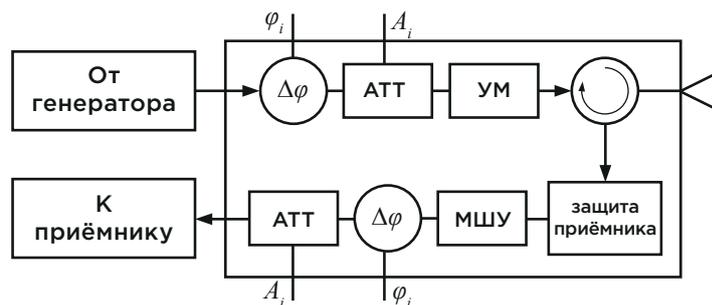
Как уже было сказано, антенная решетка состоит из множества антенных элементов, их количество может достигать десятков тысяч. Антенные элементы, в свою очередь, подсоединены к приемо-передающим модулям (ППМ). Приёмопередающий модуль — это основа пространственного канала обработки сигнала в АФАР, в его состав входит активный элемент — усилитель, который делает это устройство электродинамически невзаим-

ным. Поэтому для обеспечения работы устройства как на приём, так и на передачу, в нём разделяют передающий и приёмный каналы. Разделение осуществляется либо коммутатором, либо циркулятором (рис. 5).

Количество ППМ в антенной решетке также доходит до тысяч единиц. При сборке всей АФАР необходимо проверить каждый ППМ. Так как ППМ является сложным техническим устройством, количество проверяемых параметров может быть свыше десятка, а тестирование всех ППМ для одной АФАР может потребовать десятки миллионов измерений и несколько недель тестового времени. Таким образом, проверка всех ППМ антенной решетки – рутинный и трудоемкий процесс. На базе оборудования и программного обеспечения НИ можно создать автоматизированные рабочие места (АРМ) для тестирования ППМ, их применение позволит значительно снизить стоимость и время тестирования.



4  
Зависимость стабильности фазы от схемы исполнения гетеродина



5  
Структурная схема ППМ

Рассмотрим типовой список параметров ППМ, которые проверяются согласно ТУ. Условно их можно разделить на три группы: тесты общего плана, тестирование приемного тракта и тестирование передающего тракта. Тесты общего плана:

- инициализация устройства, обмен командами по заданному протоколу;
- запись информации в EEPROM;
- считывание показаний датчика температуры, эмуляция показаний датчика в случае перегрева;
- измерение потребляемой мощности;
- проверка работы и калибровка фазовращателей.

#### 1. Тестирование приемного тракта:

- коэффициент передачи и отражения;
- нестабильность коэффициента передачи;
- коэффициент шума;
- коэффициент усиления;
- точка интермодуляции третьего порядка;
- минимальная скважность;
- неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ);
- верхняя граница линейности АЧХ по входу.

#### 2. Тестирование передающего тракта:

- КПД;
- точка компрессии;
- параметры фронтов огибающей выходного импульса;
- уровень гармоник;
- выходная импульсная мощность;
- неравномерность АЧХ;
- задержка фронта выходного импульса относительно фронта входного;
- допустимое изменение фазы выходного сигнала за промежуток времени;
- электрическая длина;
- побочные внеполосные излучения.

На базе платформы PXI можно реализовать АРМ для тестирования ППМ по указанным выше параметрам. В общем случае АРМ включает следующий набор приборов: анализатор спектра, генератор сигналов, предусилитель, осциллограф, анализатор цепей, подсистему коммутации, сумматоры, аттенюаторы, интерфейс управления. Благодаря концепции модульной системы АРМ имеет компактный размер, а входящие в него приборы управляются единым контроллером на базе производительного ЦПУ. Все перечисленные выше приборы внесены в Государственный реестр средств измерения. Интерфейс взаимодействия оператора с АРМ и программа управления создаются при помощи среды графического программирования LabVIEW. Созданное в данной среде программное обеспечение имеет открытый код, что позволяет пользователям изменять и усовершенствовать ПО, а также создавать собственное.

Преимущества использования АРМ для тестирования ППМ:

- максимальная оптимизация времени тестирования;
- оптимизация цены, низкая стоимость владения;
- коэффициент автоматизации = 1;
- минимизация человеческого фактора;
- минимальные сроки разработки и внедрения АРМ;
- высокая эргономика АРМ;
- оборудование и ПО от единого поставщика, возможность разработки системы «под ключ»;
- техническая поддержка на русском языке, программы обучения самостоятельному программированию.

Применение модульных приборов формата PXI, а также соответствующее программное обеспечение дают возможность оснастить лаборатории разработчиков и рабочие места на производстве всеми необходимыми инструментами, позволяющими существенно повысить точность измерений и сократить время тестирования как макетов, так и готовой продукции.

**Специалисты Остека и партнеры компании готовы разработать решение «под ключ», удовлетворяющее всем потребностям заказчика – полноценный автоматизированный комплекс с возможностью внесения его в Госреестр как поверенное средство измерения.**

# ОПТИМИЗАЦИЯ

## Практический опыт проведения целевого энергетического обследования процессов производства, транспортировки и распределения сжатого воздуха в производственном цикле предприятия



Текст: Юрий Шаталов

В период с ноября 2015 по май 2016 года «Остек-СМТ» провел целевое энергетического обследования (ЦЭО) пневмосистемы крупного перерабатывающего комбината в Сибири. Аудит охватил весь цикл оборота сжатого воздуха: выработку на общезаводских и локальных компрессорных станциях, транспортировку заводским потребителям по пневмосетям и распределение сжатого воздуха в производственном цикле предприятия.

Централизованная система воздухообеспечения была разработана и введена в эксплуатацию более 40 лет назад. За этот период предприятие активно развивалось, вводились дополнительные мощности, на смену старым пришли новые современные технологические линии, проводились реконструкция и техническое перевооружение используемого технологического оборудования. Изменились объем и характер потребления сжатого воздуха на нужды технологических процессов.

Сегодня на предприятии используется современное оборудование ведущих мировых производителей, регулирование техпроцессов осуществляется пневмоприводами с программируемыми микроконтроллерами, возросли требования к качеству выпускаемой продукции. Однако «оборотной стороной медали» при использовании современных технологий и оборудования стало несоответствие вспомогательных инженерных систем новым заводским реалиям, что в полной мере относится к воздухообеспечению как в части бесперебойности подачи агента, так и его качественных параметров.

Сложности существующей системы воздухообеспечения заключаются в выработке сжатого воздуха несколькими общезаводскими компрессорными станциями одновременно на общую сеть, в разветвленной системе воздухопроводов, их резервировании и дублировании, в наличии перемычек между трубопроводами сжатого воздуха с различными требованиями к классу чистоты.

Для части потребителей характерна неравномерная нагрузка, что приводит к ежедневным просадкам давления в общезаводской пневмосети и необходимости выводить из резерва дополнительные компрессорные мощности.

Неравномерное распределение воздуха в пневмосети, изношенность компрессорного оборудования и трубопроводной системы, неудовлетворительное состояние систем осушки требуют от служб, эксплуатирующих сети, значительных усилий по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии. У руководства комбината есть понимание, что существующая схема пневмоснабжения исчерпала себя и не удовлетворяет сегодняшним потребностям предприятия в части качества и бесперебойности снабжения технологического производства сжатым воздухом. Именно поэтому возникла необходимость в целевом комплексном обследовании системы воздухообеспечения: проведении инженерной оценки фактического состояния пневмосети, разработке и обосновании технического решения, которые позволят после проведения модернизации снять существующие проблемы и обеспечить в перспективе бесперебойное функционирование пневмосетевого комплекса.

Чтобы провести такое всеобъемлющее инженерное обследование, включая компьютерный анализ данных измерений и моделирование потокораспределения в трубопроводах, требуется целый комплекс специального измерительного оборудования и программного обеспечения. Поэтому заказчик посчитал экономически целесообразным не вкладывать средства в прецизионные приборы, не отвлекать персонал от основной работы, а обратиться к профессиональным энергоаудиторам.

Цель, которую заказчик поставил перед сотрудниками отдела энергоконсалтинга Остек-СМТ, – выявить возможности повышения эффективности и снижения потерь на всех этапах выработки, транспортировки и потребления сжатого воздуха на основе комплексного технико-экономического анализа работы системы в целом, ее отдельных элементов, частей и оборудования. По результатам проведенного обследования была разработана стратегия модернизации пневмосистемы заказчика.

Централизованная пневмосистема предприятия состоит из двух компрессорных станций, работающих на единую общезаводскую пневмосеть. В состав компрессорной станции № 1 входят шесть, а в состав станции № 2 – четыре турбокомпрессора К-250-61-5. Суммарная номинальная производительность сжатого воздуха по двум КС составляет 2500 нм<sup>3</sup>/мин., годовой объем выработки – свыше 620 млн нм<sup>3</sup>. Также на предприятии есть децентрализованная пневмосистема, которая включает 10 локальных компрессорных станций, их суммарная производительность – 290 нм<sup>3</sup>/мин с годовым объемом выработки порядка 80 млн нм<sup>3</sup>.

