

08 (29) декабрь 2016

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал



15 ЛЕТ  
РАБОТАЕМ  
С УМОМ

## ПЕРСПЕКТИВЫ

Павел Кириллов  
Владимир Мейлицев

8

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ –  
ЧТО МОГУТ СЕГОДНЯ,  
ЧТО СМОГУТ ЗАВТРА

## КАЧЕСТВО

Юрий Смирнов

26

ВЗАИМОСВЯЗЬ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗРЕЛОСТИ  
И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ  
ПРЕДПРИЯТИЯ

## ОПТИМИЗАЦИЯ

Николай Кравцов  
Василий Афанасьев

38

МНОГОГРАННОСТЬ  
ПАК «СИНТИЗ».  
ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ



#### 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)



**Уважаемые коллеги!**

Уже совсем близко самые долгожданные, волшебные и любимые всеми праздники – Новый год и Рождество!

В канун праздников, задумываясь о будущем, всегда интересно оглянуться назад и вспомнить, чем запомнился прошедший год.

В течение года на страницах журнала наши авторы рассказывали вам о новых технологиях и тенденциях отрасли, знакомили вас с интересными людьми, приглашали заглянуть в будущее, которое мы создаем вместе с вами. В наступающем году мы постараемся сделать наш журнал еще интереснее и полезнее для вас, предоставлять вам только самую актуальную и востребованную информацию и надеемся, что в статьях журнала «Вектор высоких технологий» каждый найдет что-то необходимое и важное для себя.

Новый год и Рождество — это особенное время. Время ожидания чуда, время, когда сбываются мечты и исполняются заветные желания.

Мы от всей души желаем вам встретить праздник в атмосфере семейного счастья и любви, с чувством радости за сделанное в уходящем году, в приятном предвкушении того, что предстоит в следующем.

Пусть в новом году всех нас ждут только яркие позитивные события, а все задуманное – реализуется!

С Новым годом и Рождеством!

**Группа компаний Остек**

Научно-практический журнал «Вектор высоких технологий»,  
свидетельство регистрации: ПИ № ФС 77 — 60644 от 20.01.2015, учредитель ООО Предприятие Остек.

Редакционная группа: Большаков Антон, Волкова Ирина.

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

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

тел.: 8 (495) 788-44-44

факс: 8 (495) 788-44-42

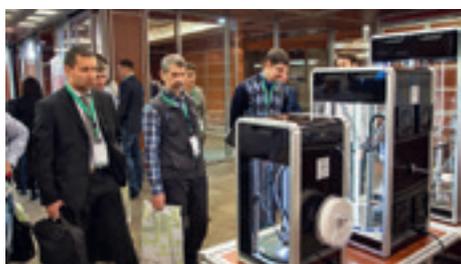
Оформить бесплатную подписку на журнал можно на сайте [www.ostec-press.ru](http://www.ostec-press.ru)



# В НОМЕРЕ

## НОВОСТИ

- 4 **ИНСТАЛЛЯЦИЯ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ZESTRON® EYE ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОТМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ**
- 4 **ИТОГИ СЕМИНАРА «СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ КЛЕЕВ, ГЕРМЕТИКОВ И КОМПАУНДОВ. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ»**
- 5 **КОМПАНИЯ SPECTRUM TECHNOLOGIES ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВУЮ СИСТЕМУ NOVA 800I SERIES**
- 6 **КОМПАНИЯ ZESTRON ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВУЮ ОТМЫВОЧНУЮ ЖИДКОСТЬ С НЕЙТРАЛЬНЫМ УРОВНЕМ PH**
- 7 **ООО «НИИИТ» НА ВЫСТАВКЕ 3D PRINT EXPO**



ПЕРСПЕКТИВЫ стр. 9

## ПЕРСПЕКТИВЫ

**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ЧТО МОГУТ СЕГОДНЯ, ЧТО СМОГУТ ЗАВТРА? . . . . . 8**

Авторы: Павел Кириллов, Владимир Мейлицев

## КАРЬЕРА

**ЗАРУБЕЖНЫЕ СТАЖИРОВКИ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ СОТРУДНИКОВ . . . . . 22**

Интервью с генеральным директором ООО «Остек-Тест» М. А. Седовым

КАРЬЕРА стр. 22



## ТЕХНОЛОГИИ

**ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ СОВРЕМЕННЫХ РЕЗИСТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛИТОГРАФИИ. . . . . 26**

Автор: Александр Скупов



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 52

## КАЧЕСТВО

### ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗРЕЛОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ . . . . . 32

Автор: Юрий Смирнов

## ОПТИМИЗАЦИЯ

### МНОГОГРАННОСТЬ ПАК «СИНТИЗ». ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ . . . . . 38

Авторы: Николай Кравцов, Василий Афанасьев

## ТЕХПОДДЕРЖКА

### ИЗ ГРЯЗИ В КНЯЗИ ИЛИ ЧЕМ ОЧИЩАТЬ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАЙКИ. . . . . 48

Автор: Денис Поцелуев

### ПОЧЕМУ АНАЛОГОВЫЙ ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ КОМПАНИИ ANARISO НЕ ИМЕЕТ АНАЛОГОВ? . . . . . 52

Автор: Арсений Подолько



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 48

## АВТОРЫ НОМЕРА

### Павел Кириллов

Журнал «Электроника: НТБ»  
journal@electronics.ru

### Владимир Мейлицев

Журнал «Электроника: НТБ»  
journal@electronics.ru

### Александр Скупов

Главный специалист  
технического сопровождения  
ООО «Остек-Интегра»  
materials@ostec-group.ru

### Юрий Смирнов

Генеральный директор  
ООО «Остек-Инжиниринг»  
logos@ostec-group.ru

### 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

### Денис Поцелуев

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

### Арсений Подолько

Старший инженер группы  
технической поддержки отдела КИП  
ООО «Остек-Электро»  
ostecelectro@ostec-group.ru

# НОВОСТИ

## ИНСТАЛЛЯЦИЯ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ZESTRON® EYE ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОТМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

В ноябре 2016 года специалисты Группы компаний Остек успешно осуществили инсталляцию цифровой автоматической системы Zestron® EYE на одном из ведущих производств электроники в Санкт-Петербурге. Особенность заключалась в том, что Zestron® EYE устанавливался в уже эксплуатирующееся на предприятии оборудование. В результате две установки струйного типа были оснащены цифровой автоматической системой для контроля состояния отмывочной жидкости Zestron.

Решение об установке Zestron® Eye, в первую очередь, было принято руководством предприятия с целью повышения эффективности процесса отмывки. Благодаря эксплуатации цифровой автоматической системы Zestron® EYE предприятие планирует существенно снизить трудозатраты, повысить стабильность и прослеживаемость процесса отмывки и, как следствие, повысить качество производимой продукции и снизить себестоимость процесса в целом.



Цифровая система Zestron® EYE совместима с различными типами и марками оборудования по отмывке электронных изделий и позволяет реализовать автоматизированное управление технологическим процессом отмывки, включая функции хранения и обработки результатов для контроля качества.

Более подробную информацию можно получить по электронной почте [materials@ostec-group.ru](mailto:materials@ostec-group.ru) или по телефону 8 (495) 788-44-44, ООО «Остек-Интегра». 



## ИТОГИ СЕМИНАРА «СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ КЛЕЕВ, ГЕРМЕТИКОВ И КОМПАУНДОВ. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

24 ноября 2016 г. в Остеке прошел технологический семинар, посвященный современным автоматизированным решениям для применения клеев, герметиков и компаундов.

В семинаре приняли участие более 100 представителей передовых предприятий России и ближнего зарубежья, специализирующихся на производстве спецтехники, жгутовых изделий, электронных компонентов и светодиодной продукции.

В ходе семинара обсуждались актуальные вопросы современного технологического процесса заливки и герметизации изделий, подготовки и автоматизированного нанесения материалов, был представлен обзор современных материалов компаний Dow Corning и Stockmeier, описаны их преимущества и применение.

Представители компаний-партнеров Dorag (Германия) и MeterMix (Великобритания) рассказали о мировых тенденциях и основных современных подходах к автоматизации процессов герметизации и алгоритмах подбора систем дози-



рования одно-, двух- и многокомпонентных материалов.

Семинар был максимально ориентирован на решение прикладных задач, актуальных для отечественных производителей: заливка источников тока, герметизация кабельных разъемов, заливка электронных модулей и блоков, координатное нанесение клеев и герметиков, герметизация корпусов, фиксация элементов и т. д. Были продемонстрированы решения технологических процессов на примерах конкретных изделий участников.

В рамках практической части мероприятия демонстрировалась система подготовки смешивания и дозирования отечественных материалов на примерах материала Виксинт ПК-68 (Dorag Eldomix 103), вакуумная заливка изделий и система координатного нанесения материала (DowCorning 744) на базе робота-манипулятора Fisnar F9800N.

Участники максимально подробно изучили оборудование и технологии подготовки, смешивания и

дозирования материала в режиме реальной работы, пообщались со специалистами, задали интересные их вопросы. 



## КОМПАНИЯ SPECTRUM TECHNOLOGIES ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВУЮ СИСТЕМУ NOVA 800I SERIES

Компания Spectrum Technologies PLC, мировой лидер в области лазерной обработки проводов и кабелей, объявила о выпуске новой модернизированной системы Nova 800i Series для УФ-лазерной маркировки проводов.

Компания специализируется на промышленных лазерных системах для обработки проводов и кабелей с 1989 года и к настоящему времени поставила свыше 950 систем по всему миру. Среди заказчиков компании крупнейшие предприятия коммерческой и военной аэрокосмической области.

Nova 800i series – это линейка инновационных систем лазерной обработки проводов. В шестом поколении лазерных маркировщиков Spectrum применены новейшие передовые технологии, эти устройства являются самыми быстрыми лазерными маркировщиками проводов на рынке: их производительность выше, чем у Nova 800 series, которые в течение 8 лет использовались основными компаниями, работающими в аэрокосмической области.

Инновационное решение, используемое в устройствах Nova 800i, по своим качествам превосходит прежнюю технологию маркировки нанесения масок. Устройство имеет встроенную гальванометрическую



лазерную сканирующую систему; процесс осуществляется с эксплуатационной гибкостью, адаптивностью и производительностью, ранее недоступными для систем промышленной лазерной маркировки проводов. Прямой метод маркирования проводов с применением сканера позволяет без особых усилий наносить любые буквенно-цифровые символы из различных международных алфавитов, стандартные и двухмерные штрихкоды и логотипы. Метод маркировки, применяемый в Nova 800i, значительно увеличивает производительность.

Система легко настраивается для стандартной ручной или автоматизированной загрузки проводов. Преимуществом автоматизированной системы является блок автоматического выбора и загрузки (ASL) в сочетании с целым рядом многопозиционных разматывающих устройств Nova, которые вместе могут задействовать до 32 отдельных катушек с проводами и кабелями – это самое большое возможное количество катушек по сравнению с другими аналогичными системами на рынке.

Nova 880i – самый скоростной маркировщик проводов, разработанный на сегодняшний день компанией Spectrum, а его производительность даже выше, чем у эталонного устройства Nova 880, который до сегодняшнего дня был самым скоростным маркировщиком в линейке компании. 

## КОМПАНИЯ ZESTRON ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВУЮ ОТМЫВОЧНУЮ ЖИДКОСТЬ С НЕЙТРАЛЬНЫМ УРОВНЕМ pH

Компания ZESTRON, мировой лидер в поставке прецизионных отмывочных жидкостей, предоставления услуг и проведения тренингов в сфере электронной промышленности и производства полупроводников, представляет новую отмывочную жидкость с нейтральным уровнем pH VIGON® N 680.

Отмывочная жидкость с нейтральным уровнем pH на водной основе VIGON® N 680, созданная по технологии MPC® (микрофазная очистка), предназначена для использования с оборудованием для струйной отмывки в воздухе и с механизмами периодического действия. Средство VIGON® N 680 способствует удалению любых остатков флюса при сборке электронного оборудования, обладает исключительной способностью проникновения и отмывки из-под низкопрофильных компонентов. Также эта отмывочная жидкость обеспечивает отличную совместимость с материалами, в т. ч. с восприимчивыми металлами, например, с медью. 

**ZESTRON**  
High Precision Cleaning

## ООО «НИИИТ» НА ВЫСТАВКЕ 3D PRINT EXPO

17-18 ноября 2016 года в Сокольниках прошла выставка 3D Print Expo. Традиционно на выставке были представлены решения по 3D-печати от ООО «НИИИТ» (ГК Остек).

Согласно независимому голосованию стенд «НИИИТ» был признан лучшим среди экспозиций выставки.

«НИИИТ» презентовал на своем стенде самые востребованные и популярные решения для промышленной 3D-печати. Среди экспонатов были представлены не только разнообразные образцы, прототипы, макеты и конечные изделия, изготовленные с помощью аддитивных технологий, но и инновационное оборудование для 3D-печати и сканирования.

На своем стенде «НИИИТ» провел реальную демонстрацию работы высокоточных настольных 3D-принтеров Mass Portal. Данные принтеры – это революционные решения для печати пластиками по технологии FDM, для которых характерны компактность размерного ряда и высокая точность исполнения изделий. Помимо 3D-принтеров



на стенде экспонировались конечные изделия и макеты, изготовленные по разнообразным технологиям промышленной 3D-печати: печать металлами, пластиками, керамикой, создание выжигаемых моделей и песчаных форм. Интерактивность экспозиции, широкий ассортимент решений и услуг вызвали большой интерес у посетителей и участников выставки 3D Print Expo.

В рамках выставки в течение двух дней проходила отраслевая конференция, на которой лучшие специалисты индустрии делились экспертными знаниями. В первый день конференции выступил Антон Большаков, директор по маркетингу ГК Остек, с докладом «Аддитивное производство – ключевой элемент концепции «Индустрия 4.0.» Где мы сейчас?». Во второй день Алла Аспидова, руководитель проектов ООО «НИИИТ», рассказала о том, как применять аддитивные технологии в литейной промышленности и как делать это эффективно и прибыльно. Конференция собрала большое количество слушателей,



показав высокий уровень интереса к отрасли аддитивных технологий.

Традиционно в рамках 3D Print Expo прошла торжественная церемония награждения лучших представителей отрасли 3D-печати и сканирования 3D Print Awards. По результатам независимого голосования «НИИИТ» стал лауреатом премии 3D Awards в номинации «Лучший стенд».

Подробности награждения представлены на официальном сайте 3D Print Expo:  
<https://3d-expo.ru/ru/pobediteli#2016>.



Получить подробную консультацию по преимуществам и возможностям аддитивных технологий, записаться на демонстрацию работы 3D-принтеров Mass Portal можно по тел.: +7 (495) 788-44-44, e-mail: [order@ostec-3d.ru](mailto:order@ostec-3d.ru)

## ПЕРСПЕКТИВЫ

# Аддитивные технологии –

что могут  
сегодня,  
что смогут  
завтра



Текст: Павел Кириллов  
Владимир Мейлицев



Юбилейный X Международный симпозиум Асолд в этом году собрал промышленников-инноваторов, которые совершенствуют аддитивные технологии и стремятся полнее раскрыть их потенциал. Технологии послойного синтеза – одно из самых быстроразвивающихся направлений цифрового производства – активно применяются в автомобилестроении, авиастроении, космической отрасли, а также в радиоэлектронном производстве, приборостроении и медицине. В симпозиуме приняли участие более 130 специалистов из российских и зарубежных компаний, применяющих аддитивные технологии или собирающих информацию об их возможностях.



Группа компаний Остек идет в ногу со временем и старается удивить самого искушенного российского промышленника, предлагая новинки ведущих индустриальных экономик. Асолд 2016 – далеко не первое мероприятие, которое включает в повестку дня вопрос о перспективах и реальных достижениях аддитивных технологий в мировой экономике. На территории выставочного центра «ИнфоПространство» собрались представители ведущих российских промышленных компаний, исследовательских институтов, в той или иной степени применяющих аддитивные технологии. Иностранные производители активно делились опытом в относительно новых для России направлениях 3D-печати.

В этом году на Асолде рассматривались такие темы, как: преимущества и недостатки аддитивных технологий в литейном производстве, трехмерная печать металлами, технологии 3D-печати пластиком, керамическая 3D-печать для НИОКР и производства, опыт контрактного аддитивного производства, 3D-сканирование и компьютерная томография как уникальные методы контроля изделий, произведенных с помощью аддитивных технологий.