Пневмосеть включает два параллельно работающих магистральных воздухопровода технологического воздуха и один магистральный трубопровод воздуха КИПиА. Общая протяженность пневмосетей – свыше 10 км. Воздухопроводы имеют диаметры от Ду600 до Ду50, проложены надземно на металлических опорах. На площадке расположены 35 производственных цехов, являющихся потребителями сжатого воздуха с различной воздушной нагрузкой: от 116 до 12 000 нм<sup>3</sup>/час.

На первом этапе ЦЭО были выполнены работы по сбору и анализу существующей технической документации (паспортов на технологическое оборудование, режимных карт, оперативной документации), проведен анализ предоставленных балансов выработки-потребления сжатого воздуха. Предприятие хорошо оснащено приборами учета используемых энергоресурсов, что явилось существенным подспорьем на этапе инструментальных измерений.

В ходе визуального обследования специалисты отдела энергоконсалтинга осмотрели всю пневмосеть, проверили предоставленную заказчиком документацию и технологические схемы, ознакомились с установленным воздухопотребляющим оборудованием «по месту». Одновременно фиксировались места повреждения изоляции на трубопроводах, проводилась тепловизионная съемка поврежденных участков.

По результатам визуального обследования была составлена и согласована программа проведения инструментальных измерений, которая включала замеры



1

Проведение инструментальных измерений расходов сжатого воздуха на компрессорной станции и пневмосети сотрудниками ООО «Остек-СМТ»

расходов воздуха от компрессорных станций до вводов потребителей, давлений и температур по всему пневмотракту. Отдельно проводились замеры влажности и точки росы в трубопроводах КИПиА, по которым подается воздух на пневмоприводы и пневмоклапаны, осуществляющие управление технологическим процессом, и к которым предъявляются повышенные требования по качеству подаваемого агента. Программа также включала ряд замеров потребления электрической энергии отдельными компрессорными агрегатами, где корректность показаний заводских электросчетчиков вызывала сомнение. Инструментальное обследование в таком объеме, охватившее весь пневмосетевой комплекс предприятия, было проведено впервые (рис. 1).

При проведении натурных исследований процессов транспортировки и потребления сжатого воздуха в воздушном тракте применялись высокоточные расходомеры VA 400 standard и VA 400 speed в комплекте с мобильным регистратором данных DS400 Mobile. Это оборудование характеризуется высокой надежностью и точностью, что позволило определить фактическое потокораспределение сжатого воздуха в пневмосистеме и составить фактический баланс выработки-потребления сжатого воздуха на предприятии.

Также принципиально важные результаты были получены при определении фактических параметров влажности и точки росы вырабатываемого на компрессорных и поступающего на вводы потребителей сжатого воздуха. Подобные замеры проводились впервые за более чем 40 лет работы пневмосистемы предприятия.

Высокая влажность в подаваемом воздухе является одной из главных проблем потребителей воздуха КИПиА. Для определения содержания влаги использовался Гигрометр Ива-10М, который даже при отрицательных температурах наружного воздуха работал безотказно и позволял корректно проводить измерения.

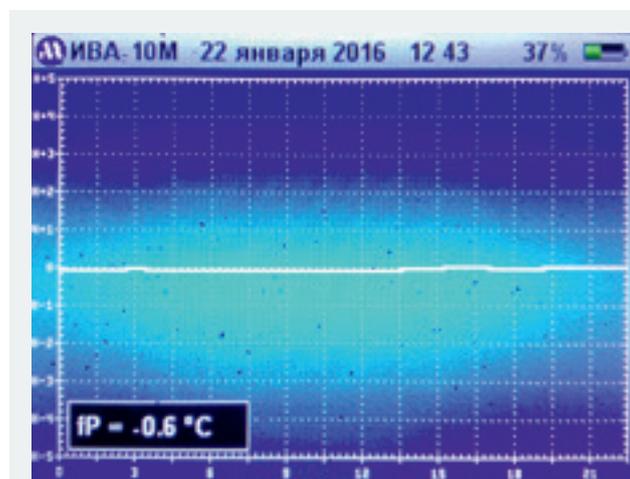
Результатом замеров стала оценка эффективности принятой на предприятии системы осушки сжатого воздуха на стороне потребителей.

В компрессорных системах водяного охлаждения для определения расходов охлаждающей жидкости специалисты использовали расходомер-счетчик ультразвуковой Взлет ПРЦ в комплекте с толщиномером Взлет УТ-М. Поверхностные измерения температуры выполнялись термометром контактным ТК 5.06, а в труднодоступных и ограниченных местах – с помощью инфракрасного термометра Fluke 62max.

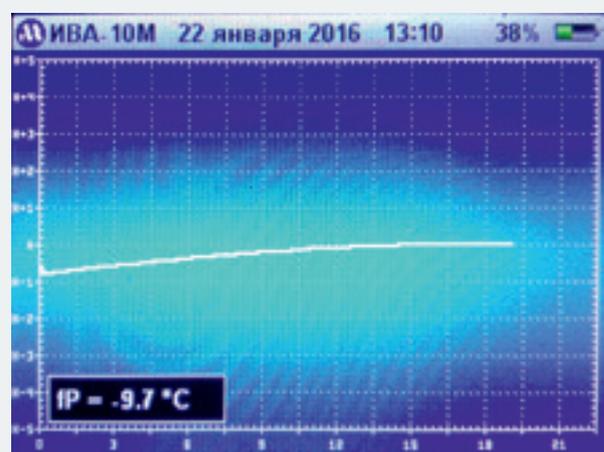
В дальнейших выводах, а также при разработке мероприятий по повышению энергоэффективности, специалисты основывались на фактических данных, полученных при проведении инструментального обследования.

Большие объемы проводимых измерений потребовали от заказчика серьезной работы по подготовке точек замеров. Для определения фактических объемов выработки, транспортировки и потребления сжатого воздуха были сделаны врезки в действующие воздухопроводы, состоящие из металлического сгона Ду15 мм с шаровым краном, привариваемые к трубопроводу, и далее осуществлялась сверловка отверстия в трубопроводе. При подготовке точек измерения расходов было использовано специальное сверлильное оборудование, позволяющее выполнять работы под давлением.

Слаженная совместная работа инженеров-аудиторов и технических служб предприятия, а также строгое выполнение требований техники безопасности позволили выполнить инструментальные обследования с высоким качеством и в установленные сроки. Результатом инструментального этапа обследования стало определение фактической выработки сжатого воздуха, фактического потребления сжатого воздуха потребителями, фактических потерь сжатого воздуха в системах осушки, дренирования и опорожнения.



Измерения точки росы сжатого воздуха на вводе у потребителя



Измерения точки росы сжатого воздуха у потребителя после локальной системы фильтрации

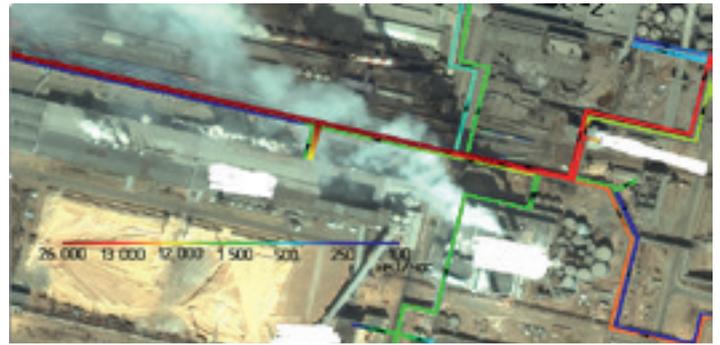
При проведении инструментального обследования особое внимание уделялось качественным параметрам сжатого воздуха. В технологическом процессе предприятия в качестве исполнительных механизмов регулирующей арматуры используются пневматические приводы и клапаны, безаварийная работа которых обуславливается жесткими требованиями к влагосодержанию используемого воздуха. Осушка воздуха КИПиА на комбинате осуществляется непосредственно на вводах потребителей и вызывает большое количество нареканий со стороны технологического персонала. Для качественной оценки существующей осушки потребовалось проведение большого количества инструментальных замеров влажности и точки росы сжатого воздуха. Измерения начинались от источника выработки, далее на узловых точках пневмосети и у потребителей. Результаты измерений позволили дать основанную на фактических данных оценку эффективности существующих осушителей. На рис. 2 представлены графики замеров точки росы локального осушителя «до» и «после», из которых видно снижение точки росы на 9 °С, при необходимых 40 °С.

Инструментальное обследование системы водяного охлаждения компрессоров позволило определить фактические объемы охлаждающей воды и фактический теплосъем каждой ступени сжатия компрессоров. В совокупности с параллельными замерами выработки воздуха и потребления электроэнергии каждым агрегатом это дало возможность определить фактическое удельное электропотребление, дать рекомендации службе эксплуатации по техническому обслуживанию агрегатов.

В период проведения целевого аудита на предприятии шла подготовка к плановому останову для проведения технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта. По согласованию с руководством цеха инженерных коммуникаций были подготовлены перечни дефектов, обнаруженных в ходе аудита, для включения в ремонтные ведомости. По факту в останов удалось частично восстановить изоляцию трубопроводов, смонтировать регулятор «до себя» на вводе наиболее критичного потребителя, «рванный» характер потребления которого приводил к глубоким просадкам давления во всей пневмосети. Также был ликвидирован выявленный в ходе замеров порыв на подземном участке трубопровода отглушенного потребителя, потери на котором составляли 6,5 тыс. м<sup>3</sup>/час.