Симпозиум открыл Антон Большаков, директор по маркетингу Группы компаний Остек. Он представил результаты маркетингового исследования, основанного на

онлайн-опросе, который был проведен перед симпозиумом среди его потенциальных участников. Выяснилось, что 42 % ответивших на вопросы уже используют аддитивные технологии, а еще 51 % – планируют их внедрение в более или менее близком будущем. Максимальное число ответов на вопрос о степени готовности аддитивных технологий к практическому применению пришлось на середину шкалы, простиравшейся от оценки «сырая, неотработанная» до «надежная, проверенная». А среди факторов, которые могли бы ускорить распространение этих технологий в России, на первые места были поставлены подготовка специалистов, производство отечественных материалов и выпуск отечественного оборудования.

Исследование позволило определить факторы, в наибольшей степени влияющие на распространение аддитивных технологий в России, и на этой основе сделать предположения на перспективу. Одним из таких факторов стал образ мышления, вторым – степень зрелости технологии. Сценарный прогноз был представлен в виде диаграммы, координатами которой стали эти факторы: степень зрелости технологии отображалась на оси X, образ инженерного и управленческого мышления – на оси Y.

В левом нижнем квадранте оказалось состояние, названное «Младенчеством»; на этой стадии передовые технологии продвигает небольшая группа энтузиастов,





и еще непонятно, станут ли они серьезным производственным ресурсом. С большой долей вероятности можно предположить, что российские производители находятся в основном на этой стадии.

Состояние, поместившееся в правом верхнем квадранте диаграммы, соответствующее высокому уровню совершенства технологий в сочетании с адаптированным к ним уровнем мышления пользователей, получило название «Расцвет». И автор задается вопросом: возможен ли сценарий, предполагающий попадание в «Расцвет» прямо из «Младенчества»? Сама диаграмма наводит на мысль, что такой форсированный переход маловероятен. Скорее может реализоваться движение к «Расцвету» через промежуточный этап, названный «Юностью». Это интересный этап, требующий, в первую очередь, изменения образа мышления. В это время прогресс двигают именно люди, осознавшие возможности новых технологий и сумевшие найти соответствующие им подходы во всем – от дизайна детали до бизнес-модели компании. И это осознание становится стимулом не только к применению технологий, но и их совершенствованию.

Но есть и пессимистический сценарий, названный автором словом «Пропась» – мрачным, но верно отражающим суть явления. Сценарий попадания в «Пропась» реализуется тогда, когда достаточный парк совершенных аддитивных машин используется в рамках старых



методов разработки, производства и управления проектами. В таком случае не приходится ждать ничего, кроме частых технических недоразумений и очень больших избыточных расходов.

«Слоган Группы компаний Остек: «Будущее создается». Все мы, кто присутствует в этом зале, – полноценные участники создания будущего. Это нам предстоит реализовать позитивный сценарий развития аддитивных технологий. Развитие нашего мышления будет подстегивать совершенствование технологий, а они, в свою очередь, будут открывать нам новые подходы к конструированию, построению технологических процессов, управлению проектами, развитию бизнеса, работе с клиентами. И это в конечном итоге должно привести нас к «Расцвету» – времени зрелости аддитивных технологий и рационального, эффективного их использования», – таким посылом завершил свое выступление Антон Большаков.

После такого вступления на трибуне появились первые докладчики – представители компании Prodways Барт Леферинк и Татьяна Толошняк. Они рассказали о технологии 3D-печати пластиком, а также о керамической 3D-печати – как в рамках собственных НИОКР, так и по заказам сторонних производителей для различных сфер применения.

«Prodways – дочерняя компания французской фирмы





Groupe Gorgé. Мы предлагаем исключительно точные технологии самого высокого уровня. Международный опыт и охват Prodways может открыть новые возможности для инноваций в российском производстве. Уникальные решения для промышленного производства можно выгодно использовать на российском рынке. Prodways постоянно занимается освоением 3D-печати новыми материалами. По генетике мы схожи с Остеком – мы всегда принимаем новые вызовы и воплощаем передовые идеи в жизнь. Компания разрабатывает системы трехмерной печати, ориентируясь на стратегию взаимодействия В2В», – так начал свое выступление Барт Леферинк.

Помимо создания промышленного технологического оборудования, Prodways инвестирует в 3D-индустрию и перспективные стартапы, проектирует трехмерные детали по заказу и занимается НИОКР, производством материалов, ведь важно, в первую очередь, иметь качественные материалы, которые можно использовать в агрессивных средах и жестких условиях эксплуатации. Но все же самым интересным в выступлении Барта Леферинка было описание инновационной технологии послойного синтеза MOVINGlight®:

«MOVINGlight® использует в качестве материала фоточувствительные смолы и полимеры, которые изменяют свою структуру под воздействием интенсивного ультрафиолетового излучения. Луч с длиной волны 365 нм

продуцируется мощным УФ-светодиодом и направляется на DLP-проектор, состоящий из 2 млн микрозеркал и в каждый момент времени формирующий растровое изображение участка будущего изделия. Преломляющее зеркало направляет лучи-пиксели на платформу построения, и слой материала – жидкого акрилата, гибридной смолы или керамической массы – полимеризуется под воздействием ультрафиолета. Покрытие всей рабочей зоны принтера осуществляется за счет перемещения матрицы пикселей, для чего источник УФ-излучения и DLP-проектор перемещаются по двум осям, а преломляющее зеркало – вдоль ширины рабочей зоны. Точность выдерживания геометрии изделий, получаемых на установках MOVINGlight®, составляет 32 мкм, причем она неизменна для изделий любых габаритов, доступных для изготовления на данном принтере. MOVINGlight® функционирует под управлением специального программного обеспечения, разработанного Prodways. Данная технология в десятки раз быстрее и эффективнее, чем классическое лазерное спекание».

Барт Леферинк отметил, что MOVINGlight® подходит для создания производственных прототипов, инновационная технология может успешно использоваться в стоматологии, ювелирной промышленности, медицине, электронике. Но больше всего Леферинк говорил о применении MOVINGlight® в литейном производстве.

Другие сферы применения установки более подроб-



но описала Татьяна Толошняк. Ее выступление вызвало настоящий шквал активности участников симпозиума. По окончании презентации сидящие в конференц-зале буквально засыпали Татьяну градом технических вопросов; «атаки» на специалиста продолжились и позже, в кулуарах. Столь большой интерес легко объясним: предлагается оригинальный и многообещающий метод изготовления керамических изделий, а керамика обладает целым рядом качеств, важных для различных областей применения:

«Керамические материалы выдерживают высокие температуры: оксид алюминия до 1700°C, оксид циркония – до 1500°C. Что касается сферы применения, то керамика активно используется в производстве деталей для двигателей. Если сравнивать с классическим литьем, при 3D-печати вы экономите до половины материала и время. Для применения в электронике подходит окись алюминия ( $Al_2O_3$ ). Этот керамический материал обладает высокой термостойкостью, низкой теплопроводностью, великолепными диэлектрическими свойствами, высоким сопротивлением к истиранию, химической инертностью. Окись алюминия может использоваться для печати жаропрочных электрических изоляторов, кронштейнов поддержки нагреваемых элементов, изоляционных колец, керамических сердечников, СВЧ-фильтров», – так Татьяна пояснила преимущества керамических материалов для некоторых промышленных приложений, где применение 3D-печати из них может дать большой технический и экономический эффект.

Игорь Волков из ООО «НИИИТ» – одного из подразделений Группы компаний Остек – оценил перспективы применения аддитивных технологий в производстве микроэлектроники, выступив с докладом на тему «Быть или не быть напечатанной трехмерной электронике». Работа коллектива, которым руководит Волков, направлена на поиск подходов к технологии, которая пока что не реализована, но должна появиться в ближайшем будущем, в течение пяти-десяти лет. Вот как он описывает свое видение состояния и перспектив вхождения аддитивных технологий в индустрию производства электронных устройств:

«3D-печать готовых электронных изделий изменит привычный ход вещей, изменит мир. Сегодня возможность добавления электронной функциональности на трехмерную поверхность ассоциируется прежде всего с технологией 3D-MID, реализуемой в широко распространенном варианте LDS (прямое лазерное структурирование), а также в варианте IJP (печать электропроводящими чернилами), применяемом пока по большей части для прототипирования и малых серий. Однако это не совсем трехмерная технология, скорее ее следует называть 2,5D-технологией, поскольку она не использует внутреннее пространство изделия. Как бы то ни было, устройства, изготовленные с ее помощью, активно применяются в автоэлектронике, светотехнике, при

производстве антенн различных мобильных устройств и в ряде других областей.

Для получения же действительно трехмерных электронных модулей сегодня существуют два способа. Первый из них – интеграция компонентов в процессе печати трехмерного основания по известным технологиям – FDM, SLS, SLM и т. д.; те наработки, которые сегодня можно найти на рынке, осуществляются именно по этому направлению. Но будущее, видимо, принадлежит второму способу – прямой 3D-печати компонентов, когда в одном производственном цикле печатается не только основание, но и встроенные в него компоненты. На данный момент это, фактически, экспериментальная технология: идет отработка процессов, используется лишь очень ограниченный перечень материалов. Наши зарубежные партнеры уже прошли некоторый путь в этом направлении, получив работающие устройства, но и у нас в институте есть наработки, есть программа действий, позволяющая надеяться на достижение значимых результатов. Так что наш ответ: трехмерной электронике – быть!»

Стоит отметить, что НИИИТ – один из активных участников российского рынка высоких технологий. Институт проводит собственные поисковые и опытные работы, ориентированные на технологическое лидерство, участвует в совместных исследовательских проектах, сотрудничает с российскими и международными R&D-структурами, осуществляет трансфер самых современных технологий, внедряет технологическую поддержку инноваций в реальном производстве.

Транснациональная компания Renishaw в лице руководителя аддитивного направления Александра Куранова продемонстрировала свои принтеры трехмерной печати металлических изделий. По словам спикера, машины Renishaw для селективного лазерного плавления обладают широким техническими возможностями:

«В наших системах реализовано множество технических решений, способствующих их высокой эффективности. Это прежде всего оптическая система с лазером мощностью 500 Вт, двойная фильтрующая система Dual SafeChange, рециркуляция порошка, ультразвуковое сито, камеры построения размерами до 250 × 250 × 350 мм, интеллектуальная система дозирования и пневматическая подача порошка. Аддитивная технология, реализованная в машинах Renishaw, предоставляет уникальные возможности при производстве изделий из реактивных материалов. До начала процесса создается вакуум – из всей системы удаляются воздух и влага, затем камера заполняется 600 л аргона высокой чистоты. Вакуумирование и продувка камеры обеспечивают идеальную атмосферу и уменьшают пористость материала по сравнению с безвакуумными установками. Принтеры Renishaw работают с разными видами металлических порошков, такими как кобальт хром, кобальт хром DG1 и различные виды титановых материалов, нержавеющей сталь 316L, инконель 625, инконель 718, алюминий AlSi10Mg».

Менеджер по продажам еще одной крупной мировой компании – Voxeljet – Максимилиан Фишер предложил использовать формы для отливки металла, произведенные на 3D-принтерах. Они позволяют уменьшить время при производстве форм и готовых изделий от пяти недель до пяти дней, что в конечном итоге приводит к значительному снижению производственных издержек. Компания Voxeljet является одним из партнеров Остека и предлагает российскому высокотехнологичному рынку принтеры с широким спектром размеров рабочих зон: от 300 × 200 × 150 до 4 000 × 2 000 × 1 000 мм. Для работы на машинах трехмерной печати производства Voxeljet можно использовать разнообразные материалы: оксид кремния, керфалит, фуран, фенольную смолу, PDB, ПММА (акриловое стекло).

Тему литья продолжила Александра Башкирова, главный специалист ООО «НИИИТ». Она презентовала услуги Производственного центра 3D-печати «НИИИТ», на мощностях которого, в числе прочего, можно печатать оснастку для высокоточного мелкосерийного литья из черных и цветных металлов:

«Мы предлагаем заказчикам услуги по производству изделий из высококачественного ПММА на 3D-принтере Voxeljet VX500. ПММА – прекрасный материал для изготовления форм и вкладышей, применяемых в процессе прецизионного литья. Но этим, конечно, наши возможности не ограничиваются. Например, технология печати из ПММА идеально подходит для визуализации и макетирования. Модели, напечатанные на принтере Voxeljet, хорошо поддаются покраске, возможна печать функциональных прототипов, причем размеры рабочей камеры принтера позволяют изготавливать объекты большого размера».

Закономерным заключением стал доклад ведущего специалиста Центра технологий контроля компании ООО «Остек-СМТ» Павла Косушкина, который представил технологию для эффективной и точной проверки продукции аддитивного производства. Аппаратная база этой технологии – компьютерный томограф, анализирующий готовое изделие с помощью объемного рентгеновского снимка. Технология позволяет увидеть все мельчайшие поры, включения, трещины внутри конструкции, не требуя даже минимального нарушения ее целостности, а также с высокой точностью установить структуру металлических порошков.

Представленные на Асолд 2016 проекты действительно впечатляют. Если первоначально 3D-печать воспринималась как альтернатива механической обработке, литью, то теперь эта прорывная, но в то же время основанная на довольно простых принципах технология все больше проявляет свой потенциал как одно из наиболее перспективных направлений развития конструкций и потребительских качеств самых разнообразных машин и устройств. Сегодня аддитивные технологии использу-

ются ведущими мировыми концернами, например, BMW, как для изготовления разного рода элементов механических конструкций, так и в производстве электронных приборов: датчиков, выключателей, антенн.

Безусловно, есть некоторые трудности, связанные с относительной новизной применения аддитивных технологий в ряде направлений; тем не менее, внедрение 3D-печати – это колоссальные перспективы. Аддитивные производства развиваются очень быстро, со временем они изменят мир и сделают привычные нам вещи компактнее, функциональнее, дешевле.

Одним словом, будущее создается.

Аддитивные технологии уже используются во многих производствах, относящихся к самым разным отраслям промышленности, и мы еще далеки от понимания того, насколько широко они распространятся в будущем, дополняя и замещая другие способы создания материальных объектов. В коротких беседах с участниками симпозиума мы интересовались преимущественно их применением в одной отрасли – в производстве электронной техники.

Говоря с докладчиками, мы задавали вопрос: что вы уже делаете или собираетесь делать для электроники, а также старались уточнить отдельные тонкости представленных технологий, определяющие их применимость в производстве электронных компонентов и устройств. У гостей интересовались, что привело их на симпозиум, что они нашли здесь полезного для себя и как оценивают проведенное мероприятие. Интересно было проследить, как некоторые ответы, высказанные очень разными словами, по сути говорили об одном и том же.

Представляем вашему вниманию несколько интервью с участниками симпозиума Асолд 2016.



**Игорь Волков, директор направления производства трехмерных схем на пластиках ООО «НИИИТ»**

**Игорь, заинтересовал график экспансии аддитивных технологий, который вы показали в своем докладе. Как можно объяснить две зоны очевидного роста, при том, что в другие периоды их популярность практически не увеличивалась?**

Примерно к 1990 году в области трехмерной печати закончился период экспериментирования и конструкторских поисков – того, что по-английски называется этапом Research&Development. Появилась возможность монетизации накопленных технических решений, на рынок вышли первые 3D-принтеры, стоившие разумных денег. Это были настольные установки и им подобные – небольшие, с ограниченным функционалом, но уже практически применимые. И их стали приобретать

те, кто осознал возможность их использования, в первую очередь для прототипирования – архитектурные бюро, различного рода лаборатории и дизайнерские отделы и т. п. Этим обусловлен рост предложения от 0,5 до 100 тыс. установок в год, наблюдавшийся в последнее десятилетие прошедшего века.

Далее наступил период более или менее установившегося рынка. В это время отрабатывались новые идеи, которые должны были принципиально расширить функциональность техники для 3D-печати и вывести ее в новые области применения. И примерно с 2010 года разработчики стали предлагать модели для промышленного использования, позволяющие производить конечные изделия и дающие те или иные преимущества по сравнению с традиционными технологиями. Начался второй этап расширения рынка машин, реализующих аддитивные технологии, и достаточно достоверные прогнозы обещают рост их производства и потребления до 500 тыс. единиц в год к концу текущего десятилетия.

**Судя по первым словам вашего доклада, да и по самому названию организации, тематический «кругозор» вашего института достаточно широк. Почему сегодня НИИИТ сосредоточился именно на аддитивных технологиях?**

Мы начинали с анализа всех или, по крайней мере, многих технологических новаций в электронном производстве. Решили, что надежная перспектива есть у двух из них: у печатной электроники и 3D-MID – группы методов изготовления трехмерных литых пластиковых оснований с системой межсоединений. Последнее показалось нам особенно обещающим в плане рыночных перспектив, и мы приняли его для серьезного изучения.