Замена запавшей задвижки на данном участке позволила предприятию окупить затраты на проведенный аудит в течение трех месяцев!

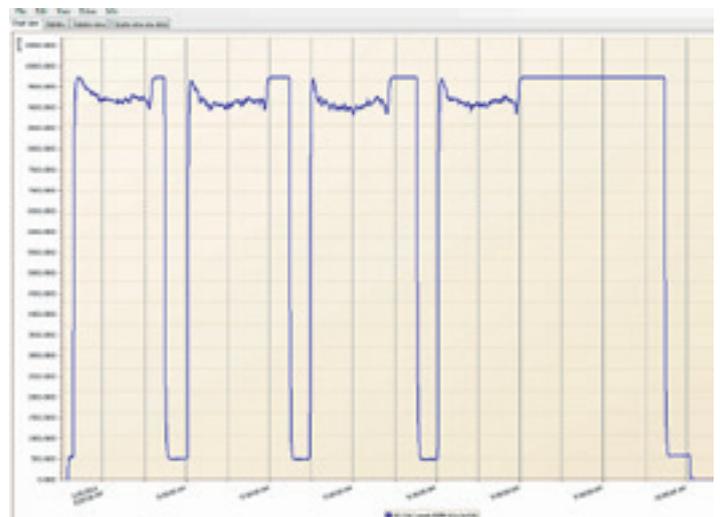
На рис. 3 представлен фрагмент схемы расходов сжатого воздуха в магистральных трубопроводах на производственной площадке предприятия.



3 Схема расходов сжатого воздуха в магистральных трубопроводах на производственной площадке предприятия

Используя методы компьютерного моделирования, специалисты «Остек-СМТ» выявили и визуализировали места с нулевой скоростью движения сжатого воздуха. Также были выявлены перекосы потокораспределения и разработаны мероприятия по их устранению.

На рис. 4 приведен график потребления сжатого воздуха, полученный в результате проведенных инструментальных измерений на вводе технологического воздуха у одного из потребителей. График имеет явно выраженный неоднородный характер, с резкими скачками потребления от 500 м<sup>3</sup>/ч до 9 500 м<sup>3</sup>/ч. Включение в работу потребителей с «рванным» потреблением приводит к аварийным просадкам давления во всей пневмосети. Чтобы избежать аварийных отключений технологического оборудования, на предприятии вынуждены выводить из резерва и включать в работу дополнительный компрессорный агрегат, что негативно сказывается на оборудовании и приводит к перерасходу электроэнергии.



4 График потребления сжатого воздуха, полученный в результате проведенных инструментальных измерений на вводе технологического воздуха

Результатом целевого аудита пневмосистемы предприятия стали разработка и предоставление заказчику вариантов модернизации существующей пневмосистемы, включающих:

- Мероприятия по устранению перекосов распределения сжатого воздуха, ликвидации застойных зон и «пневмокарманов» в магистральных воздухопроводах.
- Перечень потребителей, оказывающих негативное воздействие на пневмосистему, и мероприятия по локализации воздухопоставления этих производств, изменению схем запитки потребителей и перераспределению нагрузки на пневмосеть.
- Мероприятия по повышению располагаемой мощности на источниках выработки сжатого воздуха, чтобы подключать к централизованной системе вновь вводимые мощности новых потребителей.
- Мероприятия по осушке всего объема вырабатываемого воздуха, переходу на безконденсационный режим работы пневмосети, чтобы существенно увеличить срок службы общезаводских пневмомагистралей и внутрицеховых распределительных воздухопроводов.
- Мероприятия по абсорбционной осушке и повышению качества сжатого воздуха КИПиА до требуемого четвертого класса по влажности, рекомендации по изменению схемы работы магистрального воздухопровода воздуха КИПиА.
- Мероприятия по оснащению компрессорных и всех потребителей приборами учета, которые позволяют определять и детально контролировать энергетический баланс системы выработки и потребления сжатого воздуха.

Итогом целевого аудита стало техническое совещание с участием руководства предприятия, технологов производств и эксплуатирующей службы, на котором заказчиком был принят к выполнению один из представленных вариантов модернизации пневмосистемы. В соответствии с утвержденным вариантом специалистами ООО «Остек-СМТ» разработано Техническое задание на комплексную модернизацию общезаводской пневмосети.

Комплексное обследование позволило предприятию получить исчерпывающую информацию о состоянии всей пневматической системы и ее отдельных элементов. При этом все выводы были основаны на фактических параметрах работы сети, полученных в результате инструментального обследования. Замеры расходов воздуха на каждом компрессорном агрегате дали реальную картину состояния оборудования, помогли определить фактическое удельное потребление электроэнергии на выработку воздуха. Замеры влажности и точки росы дали возможность обосновать необходимость монтажа систем осушки на компрессорных станциях. Визуализация движения сжатого воздуха в магистральных трубопроводах позволила выявить участки с ну-

левой скоростью движения, перекосы в распределении сжатого воздуха и предложить изменения в схеме магистральных трубопроводов. Все это дало возможность четко обосновать предлагаемые технические решения и мероприятия по модернизации пневмосистемы предприятия.

Во время аудита были направлены запросы нескольким отечественным, а также иностранным производителям компрессорного и осушительного оборудования, чтобы заказчик мог выбрать оптимальное по техническим показателям и финансовым затратам оборудование и обеспечить приемлемый срок окупаемости будущей модернизации.

Заказчик высоко оценил проведенный специалистами отдела энергоконсалтинга целевой аудит пневмосистемы предприятия, с отзывами можно ознакомиться на сайте [www.ostec-energo.ru](http://www.ostec-energo.ru) в разделе Проекты.

Следующим проектом, который отдел энергоконсалтинга планирует реализовать совместно с заказчиком, станет масштабное обследование сетей водоснабжения и канализации в комплексе с системами производственного водопотребления. Сети водоснабжения/водоотведения насчитывают несколько сот километров, характеризуются большим количеством видов вод и стоков, наличием насосных станций и систем химводоподготовки. В объеме работ запланировано внедрение на водосетях геоинформационной системы Zulu, что вполне оправдано, учитывая протяженность и сложность сетей водоснабжения предприятия. Внедрение ГИС позволит не только качественно улучшить эксплуатацию и оперативное управление инженерными сетями, но и, используя функционал моделирования режимов, эффективно планировать текущие и капитальные ремонты, а также, опираясь на результаты расчетов, провести технически и экономически оправданную оптимизацию сетевого комплекса.

Обследуемое предприятие, являясь флагманом мирового уровня в своей отрасли, в последние годы реализовало несколько масштабных инвестиционных проектов, ввело в строй новые и модернизировало существующие производственные мощности. Не осталась в стороне и инженерная инфраструктура, которая постоянно обновляется, становится современной, высоконадежной и энергоэффективной. Эксплуатационный и управленческий персонал постоянно совершенствуется, участвуя в корпоративных программах повышения квалификации, осваивая самые современные образцы отраслевого оборудования, применяя на практике передовые технологии и инженерные решения. Работать с такими высококомпетентными специалистами иногда трудно, но всегда интересно. Особенно приятно, что по результатам проведенного целевого аудита ООО «Остек-СМТ» получило приглашение на участие в конкурсе на реализацию значительной части разработанных нами технических решений. 



#### Экономичность

До 5 раз дольше по сравнению с другими отмывочными жидкостями работают жидкости Zestron, производимые по запатентованной MPC-технологии и обладающие уникальным составом.

#### Подтвержденное качество

Более 10 лет жидкости Zestron успешно применяются в отечественном производстве РЭА ответственного и военного назначения, обеспечивая высокое качество отмывки и надежный результат.

#### Максимальная совместимость

Уникальный состав обеспечивает максимальную совместимость жидкостей со всеми узлами и деталями оборудования для отмывки, способствуя продолжительному сроку службы оборудования и минимизируя расходы на обслуживание и простои.

#### Контроль и стабильность

Только Zestron предлагает специальные тестовые наборы для контроля состояния раствора отмывочных жидкостей для своевременной корректировки концентрации и состояния раствора, обеспечивая максимальную стабильность и надежность процесса отмывки.

#### Эффективность и универсальность

Жидкости Zestron гарантированно и качественно удаляют более 500 видов материалов для пайки.

**ZESTRON**  
High Precision Cleaning

## Никаких полумер. Вся полнота преимуществ



Оригинальные отмывочные жидкости Zestron гарантируют непревзойденное качество отмывки и стабильность результата. Широкий ассортиментный ряд позволяет подобрать отмывочную жидкость для конкретной задачи: в соответствии с типом оборудования и процесса, характером загрязнений, индивидуальными требованиями.

Отличительной особенностью отмывочных жидкостей Zestron является высокая эффективность: качественная отмывка, совместимость с оборудованием и компонентами, экономичность. Жидкости Zestron успешно зарекомендовали себя на ведущих отечественных производствах РЭА.

Официальный эксклюзивный дистрибьютор Zestron Группа компаний Остек обеспечивает высококвалифицированную техническую и технологическую поддержку, поставку со склада и оперативную доставку по всей России с соблюдением всех условий транспортировки и хранения.