Любая разработка требует создания прототипа. Как его получить? Делать пресс-форму, чтобы изготовить одно или несколько изделий, и так на каждой стадии доведения опытного образца? Невыгодно, нецелесообразно. Выточить? Тоже дорого, долго. Напечатать?

Напечатать – понравилось: образец можно получить достаточно быстро и достаточно дешево. Стали разбираться, увидели, что напечатать можно разными способами. И так получилось, что, задумавшись над этапом прототипирования для технологии 3D-MID, мы погрузились в тему аддитивных технологий, которая оказалась не менее, а скорее более востребованной, чем собственно 3D-MID. И мы начали ее развивать.

**И что же сегодня может сделать НИИИТ на своих мощностях?**

Технология 3D-MID реализуется в нескольких различных вариантах. Вариант LDS – прямого лазерного структурирования – включает этап химического осаждения меди. Это «мокрый» гальванический процесс, для которого нужно специальное помещение, мощная система водоподготовки и очистки стоков и т. п. Затраты тако-

го уровня оправданы при серийном производстве, но НИИИТ – исследовательское учреждение, и для нас они избыточны – по крайней мере, на данном этапе. Мы выбрали другой вариант, IJP – печать проводящими чернилами: на 3D-принтере изготавливается основание, на которое струйным принтером наносится топологический рисунок. По этой технологии мы уже производим не только образцы для собственных нужд, но и разного рода изделия для сторонних заказчиков.

**А то устройство, которое вы показывали в своей презентации, оно же выполнено по другой технологии, не IJP?**

Это устройство – контроллер для игрушечного квадрокоптера. Да, он изготовлен по технологии прямой печати, которая представляет для нас особый интерес. Судите сами. Самая массовая 3D-MID-технология – LDS – подразумевает, что сначала изготавливается пластиковое основание, затем на его поверхности, там, где должна быть металлизация, при помощи лазера из металлоорганического комплекса высвобождаются частички меди, потом на эти частички химически осаждается уже работоспособный проводящий слой и, наконец, производится монтаж компонентов. Четыре технологических этапа, а прямая печать позволяет создать изделие за один цикл.

Конечно, мы пока не можем печатать активные элементы схемы. В показанном контроллере мы напечатали серебряными чернилами проводящую структуру внутри корпуса устройства. В установке, на которой он сделан, две «головы»: одна печатает конструкционный материал, а вторая – это диспенсер для проводящих чернил. Первая «голова» создает требуемое число слоев конструкционного материала, диспенсер наносит на них проводящие дорожки, и заготовка передается опять первой «голове», которая завершает формирование корпуса.

Таким образом, часть элементов, обеспечивающих функционирование устройства – в данном случае система межсоединений, – находится внутри корпуса, и это уже настоящая 3D-технология. Это серьезный шаг – как сам по себе, так и потому, что ранее этого никто не делал.

Продолжая наши опыты в этой области, мы собираемся как минимум научиться печатать пассивные компоненты. В частности, мы обсуждали с нашими партнерами, компанией Mass Portal, возможность доработки их принтера под новые задачи, новые материалы. Первоочередная наша задача – разработать материал для изготовления проводников, обладающий нужными характеристиками, как с точки зрения эксплуатации в изделии, так и в плане применимости в рамках технологии прямой печати.

**То есть вы не собираетесь пользоваться материалами, имеющимися на рынке? Ведь есть же множество видов проводящих чернил, паяльных паст...**

Пасты, чернила – всё это создано под определенные технологические процессы, оптимизировано под них. Нам нужен материал, которым можно именно печатать, а не выдавливать диспенсером.

Надо сказать, что проблема материалов критична и для НИИИТа, и для Остека, и вообще для всей отечественной промышленности. Для всех технологий, в том числе и для 3D-печати, стоит вопрос создания собственных материалов. Ведь политику санкций пока никто отменять не собирается, и в любой момент нам могут сказать – стоп!

По «железу» дело идет – 3D-принтеры разрабатываются в Томске, в Санкт-Петербурге, в Зеленограде. А с материалами пока проблема, об этом говорят и их разработчики, и государственные организации, занимающиеся сертификацией. Нужны материалы для авиакосмоса, для медицины, электроники и т. д., а для этого необходимы соответствующие требования, стандарты, технические условия.

Если говорить о материалах для 3D-печати, то для них в стране есть хороший базис; например, в случае металлической печати это материаловедческие наработки для литейного производства. Поэтому мы считаем, что создание уникальных, с хорошими характеристиками материалов для 3D-печати – решаемая задача. С другой стороны, наши коллеги и партнеры, в частности, из Mass Portal, говорят, что их принтеры – открытой конфигурации, то есть допускают применение материалов пользователя. Таким образом, создаются все необходимые условия для этой работы.

**Вы чувствуете интерес заказчиков к этому направлению вашей деятельности?**

Конечно! Даже сейчас, на симпозиуме, подходят люди, специалисты из разных отраслей. Им нужны материалы с определенными свойствами, причем такими, за которыми угадывается область применения, находящаяся под санкциями, так что купить необходимое на внешнем рынке, скорее всего, не получится. И они спрашивают нас о возможности сотрудничества по их проблемам.

Мы, конечно, соглашаемся, мы рады таким предложениям. Когда у одних есть потребность, а другие хотят ее удовлетворить и представляют себе путь, который может привести к результату, появляются все шансы для того, чтобы задача была решена. А для нас это – еще один аргумент, подтверждающий, что мы находимся на правильном пути.



**Татьяна Толошник, специалист по применению, компания Prodways**

**Меня, в первую очередь, интересуют работы вашей компании для электронной отрасли. Скажите, Татьяна, часто ли к вам обращаются с практическими проблемами специалисты этой отрасли?**

Все те радиодетали, которые я сегодня показала, – керамические резонаторы, волноводы, фильтры полосно-пропускающие и полосно-заграждающие, в том числе фильтры Чебышева, – все эти элементы являются результатом выполнения конкретных заказов. Так что – да, электронщики проявляют к нам большой интерес. Даже сегодня после моего доклада ко мне подходили с вопросами в основном по тематике такого рода изделий.

**Преимущества керамики как материала понятны, и вы описали их в докладе, так же, как и преимущества изготовления изделий при помощи аддитивных технологий. А можно ли назвать преимущества, которые предлагает именно технология, развиваемая компанией Prodways, перед аддитивными технологиями других видов?**

В нашей технологии MOVINGlight® исходная смесь, состоящая из керамического порошка и связующего полимера, полимеризуется при помощи матрицы микрзеркал, каждое из которых направляет на материал ультрафиолетовый луч с длиной волны 365 нм. Это дает точность выдерживания контура 32 мкм – очень высокое значения для аддитивных технологий. Еще лучше у нас разрешающая способность по высоте: толщина слоя, получаемого за один проход матрицы, составляет всего 20 мкм. Для сравнения: широко применяемая при работе с порошками технология – селективное лазерное спекание – позволяет получать слои толщиной не менее 75 мкм.

**Такие точности – как они совмещаются с усадкой, которая, как вы сказали в докладе, составляет от 18 до 25 %?**

Здесь все просто. Мы знаем свойства материалов, которыми пользуемся, а когда не знаем – изучаем их. И в процессе формирования исполнительной программы для принтера мы производим перерасчет размеров изделия на величину усадки. Точность этого перерасчета такова, что разница в размерах изделий в двух партиях не превышает 0,05 % от расчетного значения. Таким образом, погрешность, вносимая усадкой, не выходит за пределы технической точности процесса спекания даже на изделиях большого размера.

**Вы сказали, что работаете с изделиями из металла, конкретно – из титана. Почему именно из титана?**

Сейчас мы только начинаем работать с металлическими порошками, пока напечатали один образец. Титан был выбран потому, что изделия из него пользуются спросом у специалистов в области медицины – здесь у нас уже есть постоянные заказчики по керамической продукции. Мы оцениваем возможные применения этого процесса на основе технических ограничений: пористость, плотность, механические свойства и т. д. Поэтому сейчас для этого направления нашей деятельности стоит задача – определиться с металлом для следующего этапа исследований. Нужно, чтобы он был перспективен с точки зрения будущих заказов и одновременно соответствовал особенностям нашей технологии.

Вообще, на данном этапе Prodways ведет обширные исследования по печати изделий самых разнообразных форм из различных смесей порошков. Самое главное – подобрать температурный профиль как для цикла удаления связующего, так и для цикла окончательного спекания материала. Неправильно подобранный профиль приводит к возникновению поверхностных напряжений, отчего может возникнуть растрескивание изделия. Поэтому, если заказчик намерен приобрести нашу машину и программу обучения, мы проводим множество итераций настройки процесса, печатая прототип до тех пор, пока не достигнем наилучшего результата.

Это наш принцип: мы предпочитаем строить с заказчиками доверительные, партнерские отношения: мы посвящаем их в тонкости нашей технологии, проводим исследования тех характеристик продукта, которые их интересуют; они делятся с нами секретами своих материалов, проводят тестирование наших изделий. Таким образом обе стороны процесса извлекают из сотрудничества наибольшую пользу.



**Александра Башкирова, главный специалист ООО «НИИИТ»**

**Александра, интересно понять, почему выбор пал именно на принтер этой модели – VX500?**

Во-первых, принтер Voxeljet VX500 позволяет печатать из материала ПММА – полиметилметакрилата (орг-стекло), изделия из которого используются как для задач литейных цехов, так и для макетирования и визуализации. ПММА обладает очень низкой зольностью, благодаря чему модели из него отлично подходят для производства металлических отливок методом ЛВМ (литье по выплавляемым моделям). Вторым важным преимуществом VX500 является цена печати: сегодня на рынке нет предложений по 3D-печати из пластика с более низкой стоимостью. Третье преимущество – высокая производительность принтера. Помимо того, что он мо-

жет печатать со скоростью 15 мм в час, он также обладает большой камерой – 500 × 400 × 300 мм, что позволяет печатать довольно габаритные изделия за один раз, без сборки. Наконец, VX500 отличается высокой точностью, которая не превышает 0,3 % от габарита изделия.

**Ваше подразделение занимается контрактным производством. Приходилось ли вам выполнять заказы, так или иначе связанные с производством электронных устройств? Корпусные детали, оснастка, что-то еще?**

Да, конечно. Нам заказывают корпусные изделия из металла, обычно используемые в устройствах ответственного значения. Это детали сложной формы, в которые потом устанавливаются платы с электронными компонентами, соединители и т. п.

**Вы делаете для них литейные формы из ПММА?**

Мы оказываем услуги не только по печати, но и по литью из различных металлов. Если у заказчика есть возможность лить по выплавляемым моделям самостоятельно, то мы можем просто напечатать формы из ПММА. Если такой возможности нет, мы готовы поставить уже законченный продукт. Специализируемся мы в основном на изготовлении мелких (от 1 шт.) партий изделий со сложной геометрией.

**Можно ли оценить, какова доля продукции такого рода в общем объеме выполняемых вами заказов?**

Если просуммировать все работы, так или иначе связанные с заказами от производителей электронных устройств, то их доля составит порядка 30 %. Полагаю, что по мере развития других направлений работы института, в частности, продвижения в освоении технологии 3D-MID, количество и разнообразие задач по изготовлению конструктивных элементов электронных устройств в нашей загрузке может значительно увеличиться.



**Павел Косушкин, ведущий специалист Центра технологий контроля ООО «Остек-СМТ»**

**Павел, вы рассказали о методе контроля, который позволяет узнать буквально всё о форме и внутреннем строении предмета сколь угодно сложной формы. Но применим ли этот метод, если речь идет, например, об основании электронного устройства, выполненного по технологии 3D-MID? Ведь такое изделие состоит из разных материалов. Отличит ли система компьютерной томографии медь проводящего рисунка от пластмассы основания?**

Конечно. Различение происходит по плотности материала, а плотности пластика и меди отличаются в несколь-

ко раз. На рентгеновском снимке плотность отображается в градациях серого: более плотные материалы будут темными, менее плотные – светлее. Мы увидим медные элементы как на поверхности, так и внутри объема пластмассы, что может иметь место, например, в случае изделия, изготовленного по методу прямой печати, о котором рассказывал Игорь Волков. Мы увидим все подробности их расположения в трехмерном пространстве, а это уже возможность, которой не располагает поверхностный рентгеновский контроль, который обычно применяется в сборочных электронных производствах.

**Предположим, необходимо провести контроль детали, изготовленной по технологии 3D-MID, с габаритными размерами порядка 100 мм. Проверить нужно как однородность материала в объеме детали, так и качество металлизации. Допустим, параметры ее таковы: дорожки шириной 100 мкм, допуск по их ширине 10 мкм, по толщине – 3 мкм. Сколько времени займут замеры?**

Названные вами условия – это высокая степень детализации. Должно быть сделано очень большое количество рентгеновских снимков, объект придется поворачивать внутри контрольной установки очень медленно. При таких условиях сканирование займет час-полтора.

Такое значительное время, безусловно, не жалко потратить, когда идет отработка технологии, когда подбираются режимы установок производственной линии для выпуска нового изделия. Применив здесь компьютерную томографию, специалисты получают данные такого объема и качества, какого не даст, пожалуй, никакой другой метод контроля. А вот для рутинного технического контроля каждого изделия при серийном выпуске томография вряд ли подходит, кроме разве что тех случаев, когда она прямо записана в технологическом маршруте – например, если серийность изделия невелика, а стоимость и требования к надежности особо высоки.

**Продолжим наш пример. Мы смонтировали устройство – установили на него компоненты – и хотим проверить качество пайки. Поможет ли здесь компьютерная томография?**

Ситуация такая же, как и в предыдущем случае: как один из процессов серийного изготовления она вряд ли окажется эффективной; помимо всего прочего, здесь еще надо оценить влияние рентгеновского излучения на работоспособность установленных микросхем, ведь за сравнительно большое время сканирования накопленная доза может оказаться значительной. А на этапе отладки режимов пайки томография может быть очень полезной. Сегодня применяется много хороших технологий контроля, которые дают качественную информацию о форме паяного соединения в трех измерениях, но ни одна из них не покажет вам, «что там внутри». А внутри много чего может быть, особенно если вы экспериментируете с новыми материалами: проводящими чер-

нилами, паяльными пастами и т. п. И тут информация, предоставленная томографической установкой, может оказаться просто незаменимой.

Говоря о применении компьютерной томографии в производстве электронных устройств, надо указать еще одну область, где она также может быть полезна, – это поиск неисправности в том случае, когда факт ее наличия уже установлен в ходе какой-то из традиционных проверок. Так, нам случалось томографировать устройства на обычных многослойных печатных платах – тогда заказчика интересовало состояние металлизации переходных отверстий. Вот, кстати, пример того, что наш метод может применяться не только для контроля продуктов аддитивных технологий, но и в более традиционных производствах – в данном случае для проверки качества гальванического процесса.

Если же вернуться к электронике, произведенной с помощью технологий 3D-печати, то не надо забывать, что многие из этих технологий базируются на использовании металлопорошковых композиций. А наш метод, как было рассказано в докладе, обладает высокой эффективностью при анализе качества порошков. В целом, можно утверждать, что неразрушающий контроль средствами компьютерной томографии может найти применение в большом количестве различных процессов при производстве изделий электронной техники.



**Антон Большаков, директор по маркетингу Группы компаний Остек**

**Антон, в процессе подготовки к симпозиуму вы провели очень интересное маркетинговое исследование, результаты которого представили в своем сообщении. Было**

**ли что-то в этих результатах, что вас удивило? Например, тот факт, что наибольшее число тех, кто заинтересовался темой и приехал сюда – 43 % от всех участников – представители радиоэлектронной промышленности?**

Да, это было до некоторой степени неожиданно. Вы могли обратить внимание, что в докладах симпозиума по большей части говорилось о других областях применения – от литейного производства до ювелирии. А ведь докладчики – это представители компаний, практически занимающихся аддитивными технологиями, многие их проекты связаны с реальным рыночным спросом. Поэтому вполне можно было ожидать, что это будет, скажем, симпозиум машиностроителей или симпозиум медиков.

**Следует ли из этого, что в нашей стране аддитивными технологиями больше всех интересуются именно разработчики и производители радиоэлектроники?**

Вот тут я бы не стал делать категорических выводов. Да, мы давали информацию о предстоящем мероприятии по разным каналам, но одним из основных был канал коммуникации с нашими клиентами; а сфера деятельности Группы компаний Остек на данный момент, как известно, относится преимущественно к этой отрасли промышленности.