будущее  
создается



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



## ТЕХПОДДЕРЖКА

# Не в серебре счастье: новый бессвинцовый сплав SAC<sup>®</sup>m



Текст: Денис Поцелуев



Сегодня интерес в России к бессвинцовой технологии набирает темпы. Все четче обрисовываются ее контуры, и не за горами этап международной стандартизации. Переход на бессвинцовую технологию вызван не только введением ряда законодательных актов, прежде всего, Директивы RoHS и Регламента REACH. Так, в стратегии развития электронной отрасли России до 2025 года предусматривается решение ряда вопросов, связанных с бессвинцовыми технологиями. Российские производители зачастую вынуждены переходить на бессвинцовую элементную базу и материалы, поскольку ряд компонентов уже не поставляется в исполнении с содержанием свинца. Эти и другие факторы вызывают повышенный интерес отечественных предприятий к бессвинцовым материалам.

В бессвинцовой технологии часто используют сплавы Sn/Ag/Cu (олово/серебро/медь или иначе SAC-сплав), хотя возможно применение и других сплавов, содержащих, например, висмут, индий и другие элементы. Сплавы с высоким содержанием серебра (SAC305, SAC387, SAC405) применяются там, где важна устойчивость к термоциклированию. Однако это обуславливает непрочность паяных соединений при ударных нагрузках и в дополнение высокую стоимость и длительные сроки поставки. Сплавы с низким содержанием серебра (SAC105, SAC0307) обладают хорошей ударопрочностью, привлекают ценой, но неприемлемы при использовании в изделиях, где важна устойчивость к термическому циклированию (рис. 1, 2). Идеальным решением был бы сплав, сочетающий в себе лучшие характеристики: высокую ударопрочность, устойчивость к термоциклированию, привлекательную стоимость. И такой сплав существует.

Среди многих отличий бессвинцовых сплавов от свинцовых можно выделить два основных: устойчивость к ударным нагрузкам и температурным перепадам или термоциклирование. Свинцовые сплавы отличаются высокими показателями по обоим характеристикам, в то время как бессвинцовые лишь по одной – в зависимости от количества серебра.

В результате многочисленных исследований инженерами компании Indium Corporation был разработан бессвинцовый сплав SACm® (98.5Sn/0.5Ag/1Cu/0.05Mn) 1. Легирование марганцем существенно улучшило стойкость к ударным нагрузкам и температурной усталости, а меньшее содержание серебра позволило сохранить привлекательную стоимость. Далее кратко рассмотрим и проанализируем результаты испытаний сплава SACm® на примере паяльных паст Indium.

Для подтверждения характеристик сплава были проведены следующие испытания:

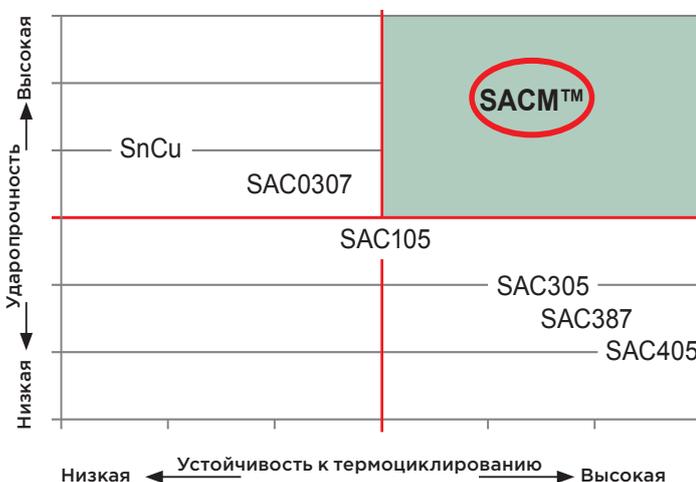
- ударные испытания JEDEC 22B111;
- испытания на динамический изгиб (DBT);
- испытания термического циклирования по IPC-9701 (ТСТ).

Для сравнительных испытаний использовалась бессвинцовая паяльная паста Indium со сплавами SAC105, SAC305 и SACm®, тип 4. Более подробно с методикой проведения испытаний можно ознакомиться в статье Ning-Cheng Lee «The Second Generation Shock Resistant and Thermally-Reliable Low Ag SAC Solder with Mn», а также на сайте [www.indium.com//SACm/](http://www.indium.com//SACm/).

Далее представлены результаты испытаний.

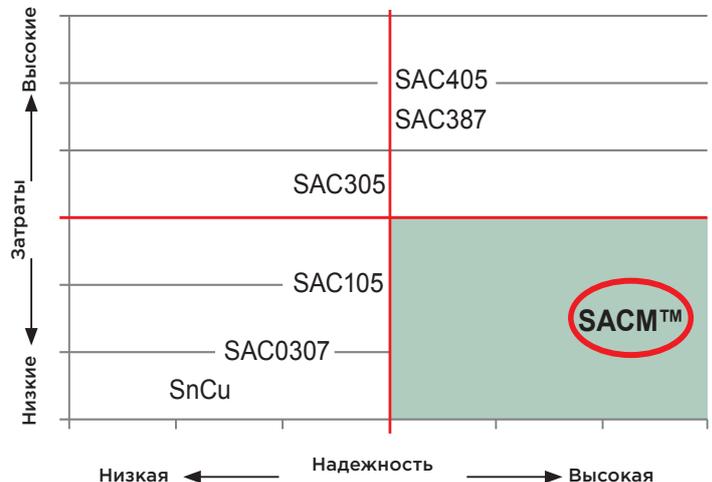
На рис. 3 приведены сравнительные результаты ударных испытаний (JEDEC 22B111), которые показывают, что сплав SACm® проявил гораздо большую устойчивость к ударным нагрузкам по сравнению с остальными сплавами, в два раза превзойдя сплав SAC305 и в 1,5 раза сплавы SAC105 и SnPb. Известно, что твердость сплава обусловлена количеством в нем серебра. Именно поэтому более мягкий сплав обеспечивает лучшие результаты ударного испытания благодаря своей способности сокращать степень деформации и поглощать энергию ударной волны. Незначительное количество марганца в сплаве SACm® вызывает небольшое увеличение твердости, воздействие которого крайне незначительно.

Основой испытаний на динамический изгиб (DBT) послужила методика компании Моторола для измерения характера нарушений надежности сборки печатных узлов мобильных устройств. Результаты испытаний показывают явное превосходство сплава SACm® над SAC105 по устойчивости к ударным нагрузкам более чем в два раза.



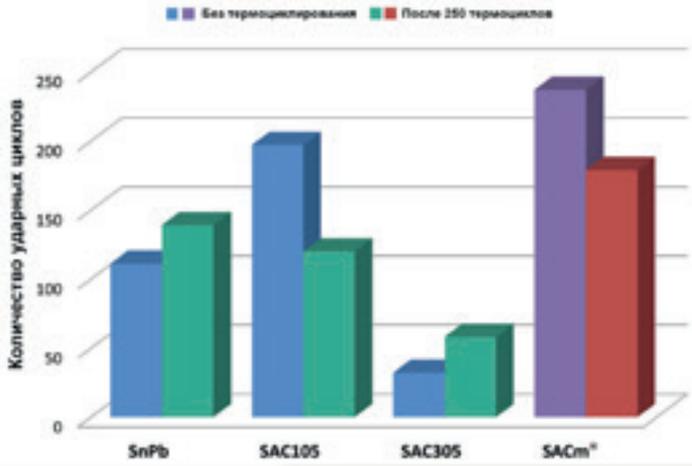
1

Сравнительная характеристика бессвинцовых сплавов по ударопрочности и термоциклированию



2

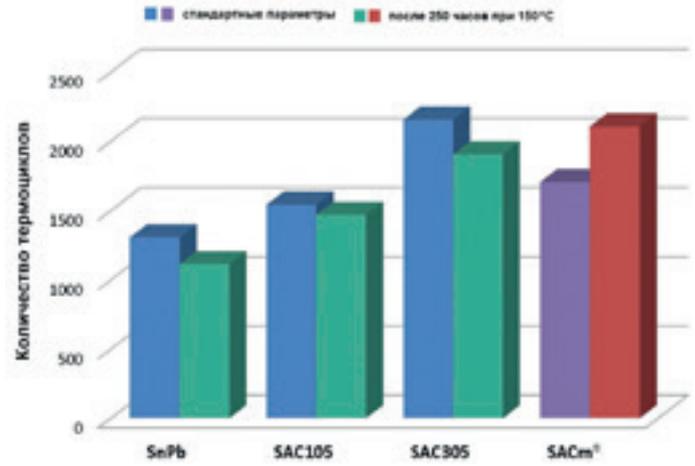
Сравнительная ценовая характеристика бессвинцовых сплавов



3 Ударные испытания JEDEC

В испытаниях на воздействие циклических изменений температуры (ТСТ) участвовали тестовые платы с тремя бессвинцовыми сплавами: SAC105, SAC305 и SACm® и одна плата со сплавом олово/свинец. Стандартные параметры термоциклирования: от -40 до +125 °С, 42 мин./цикл, выдержка 10 мин. Сводные данные приведены на рис. 4. По результатам испытаний видно, что устойчивость сплава SACm® превосходит сплав SAC305 и на 40 % выше сплавов SAC105 и SnPb. На рис. 5 изображены паяные соединения после 1 000 термоциклов с припоями SAC105 и SACm®. Очевидно, что разрушение соединений сплава SAC105 выражено более ярко, чем сплава SACm®.

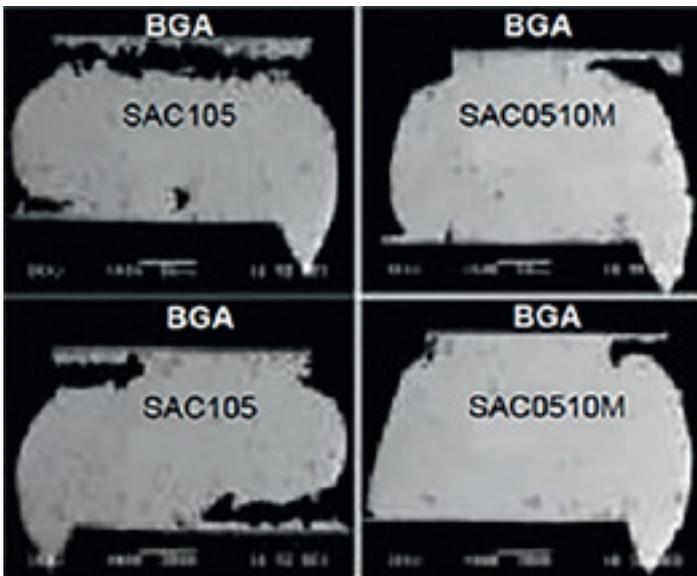
Резюмируя итоги испытаний, можно с уверенностью утверждать, что припой 98.5Sn/0.5Ag/1Cu/0.05Mn (SACm®) в несколько раз превосходит бессвинцовые припои с низким содержанием серебра (SAC105, SAC307) по такой характеристике, как ударопрочность, и сопоставим со сплавами с высоким содержанием се-



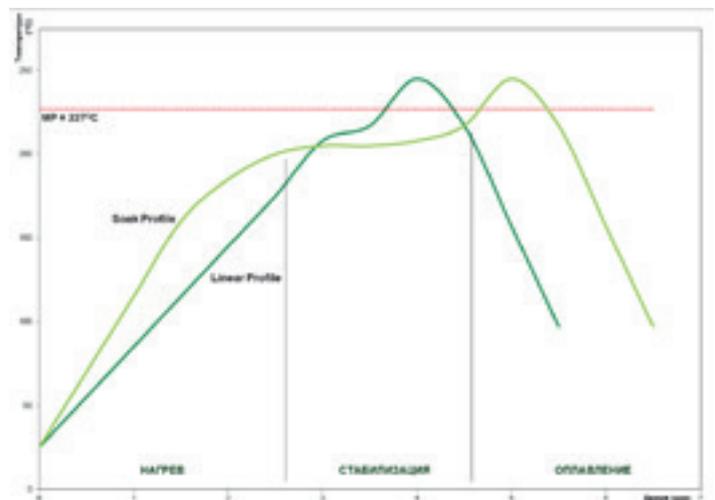
4 Испытания на термоциклирование (ТСТ)

ребра (SAC305, SAC387, SAC405) по показателю устойчивость к термоциклированию. При этом характеристики плавления такие же, как у большинства бессвинцовых сплавов (рис. 6).

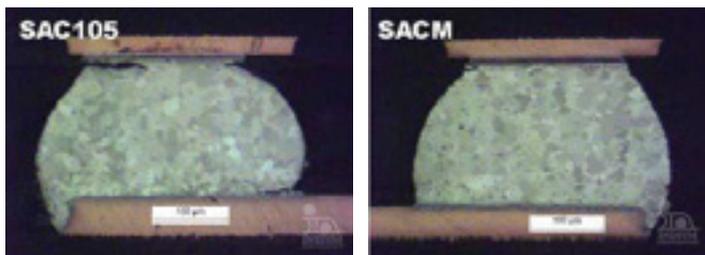
Несмотря на все еще небольшую востребованность бессвинцовых паяльных материалов в России, паяльные пасты со сплавом SACm® уже нашли свое применение на отечественных производствах. Так, один из ведущих российских разработчиков и производителей светодиодных модулей успешно внедрил и применяет паяльную пасту Indium 8.9 HF SAC0510M (сплав SACm®): «Внедрение этой пасты позволило увеличить жизненный цикл паяного соединения, что особенно критично для светодиодных светильников наружного применения, подверженных термоциклированию и ударным нагрузкам при многократных включениях и отключениях». В сравнительных испытаниях на производстве паяльная паста со сплавом SACm® показала себя лучше, чем сплав SAC105, у которого в местах сильных механиче-



5 Изображение паяных соединений после 1000 термоциклов



6 Профиль оплавления бессвинцовой паяльной пасты Indium 8.9 HF SAC0510M



**7**  
Паяные соединения сплавов SAC105 и SACm после термоциклирования

ских напряжений были заметны микротрещины и расслоения, что, возможно, говорит о менее гибком и вязком составе сплава SAC105 (рис. 7). Отличительными особенностями паяльной пасты 8.9 HF SAC0510M также являются хорошее смачивание на окисленных поверхностях, высокая эффективность печати даже при малых размерах апертуры (<0,66AR), долгий срок жизни на трафарете (до 60 часов при влажности 30-60 % и температуре 22-28 °C). Увеличенный до 12 месяцев срок годности позволяет оптимизировать складские запасы и минимизировать риски при перерывах в производстве.

На основании приведенных в статье результатов исследований можно утверждать, что бессвинцовый сплав SACm® (98.5Sn/0.5Ag/1Cu/0.05Mn) является прекрасной альтернативой сплавам с высоким содержанием серебра, превосходя их по характеристикам. Дополнительное преимущество сплава – его стоимость, так как в существующих условиях экономическая составляющая играет одну из определяющих ролей при выборе технологических материалов. Благодаря низкому содержанию серебра в сплаве SACm® (0,5 %) разница в стоимости по сравнению со сплавом SAC305 может составлять до 80 %.

При этом также следует рассматривать не только стоимость за единицу измерения, но и технологические особенности и ряд других факторов, косвенно влияющих на итоговую стоимость продукции. Последнее больше касается поставщика материалов, куда можно отнести технологическую поддержку и наличие опыта внедрения бессвинцовой технологии в существующий процесс, проведение испытаний, стабильность поставок, складской запас, легальность импорта (особенно если

**T 1**  
Сравнение основных свойств сплавов семейства SAC

|                                      | SACm® | SAC105 | SAC305 |
|--------------------------------------|-------|--------|--------|
| Температура плавления                |       |        |        |
| Солидус, °C                          | 217   | 217    | 217    |
| Ликвидус, °C                         | 226   | 225    | 220    |
| Прочность на разрыв (PSI)            | 5625  | 5640   | 7200   |
| Предел прочности на растяжение (PSI) | 3590  | 3359   | 5289   |
| Модуль Юнга (KSI)                    | 2110  | 2150   | 2410   |
| Относительное удлинение, %           | 15,7  | 13,4   | 19,3   |

речь идет о материалах с содержанием серебра выше 2 %, т.к. для них требуется акцизная таможня).

В поверхностном монтаже при внедрении бессвинцовой технологии роль паяльных материалов особенно велика, ведь они оказывают определяющее влияние и на качество изделия, и на эффективность производства, и на себестоимость продукции. Для проведения всех необходимых испытаний требуется комплекс совместимых технологических материалов для подтверждения их эффективности, поэтому особенно важно выбирать поставщика и партнера, обладающего необходимыми знаниями и ресурсами в этой области.

На сегодняшний день сплав SACm® компании Indium является революционным сплавом в линейке бессвинцовых технологических материалов благодаря сочетанию выдающихся характеристик и стоимости. Применение материалов со сплавом SACm® позволит повысить конкурентоспособность производства и обеспечить качественный результат.

В наличии и доступна для заказа бессвинцовая паяльная паста со сплавом SACm® Indium 8.9HF, тип 4. Специалисты ООО «Остек-Интегра» готовы оказывать техническую поддержку и принять участие в испытаниях. Заявки на заказ и проведение испытаний направляйте по электронной почте materials@ostec-group.ru или по телефону 8 (495) 788-44-44, ООО «Остек-Интегра».

### Список использованной литературы

1. Lee N-C., «The Second Generation Shock Resistant and Thermally-Reliable Low Ag SAC Solder with Mn»
2. Материалы с сайта www.indium.com
3. JEDEC STANDARD JESD22-B111, Board Level Drop Test Method of Components for Handheld Electronic Products, July 2003
4. Стандарт IPC-9701A, методы испытания эксплуатационных характеристик и требования по проверке для паяных соединений поверхностного монтажа
5. Стратегия развития электронной промышленности России на период до 2025 года, утвержденная приказом министерства промышленности и энергетики от 07.08.2011 N 311

# О практике применения в РФ фольгированного стеклотекстолита импортного производства в технике специального назначения



Текст: Петр Семенов

Статья написана специалистом, который одним из первых в середине 90-х годов прошлого столетия внедрял в производство печатных плат импортный стеклотекстолит для изделий специального назначения. Это было связано с отработкой процессов поверхностного монтажа и новыми требованиями к минимальному значению коробления (скручивания) заготовок печатных плат. В дальнейшем трудовая деятельность автора была связана с развитием производства печатных плат, анализом состояния и возможностей технологического процесса, анализом брака и разработкой мероприятий по выходу из кризисных ситуаций в производстве печатных плат.