Но ведь люди же могли попросту не откликнуться на приглашение, не приехать, счесть, что эта тема далека от них. И столь высокий интерес радиоэлектронщиков к аддитивным технологиям заставляет задуматься: что они хотели бы узнать здесь? Какие свои проблемы решить, что получить?

### **У вас до сих пор нет ответа на этот вопрос?**

Нельзя сказать, что ответа совсем нет. Судя по результатам нашего предварительного опроса, наибольшее внимание привлекает возможность быстрого прототипирования – одна из самых очевидных задач для аддитивных технологий, с которой, собственно, и началось их продвижение в мир. С другой стороны, в реакции зала на доклады, в диалогах гостей со спикерами во время перерывов совершенно отчетливо прозвучал интерес к этим технологиям как к средству производства конечного продукта.

Может быть, это эффект симпозиума? У меня сложилось впечатление, что многие приехали, не имея конкретной проблемы, решение которой они рассчитывали найти здесь. Приехали, чтобы углубить свои представления об аддитивных технологиях и подумать, чем они вообще могут помочь в их деятельности. И такие мысли стали возникать прямо в ходе симпозиума и породили конкретные вопросы по тонкостям работы оборудования, по характеристикам материалов, по возможностям организовать какие-то совместные работы...

Если так, то это значит, что наше мероприятие принесло немедленную практическую пользу. Я рад этому; собственно, для этого мы его и организовывали. Как бы то ни было, вопрос о том, что именно хотят найти производители, в частности, из радиоэлектронной промышленности, в аддитивных технологиях – этот вопрос заслуживает дальнейшего исследования. Что ж, дирекция по маркетингу непременно будет этим заниматься.

### **Антон, вы – директор по маркетингу, то есть, в определенном смысле, стратег. Скажите, есть ли, по-вашему, какое-то свойство, какая-то грань у аддитивных технологий, которая недостаточно осознана теми, кто их применяет или планирует применять?**

В моем докладе была такая тема – возможные сценарии развития аддитивных технологий. И там в качестве одного из фундаментальных условий этого развития фигурирует формирование нового образа мышления, соответствующего новым возможностям технологии. В частности, управленческого мышления. Для него я

пытался показать потенциал аддитивных технологий, делающий возможным, а лучше сказать – насущно необходимым переход к новой, набирающей популярность модели управления проектами – методологии гибкого управления. Ее цель – максимально быстро вывести на рынок гарантированно востребованный продукт, наиболее точно соответствующий ожиданиям целевого клиента. Суть методологии, говоря коротко, – смена линейного планирования на оперативно-итерационное.

Прописанный заранее план создания продукта по самой своей природе ограничивает возможность быстрой реакции на появляющиеся инновации, с одной стороны, а с другой – на изменения рынка: смещение акцента покупательских требований, выход конкурирующих образцов и т. п. Гибкое управление проектом предусматривает движение небольшими, быстрыми итерациями, результат каждой из которых проверяется тем или иным способом тестирования. Первоначально это могут быть обсуждения среди собственных специалистов, далее – экспертные фокус-группы, исследования с использованием качественных и количественных методов; на зрелых стадиях разработки очередные версии продукта могут демонстрироваться клиенту.

Такое построение процесса позволяет уже на ранних его стадиях выявлять недостающие функции изделия, и наоборот – предупреждать расходование ресурсов на то, что, как выясняется, не встречает потребительского энтузиазма. Но ведь аддитивные технологии как будто именно для этого и созданы! Можно быстро сделать прототип, соответствующий некоторой стадии разработки, и показать его экспертам, клиентам – пусть возьмут в руки, покрутят, понажимают кнопки... Это совсем не то, что показывать чертежи и таблицы или даже красиво раскрашенные 3D-картинки на экране компьютера.

### **По-вашему, этот потенциал остается непонятым?**

Скорее, недопонятым. В нашем опросном листе был вопрос: какие преимущества аддитивных технологий для вас важны? На первое место специалисты-производственники ожидаемо поставили возможность создания изделий любой геометрической формы. Но что оказалось на втором, третьем, четвертом местах? Сокращение времени на разработку; гибкость производственного процесса; сокращение продолжительности производственного цикла.

Именно те свойства, которые делают технологию идеальным «производственным базисом» гибкого управления проектами!

Это означает, что люди уже видят и приветствуют мобильность и гибкость аддитивных технологий как качества, позволяющие усовершенствовать процесс производства. Но делают ли они следующий шаг? Есть ли понимание того, что это – ключ к совершенствованию не только производства, но и всего бизнеса в целом? Я пытался донести до слушателей эту мысль, даже сделал

специальный слайд в презентации. Не знаю, насколько это у меня получилось...

**Вы считаете это важным?**

Для меня этот слайд, эта тема были одной из самых главных позиций в докладе. Умение спроектировать и изготовить первоклассный продукт – одного этого сегодня недостаточно. В условиях перенасыщенного рынка надо построить бизнес так, чтобы суметь опередить конкурентов, чтобы точнее, чем они, «попасть» в максимум потребительского спроса. Один из современных инструментов для этого – метод гибкого управления проектами и непрерывного изучения потребителей. И аддитивные технологии во многих случаях становятся той «физической основой», без которой невозможна или крайне затруднена его реализация в практической деятельности компании.

Исследования, подобные тому, которое мы представили на симпозиуме, позволяют лучше понимать среду, в которой развивается новая технология, обоснованно выбирать направления дальнейших усилий, строить и своевременно корректировать стратегию научно-технического развития предприятий. Мы будем продолжать пристально следить за развитием аддитивных технологий, за динамикой отношения к ним российских производителей и предоставлять аналитическую информацию заинтересованным партнерам. И мы благодарны тем, кто помогает нам в этой работе.



**Татьяна Смирнова, руководитель производственного отдела новых технологий АО «НИИ ВЕКТОР»**

**Что привлекло ваше внимание к аддитивным технологиям?**

Мы ведем разработки в области создания средств, комплексов и систем мониторинга электромагнитных излучений в широком диапазоне частот. Поскольку антенны – наиболее значимый компонент систем приемопередачи, к ним предъявляются наиболее жесткие требования по уровню потерь и усилению. Такие задачи требуют от базового материала конструкции антенны прежде всего стабильных значений диэлектрической проницаемости, наименьших значений уровня потерь, обеспечения возможности соответствующей обработки поверхности. Это означает, что надо искать новые материалы и новые технологии, и в начале 2015 года руководство поставило перед нами такую задачу – тем более, что Федеральная целевая программа, участником которой стало предприятие, предполагает проведение технического перевооружения производства.

Определиться с вектором будущего развития помогло общение с коллегами других предприятий, посещение выставок и конференций соответствующей тематики. Мы работали с несколькими компаниями –

производителями и поставщиками оборудования, изучили и отвергли три метода 3D-печати. Наконец, вошли в контакт с компанией Prodways, получили от них образцы четырех материалов. Интересно, что характеристики, которые важны для нас, в технических описаниях, как правило, отсутствуют – компания ориентирована на медицинские приложения, для которых диэлектрические свойства не имеют значения.

Мы провели необходимые измерения, и новые конструктивные решения с учетом полученных параметров композиционных материалов дали более чем обнадеживающие результаты. Поэтому мы выбрали технологию цифровой светодиодной проекции, которую предлагает Prodways – метод, основанный на использовании фотополимерных смол, затвердевающих при облучении ультрафиолетовым светом. К настоящему времени мы изготовили и протестировали первые 3D-прототипы изделий.

**Как вам понравился симпозиум? Нашли что-то полезное для себя?**

Мы получили ответы от представителей фирмы Prodways по теме устойчивости фотополимеров к внешним воздействующим факторам. Представители компании пригласили посетить ее производство и продолжить сотрудничество в области разработки материалов с заданными параметрами. Кроме того, для нас оказалась актуальна информация представителей фирмы по технологии получения литья по выплавляемым моделям и технологии изготовления литевых форм из пластика.

А еще было общение с другими гостями симпозиума, и там тоже было много полезного. Например, познакомились с представителями московской компании ООО «РЭК». Недаром говорят: если нужен ответ, надо правильно задать вопрос. Компания занимается производством собственных, российских материалов – не надо объяснять, насколько это важно в сегодняшней реальности. Они разрабатывают материалы для 3D-печати, тестируют их, и имеют государственный сертификат на проведение таких работ. Мы очень рассчитываем на плодотворное сотрудничество с «РЭК».