## СИТУАЦИЯ

Сегодня государство не в состоянии обеспечить полный контроль качества выпускаемых изделий в различных сферах производства: от продуктов питания до техники специального назначения. Это связано, в первую очередь, с отменой действия ряда государственных стандартов, регламентирующих требования к ключевым параметрам, выработанным на основе мирового опыта разработки, проектирования, изготовления различных изделий. Вместо накопленного интеллектуального потенциала, закрепленного в государственных стандартах, предлагается система саморегулирования путем проб и ошибок при потреблении продуктов, соответствующих требованиям ТУ изготовителя и поставщика. Таким образом, потребителю предлагается самостоятельно разобраться, подходят ли ему данные комплектующие, продукты и т. д. На примере продуктов питания это выглядело бы примерно так: перед покупкой колбасы покупатель должен ознакомиться с содержанием «ТУ» и самостоятельно оценить, не угрожает ли данный продукт его здоровью как в ближайшее время, так и в перспективе, и после этого принять решение о покупке.

Также дело обстоит и в других случаях. Например, при проектировании печатных плат конструктор обязан учитывать требования стандарта, на основании которого материал выпускается, и эти требования должны быть жестче, чем расчетные параметры при проектировании платы. Очень часто материал для проведения типовых испытаний приходит на производство с контролируемыми параметрами выше, чем по стандарту. Затем, при выпуске серийной продукции, параметры уже соответствуют стандарту на материал, но не требованиям изделия. Возникают проблемы с эксплуатацией. Такой подход недопустим.

Именно поэтому статья, которую вы сейчас читаете, может показаться вам немного «с перчинкой», но поверьте, реальная ситуация применения импортного стеклотекстолита для изготовления техники специального назначения в РФ гораздо сложнее, чем описано в данной статье.

Итак, вернемся к истории. Если констатировать факты, то в середине 90-х годов прошлого века материал DE-104 Isola был единственным базовым фольгированным материалом, завозимым в РФ. Естественно, его и пробовали использовать в качестве замены отечественным материалам СФ, СТФ, СФНС и т. д. Надо отметить, что были попытки продаж высококачественного материала фирмы PANASONIC немецкими компаниями, работающими в России. Однако стоимость высококачественного материала, отвечающего жестким военным стандартам, была выше дешевого стеклотекстолита, поэтому он не получил широкого распространения. Впоследствии и сами иностранцы не стали поставлять его в РФ, потому что фольгиро-

ванный стеклотекстолит и препреги входят в список стратегических продуктов (теперь на эти продукты распространяются санкции, введенные Евросоюзом). Итак, в результате деятельности бизнеса и сложившейся ситуации в РФ получил распространение дешевый материал DE-104, хотя его назначение и электротехнические характеристики не отвечали жестким требованиям эксплуатации изделиям специального назначения.

Основной тест «CAF» – устойчивость к миграции меди – производителем материала на нем даже не нормируется, а учитывая, что это основной параметр, дающий прогноз о надежности готовой печатной платы, понятно, что эмбарго на такой материал не распространяется. Для понимания, рассмотрим, как проводится тест:

- Из испытуемого материала с препрегом прессуется заготовка.
- Сверлятся сквозные отверстия с минимальным расстоянием друг от друга. Чем меньше расстояние между отверстиями, тем жестче тест.
- Проводится «стандартная» химическая металлизация отверстий с гальваническим усилением медью.
- К соседним металлизированным отверстиям припаиваются проводники, подается напряжение 100 В и измеряется сопротивление под воздействием температуры 85 °С и повышенной влажности 85 % не менее 1000 часов.

В процессе сверления в области вокруг отверстий стекловолокно и связующее могут нарушать свою однородную структуру. В пустоты, трещины композитного материала за счет капиллярного эффекта проникают химические растворы и после нанесения гальванической меди остаются запечатанными в диэлектрике. Впоследствии эти химические вещества и вода и являются причиной образования зон проводимости и участков разрушения токопроводящих покрытий и диэлектрика под воздействием внешних факторов.

Одним словом, этот тест – ускоренные типовые испытания прототипа МПП из поставляемого материала – один из основных тестов для входного контроля базового материала и препрега для продукции ответственного назначения. Учитывая, что этот тест на миграцию меди на DE-104 не проводится, можно как минимум предположить, что он его не выдержит. Если сюда еще добавить высокое влагопоглощение этого фольгированного стеклотекстолита, порядка 0,25 % от массы, а для печатной платы весом 100 грамм — это будет до 300 см. куб. водяного пара при термоударе, то становится совсем грустно.

Однако благодаря грамотной политике продвижения материал DE 104 получил разрешение на применение в качестве материала-заменителя в интересах ми-

нистерства обороны и стал широко применяться при изготовлении аппаратуры. И многие были счастливы, поскольку на рынке никакой другой материал разрешение на применение не получил, а многих кроме разрешения ничего и не интересовало.

Но прошло время, посыпались отказы изделий из сборочных цехов, от предприятий заказчиков, из эксплуатации. При этом различные предприятия использовали разные методы изготовления, различные технологические растворы металлизации рисунка схемы МПП, разное оборудование, материал только один и тот же во всех случаях – DE-104.

В чем возможные причины такой ситуации?

1. Материал не соответствует условиям эксплуатации изделий согласно позиционированию фирмы изготовителя.
2. Увеличение плотности в межсоединениях новых конструкций МПП требует применения материала с соответствующими электротехническими характеристиками, которые отсутствуют у материала DE 104. Более высокие значения объемного и поверхностного сопротивления. Более низкое влагопоглощение.
3. Снижение качества продукта из-за неостребованности продукта в Европе. Периодическое производство для рынка РФ.
4. Факторы, усугубляющие ситуацию и уменьшающие мобилизационную устойчивость:
  - локализация производства материала, применяемого в военных целях РФ, в одной иностранной компании;
  - компания-производитель материала принадлежит США с середины 2000-х годов;
  - знание производителем материала конечных потребителей в РФ (это оборонные предприятия) благодаря участию в семинарах, визитам на предприятия РФ по вопросам поставок и использования продукта.

Другими словами, можно кратко описать ситуацию так:

- Потенциальный противник знает, какой базовый материал применяется в РФ для военных целей.
- Потенциальный противник этот базовый материал для нас изготавливает.
- Поставляемый и применяемый базовый материал даже при соответствии требованиям стандарта, по которому его выпускают, не соответствует по применяемости жестким условиям эксплуатации техники специального назначения.
- Несмотря на все несоответствия DE-104 применяется по сей день при изготовлении техники специального назначения на основании ранее выданных разрешений.

## КТО ВИНОВАТ?

1. Те, кто продвигал использование материала в технике специального назначения, не учитывая назначение материала.
2. Те, кто выдавал разрешение на применение на основе проведения испытаний образцов, не учитывая назначение материала.
3. Те, кто закладывал в конструкцию изделия материал, зная или не зная, что материал не предназначен для применения в технике специального назначения.
4. Потенциальный противник. Грамотная, вежливая позиция.

## ЧТО ДЕЛАТЬ

- Для исключения повторения ситуации, а также невозможности негативного воздействия на изготавливаемый материал, предполагаемый к отгрузке в РФ, не допускать утечки информации о применяемости данного материала в технике специального назначения. Информация должна быть закрыта.
- Не допускать монополии одной/двух марок импортного материала в технике специального назначения.
- Применять при конструировании и изготовлении техники специального назначения базовые фольгированные материалы, препреги, предназначенные для этих применений и заведомо превосходящие по электротехническим параметрам предъявляемые требования. Применять базовые фольгированные стеклотекстолиты с характеристиками не хуже «рекомендуемых параметров».

Рекомендуемые параметры стеклотекстолита приведены в **Т1**, в сравнении с «разрешённым DE 104».

Как видно из таблицы материал, предлагаемый для замены материала DE-104, имеет почти такие же характеристики. Также высоко значение влагопоглощения (0,25 %), не высоки значения удельного объемного и поверхностного сопротивления, высоко значение тангенса угла диэлектрических потерь, что может свидетельствовать о недостаточной полимеризации смолы в диэлектрике, ну и самое главное – отсутствие теста САФ. По электротехническим параметрам практически ничего не меняется.

Далее приведена выдержка из фантазийной статьи, опубликованной в середине 2000-х годов. Последняя публикация после всплеска массовых отказов МПП была в журнале «Печатные платы и покрытия» № 3, 2012 год.

### **90-е. Территория потенциального союзника. Организация, работающая на правительство. Совещание.**

— Итак, Билл! Достигнутые результаты за последнее десятилетие поражают. В области электроники Россия осталась практически без современной электронной базы, начиная от материаловедения и заканчивая тестированием готовых электронных компонентов. Однако русские проснулись и понимают, что не смогут преумножить или, по крайней мере, сохранить нажитый капитал без поддержки военных на мировом плацдарме. Россия ищет пути быстрого восстановления обороноспособности и пытается вернуть потерянные позиции на рынке вооружений, я уже не говорю о восстановлении имиджа государства, которое в состоянии защитить своих граждан и их капиталы в кризисных ситуациях.

Наша концепция национальной безопасности предусматривает действия, направленные на отсутствие в обозримом будущем каких-либо серьёзных препятствий для осуществления наших национальных интересов в любых регионах мирового пространства.

В условиях неразберихи при восстановлении радиоэлектронной промышленности в России наибольшее значение имеют усилия на начальном этапе в виде методологической помощи, информационной поддержки с целью выработки неправильной концепции развития. Билл, вы слушаете? Денег не надо, русские сами сделают за нас работу, развивая свой бизнес в конкурентной борьбе, в условиях отсутствия технической и экономической экспертизы проектов.

Настало время взяться за печатный монтаж!

— Почему шеф?

— Знайте, Билл, что стоимость кристалла составляет примерно 10 % от стоимости его корпусирования. Все чаще в качестве основы корпуса используются не «рамки», а многослойные печатные платы. Новая элементная база с объемными выводами требует другого подхода в проектировании и изготовлении МПП и конструировании электронных ячеек. Бóльшее

значение приобретают свойства базовых материалов МПП, включая радиотехнические параметры и температурные коэффициенты деформации. Качество и характеристики конструкционных материалов приобретают исключительное значение!!!

Предлагаю следующие перспективные мероприятия по помощи России:

1. Стимулировать создание эксклюзивных поставок базовых конструкционных материалов для производства печатных плат изделий специального назначения. Особое внимание уделить материалам, работающим на высокой частоте и полиимидным основам, не имеющим аналогов в РФ. Главный критерий – один агент и отсутствие прямых поставок.

2. Активное продвижение технологий, не подходящих для военного применения или требующих ресурсов, которые отсутствуют у потенциального противника.

— Шеф, а оборудование?

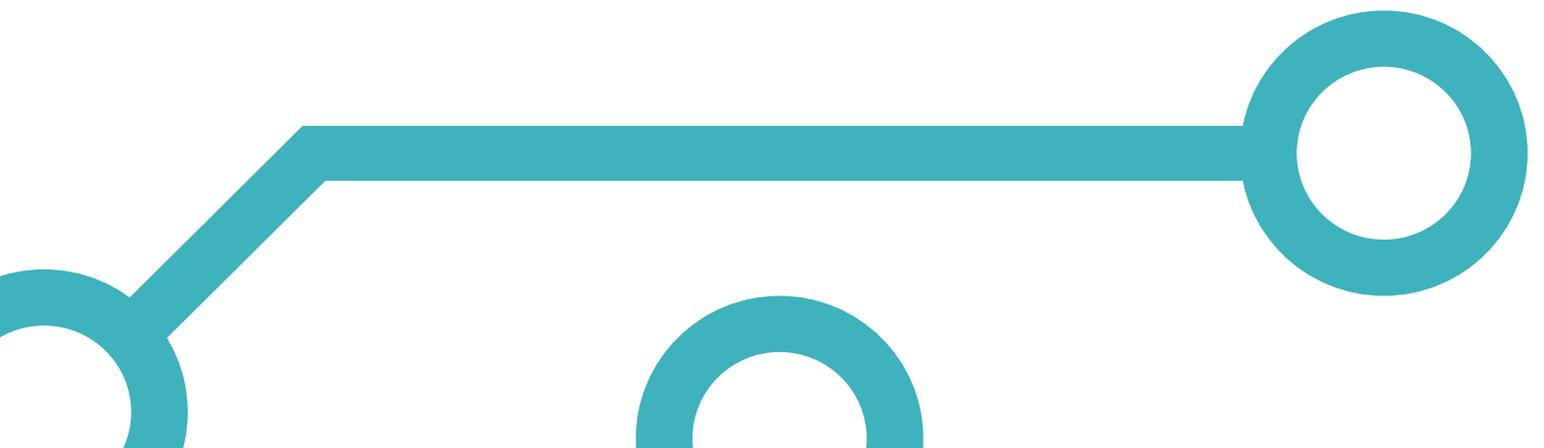
— Билл, оборудование не имеет такого значения, это лишь средство производства. Его можно заменить на худшее по параметрам, приобрести через третьи страны и т.д. Другое дело конструкционный материал, который прошёл все испытания и быстро заменить его просто невозможно. Вы же знаете, если материал введен в перечень допустимой замены, то все конструкторы будут закладывать его в изделия. А нам только этого и надо. В условиях локализации марки, например, стеклотекстолита, не представляет труда взять под контроль производственные мощности и качество поставляемого материала! Понимаете, Билл! Русские будут думать, что все хорошо, а на самом деле они подпишут приговор своим изделиям.

Генри Форд был не прав, сказав, что эксклюзивность – одна из форм недобросовестной конкуренции. Это эффективное средство контроля и распределения стратегических ресурсов!!!

T 1

Рекомендуемые параметры стеклотекстолита

| ХАРАКТЕРИСТИКИ                          | МЕТОД  | ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ  | РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ  | ISOLA                                      |  | ПРЕДЛАГАЕМАЯ ЗАМЕНА |
|---|--------|--------------------|--------------------------|--|--|---------------------|
|   |        |                    |                          | DE-104                                     | ТАЙВАНЬ  |                     |
| Температура стеклования T <sub>g</sub>  | TMA    | °C                 | 140-150<br>Лучше, больше | DSC135                                     |  | DSC140              |
|   | DMA    |                    | 180-220<br>Лучше, больше | н/д  |  | н/д                 |
| Коэффициент термического расширения СТЕ | X      | (30-120°C)         | ppm/°C                   | 15-19<br>Лучше, меньше                     | 16   | н/д                 |
|   | Y      |                    |                          | 17-21<br>Лучше, меньше                     | 13   |                     |
|   | Z      | (<T <sub>g</sub> ) |                          | 40-55<br>Лучше, меньше.<br>Очень критично  | 70   | 50                  |
|   |        | (>T <sub>g</sub> ) |                          | 170-250<br>Лучше меньше.<br>Очень критично | 250  | 250                 |
| Стойкость к припою (260°C)              | A      |                    | сек.                     | >300<br>Лучше, больше                      | >300   | >300                |
| Стойкость к припою (288°C)              |        |                    |                          | >180<br>Лучше, больше                      |  | >120                |
| T-260 (без меди)                        | TMA    |                    | мин.                     | >60<br>Лучше, больше                       |  |                     |
| T-260 (с медью)                         |        |                    |                          | >60<br>Лучше, больше                       |  | 20                  |
| T-288 (без меди)                        |        |                    |                          | >60<br>Лучше, больше                       |  | 2                   |
| Температура декомпозиции (5 % от массы) | TGA    |                    | °C                       | 340-350<br>Лучше, больше                   | 315  | 310                 |
| Усилие на отрыв меди                    | 18 мкм | A                  |                          | кН/м                                       | 1,2-1,4<br>Лучше, больше.<br>Критично для сборки и ремонта | н/д                 |



| ХАРАКТЕРИСТИКИ                           | МЕТОД              | ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ | РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ  | ISOLA           | ПРЕДЛАГАЕМАЯ ЗАМЕНА |
|--|--------------------|-------------------|--|-----------------|---------------------|
|  |                    |                   |  | DE-104          | ТАЙВАНЬ             |
|  | 35<br>мкм          |                   | 1,3-1,5<br>Лучше, больше.<br>Критично для сборки и ремонта                                   |                 |                     |
| Модуль упругости (продольное)            | A                  | Гра               | 23-26  |                 |                     |
|  | 150°C              |                   | 16-19  |                 |                     |
| Диэлектрическая константа                | 1 МГц C-96/20/65   |                   | 4,8-5,0  | 4,46            | н/д                 |
|  | 1 ГГц              |                   | 4,3-4,5  | 4,3             | 4,2                 |
| Тангенс угла диэлектрических потерь      | 1 МГц C-96/20/65   |                   | 0,0060-0,0070  | 0,02            |                     |
|  | 1 ГГц              |                   | 0,0090-0,011<br>Лучше, меньше.   | 0,022           | 0,015               |
| Объемное электрическое сопротивление     | C-96/35/90         | Ω*см              | Характеризует степень однородности материала, повторяемость электротехнических характеристик | 1,3xE12-3,4xE13 | 5xE12-5xE14         |
| Поверхностное сопротивление              |                    | Ω                 | 1xE15-1xE16<br>Лучше, больше.<br>Очень критично  | 1,0xE12-7,2xE12 | 5xE12-5xE13         |
| Сопротивление изоляции                   | C-96/20/65+D-2/100 | Ω                 | 1xE14-1xE15<br>Лучше больше  |                 |                     |
| Водопоглощение                           | E-24/50+D-24/23    | %                 | 1xE14-1xE15<br>Лучше, больше.<br>Очень критично  | 0,3             | 0,25                |
| Горючесть(UL-94)                         | A                  |                   | 0,02-0,04<br>Лучше, меньше.<br>Очень критично V-0  | V-0             | V-0                 |
| Устойчивость к электромиграции меди(CAF) | 85°C/85%RH, 100V   | часы              | >1000<br>Больше лучше.<br>Главный параметр надежности, долговечности диэлектрика             | Н/Д **          | Н/Д**               |

\*\* Без измерения параметра к применению в спецтехнике применять не рекомендуем

## КАРЬЕРА

# Остек — компания знаний



Текст: Ирина Истомина

Только за последние несколько месяцев в Группе компаний Остек почти 100 сотрудников стали участниками программ внешнего и внутреннего обучения. Это соответствует одной из стратегических целей кадровой политики Остека: постоянное повышение компетентности персонала. О том, как ГК Остек решает эту задачу, рассказала Ирина Истомина, руководитель отдела оценки и развития персонала.

## Как в ГК Остек реализован процесс адаптации и обучения новых сотрудников?

Процесс адаптации новых сотрудников – важная составляющая деятельности дирекции по персоналу ГК Остек. В среднем в месяц мы принимаем на работу порядка 10 специалистов на различные должности и наша задача – помочь новым сотрудникам быстрее адаптироваться в компании.

Процесс адаптации состоит из нескольких ключевых составляющих.

Во-первых, у нас есть welcome-тренинг или, проще говоря, программа «Добро пожаловать в компанию!», где мы представляем всю ключевую информацию, которая будет необходима сотруднику, чтобы быстро сориентироваться в рабочих вопросах.

Отдельная часть презентации посвящена истории создания компании, миссии; стратегическим приоритетам и целям на текущий период; корпоративным традициям и историям успеха; дается первая информация о продуктах и услугах, о сегменте отрасли, в котором работает компания, ее позициях на рынке, основных конкурентах.

Также в рамках welcome-тренинга мы рассказываем о нормах и принципах корпоративной культуры ГК Остек, правилах и регламентах, которые распространяются на деятельность каждого сотрудника. Программа постоянно дополняется и обновляется.

Вторая составляющая – это управление процессом прохождения испытательного срока и контроль вхождения нового сотрудника в должность. У каждого нового специалиста есть план задач на первые три месяца работы. В рамках оценочных встреч с руководителем контролируется, как сотрудник справляется с поставленными задачами, а также дается обратная связь по вопросам, требующим корректировки.

Третья составляющая – это собственно обязательные курсы внутреннего обучения, которые также важны для адаптации новых специалистов.

Только за последние три месяца welcome-тренинг прошли 29 человек.

## Что такое внутренние курсы и кто их проводит?

В Остеке работают талантливые и профессиональные люди, поэтому у нас есть возможность привлекать для внутренних программ обучения наших специалистов. Это наши корпоративные внутренние тренинги.

Внутреннее обучение включает в себя как обязательные для всех сотрудников компании направления, так и специализированные курсы для представителей определенных направлений деятельности. К обязательным внутренним курсам относятся:

- «Бренд ГК Остек. История и становление бренда». Курс ведет директор по маркетингу Антон Большаков;
- «Направления деятельности ГК Остек: ассортимент и поставщики». Курс ведет заместитель коммерческого директора по маркетингу ООО «Остек-ЭТК» Роман Лыско;
- «СМК и система постоянных улучшений». Курс ведет директор по качеству Владимир Задорожный;
- а также курсы по охране труда, безопасности и т. п.

Сейчас мы активно работаем над расширением перечня обязательных вводных курсов. С ноября 2016 года появится новый курс «Кадровая политика. Работа и карьера в ГК Остек», который будет вести директор по персоналу Мария Калинина.

Специализированные программы решают задачи обучения конкретных категорий специалистов с учетом специфики их деятельности в Группе компаний. Например, есть программа для уполномоченных по качеству – «Организация и ведение претензионной работы», в разработке курсы по программе CRM для специалистов по продажам с учетом специфики направлений бизнес-единиц компании, а также курс «Клиентоориентированность».

Отдельно хочу отметить, что у лучших сотрудников компании есть возможность проходить стажировки и обучение у наших зарубежных партнеров в США, Японии, Испании, Германии, Швейцарии, Великобритании.



## Привлекает ли компания внешних провайдеров для обучения сотрудников?

Да, у нас есть такая возможность. Как правило, внешних провайдеров мы приглашаем на программы, ориентированные на развитие определенных, ключевых для нашего бизнеса, навыков.

Для решения различных задач в области обучения мы сотрудничаем с ведущими тренерами и консультантами. И это сотрудничество может быть долгосрочным. Так, с апреля по август в ГК Остек была реализована комплексная программа развития навыков продаж с привлечением ведущего в своей области тренера. В октябре прошел тренинг, посвященный навыкам эффективной презентации, для которого мы также привлекли внешнего провайдера.



## Оценивает ли компания качество программ обучения?

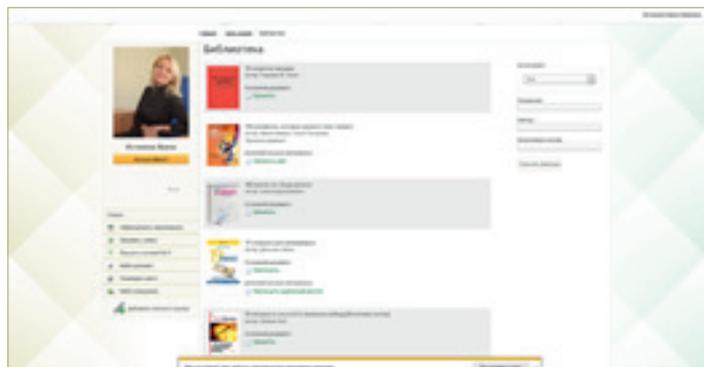
Да, конечно. В конце каждого обучающего занятия мы получаем обратную связь от участников и на основании полученных замечаний и комментариев корректируем программы. Наша практика в части оценки эффективности тренинговых программ – обсуждать критерии эффективности индивидуально с учетом специфики программы.

## Какие еще инструменты используют в Остек для повышения квалификации сотрудников?

На нашем корпоративном портале есть большой раздел, который называется «База знаний». Сотрудники могут пользоваться электронной библиотекой этого раздела, где размещены более 100 аудио-, видео-, электронных книг по 22 направлениям: от обучающих материалов по английскому языку разных уровней, управления бизнесом и управления персоналом до основ делопроизводства и системотехники, электроники и других специализаций. В этом же разделе можно ознакомиться с различными презентациями по направлениям деятельности компании, новым продуктам и т. п.

Кстати, материалы вводных курсов обучения также доступны всем сотрудникам на портале.

В этом году у нас есть планы развития корпоративного портала как хорошего коммуникационного инструмента и платформы для обмена знаниями и актуальной информацией.



## Каковы планы ГК Остек по развитию сотрудников на ближайший год, какие программы корпоративного обучения планируются к реализации?

Инвестировать в развитие самых лучших и талантливых сотрудников. Тех, кто хочет работать в ГК Остек и показывает отличные результаты в работе. Такие люди составляют основу бизнеса. У них сильная мотивация к профессиональному развитию.

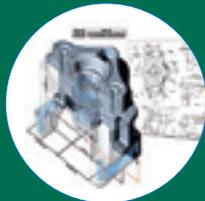
Одной из самых важных задач на ближайшее время является развитие управленческих компетенций, развитие лидерства. В наших планах разработка программ, которые позволят руководителям различного уровня научиться работать в условиях неопределенности, управлять изменениями и делать это эффективно.

Наличие сильных профессиональных, технических компетенций еще не делает руководителя лидером. А будущее создается именно лидерами. 



#### Литье

- Отработка технологии литья
- Поиск и анализ пустот, раковин и включений



#### Механообработка

- Контроль качества геометрии ответственных деталей сложной формы
- Обратное проектирование



#### Электроника

- Контроль печатных плат, компонентов и качества пайки
- Исследование совмещения слоев, дефектов металлизации



#### Материаловедение

- Исследования внутренней структуры материалов
- Расчет физических свойств материалов



#### Исследования

- Полезные ископаемые и геологические образцы
- Принципы работы механизмов
- Криминалистика

## Лаборатория промышленной томографии: экспертный контроль качества и проведение исследований

Узнайте о специальных  
ценах, действующих  
до конца 2016 года!

- Самая крупная в Восточной Европе
- Оснащенная передовым оборудованием

Лаборатория создана на базе Центра технологий контроля (ЦТК), предназначенного для решения широкого спектра производственных и научных задач.



будущее  
создается



Channel Partner  
GE Oil & Gas



www.ostec-ct.ru  
(495) 788 44 41  
info@ostec-ct.ru





## Видеть сегодня производство будущего невозможно, **НО ПУТЬ К НЕМУ — НЕОБХОДИМО**

Чем сложнее производство, тем сложнее учесть все факторы, от которых завтра будут зависеть его эффективность, рентабельность, конкурентоспособность его продукции. Опираясь на свой опыт и сотрудничество с ведущими мировыми поставщиками оборудования и технологий, мы содействуем комплексному развитию предприятий электронной и радиоэлектронной промышленности. Наш подход основан на пяти слагаемых: исследование, планирование, проектирование, оснащение, сопровождение. Эта формула технологического роста позволяет предприятиям найти оптимальный путь к успеху.



будущее  
создается



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