**Может быть, есть какие-то пожелания к организаторам на будущее?**

Хотелось бы, чтобы в раздаточных материалах был перечень участников мероприятия с краткой информацией о том, чем они занимаются и каких достигли результатов. Мы бы с удовольствием предоставили такую информацию о себе. Безусловно, исключительно полезно пообщаться с Остеком, со специалистами компаний – его партнеров, выступившими на симпозиуме. Но не менее, а порой и более интересно поговорить с производителями радиоэлектронной продукции – с теми, кто решает те же проблемы, что и мы. Такой обмен опытом просто бесценен, и их много здесь, в зале Асолда. Но без хотя бы минимальной информации обо всех участниках выйти на такой контакт можно разве что случайно...



**Леонид Горский, заместитель  
руководителя Центра прототипи-  
рования Корпорации развития  
Зеленограда**

**Леонид, почему вас интересуют  
аддитивные технологии?**

Я представляю Корпорацию развития Зеленограда, которая в 2015 году по программе Минэкономразвития начала реализовывать инфраструктурный проект – Центр прототипирования.

Корпорация – это компания-координатор Инновационного территориального кластера «Зеленоград», в который входят 170 компаний разной величины. Основная специфика их деятельности – микроэлектроника и смежные области: приборостроение, авиация, медицина, космос. Задача Центра прототипирования – оказывать предприятиям услуги по прототипированию изделий с использованием аддитивных технологий. У нас есть три единицы высокоточного оборудования: для печати металлических изделий из порошков металлов, для печати из фотополимеров и для печати из термопластичных материалов.

**А что привело вас на Асолд?**

Прежде всего, его организатор – Группа компаний Остек, с которой мы начали активно сотрудничать в мае этого года. Задача сотрудничества – максимально разобратся в возможностях применения различных видов аддитивной технологии, в рыночных предложениях, вероятно, приобретение оборудования, наиболее подходящего для удовлетворения потребностей компаний, входящих, в первую очередь, в кластер Зеленограда.

**Тогда следующий вопрос: почему вы выбрали в  
партнеры именно Остек?**

Преимущество Остека как партнера состоит в том, что они не просто продавцы: компания предоставляет инженерные и консультационные услуги, может предложить и создать целый комплекс производства с использованием аддитивных технологий, адаптированный к конкретным задачам заказчика.

Например, сейчас мы прорабатываем возможность развертывания в нашем Центре новой для России тех-

нологии – печати сложных керамических изделий. Причем нам нужна не просто керамика, мы хотим выйти на изготовление металлокерамических изделий, характерных для микроэлектронной отрасли: корпусов, подложек, СВЧ-фильтров и т. п. Нам нужен законченный технологический процесс, позволяющий не только соединить в одной производственной линии работу с разными материалами, но и обеспечить высокие точности, характерные для микроэлектронных устройств. И здесь нам очень полезно взаимодействие с Остеком – фактически, мы вместе ищем пути оптимального решения этой задачи.

Зеленоградские компании ведут множество НИР и ОКР, и возможность быстро изготавливать уникальные корпуса для своих разработок станет серьезнейшим ресурсом, освобождающим их от значительных затрат, связанных с изготовлением новых типов корпусов по традиционным технологиям, либо от ограничений, накладываемых необходимостью выбора корпуса из имеющейся номенклатуры, доступной на рынке.

**Ваши впечатления от симпозиума?**

Мы стараемся посещать почти все конференции, связанные с аддитивными технологиями, так что нам есть, с чем сравнить. Наше ощущение – это одно из лучших мероприятий, которые мы посетили в этом году. Очень понравилось, что организаторы смогли пригласить зарубежных представителей компаний, которые рассказали не только об оборудовании – о нем, в принципе, могли рассказать и специалисты Остека; важно, что докладчики много сообщили о перспективных направлениях его применения.

Это очень актуально для России. Ведь не секрет, что масса работ по 3D-печати у нас проводится многими компаниями зачастую просто из интереса. Но «из интереса» – не работает! Настоящая польза получается тогда, когда ты не просто что-то печатаешь, а создаешь работающую технологию под конкретную практическую задачу. К тебе начинают обращаться, и оказывается, что конкурентов нет – перед тобой чистое поле возможностей. Мы в Центре уже почувствовали это на примере наших работ, и здесь, на симпозиуме, увидели несколько направлений, о которых можно подумать на перспективу, попробовать, поэкспериментировать.

**Последний вопрос: чего не хватило? Что еще хотелось бы увидеть?**

Мне бы хотелось видеть в демонстрационном зале побольше компаний-потребителей представленного оборудования, например, поставщиков услуг 3D-печати. Посмотреть, как и для чего они используют эти технологии, эти машины. Ведь разные люди могут использовать одно и то же оборудование разными способами, с разным результатом, для разных целей – иногда так, что и в голову тебе прийти не могло.

Ну и, конечно, можно было бы и себя показать...



**Андрей Колмаков, директор по продажам ООО «Современное оборудование», группа компаний «Солвер»**

**Андрей, чем объясняется ваше участие в симпозиуме?**

Мы работаем с технологией аддитивного производства уже 19 лет – с тех пор, как в 1997 году привели на российский рынок компанию Stratasys. Так что для нас естественно посещать мероприятия такого рода. Мы и сами активно участвуем во многих из них. Так, на выставке «Интерпластика», которая пройдет в феврале следующего года в рамках конференции 3D fab+print (современные технологии трехмерной печати в России и мире: возможности и практический опыт для высокоэффективного производства будущего) наша компания будет модератором по секции аддитивных технологий – приходите, будет много интересного.

**Ваше мнение о сегодняшнем мероприятии?**

Приехало много специалистов, это вызывает оптимизм. Вообще, очевидно повышение интереса к 3D-печати, что не может не радовать – ведь все эти годы мы и занимались формированием рынка аддитивных технологий в России. Поначалу люди удивлялись, когда видели сложную деталь из настоящего производственного пластика, способную выдержать реальные нагрузки. Переспрашивали – а не макет ли это? Теперь – поверили; но еще далеко не все понимают, как можно применить эти технологии с пользой для себя. Однако

приезжают на выставки, на конференции, потому что считают, что надо разбираться, не хотят отстать от общей тенденции. И выясняют подробности, делятся проблемами – как это было сегодня, когда после каждой презентации вокруг докладчика собиралась немалая группа слушателей, так что даже не все успевали задать свои вопросы.

**Можете ли выделить особо понравившиеся доклады?**

Многие доклады были достаточно профессиональными и интересными. Я бы выделил доклад Яниса Гринхофса, генерального директора компании Mass Portal. Очевидна его высокая компетентность, ведь он возглавляет компанию-производителя, ведущую самостоятельные разработки, создающую машины с уникальными характеристиками, причем, что важно, эти машины работают по принципу открытых систем. Для того, чтобы достигать успеха в такой работе, необходимо постоянно совершенствовать, модифицировать оборудование, проводить исследования по материалам, по режимам; в таких условиях рождается действительно доскональное понимание технологии. Слушать Яниса было очень интересно.

**Раз вы так глубоко погружены в тему, спрошу: с какими трудностями, по-вашему, сталкивается распространение аддитивных технологий в России?**

Самое главное – необходима сертификация процесса печати и пластиковых материалов профильными институтами (ВИАМ, ВИЛС, Институт пластмасс и др.) для использования «напечатанных» образцов в качестве конечных деталей. Сейчас многие потенциальные пользователи уже поняли, проверили и подтвердили для себя, что эти детали можно ставить на конечное изделие. Но отсутствие сертификации удерживает конструкторов и технологов от массового использования 3D-печати пластиками.

Но это временное явление. Будут появляться новые стандарты, разработки и линейки машин; оборудование и материалы будут дешеветь. Не сомневаюсь, у аддитивных технологий большое будущее, в том числе и в России. □

## КАРЬЕРА

# Зарубежные стажировки – эффективный инструмент развития сотрудников

В ГК Остек одним из направлений развития сотрудников являются стажировки у ведущих международных производителей, с которыми компания долго и успешно сотрудничает. Только в 2016 году лучшие специалисты ГК Остек побывали на обучении у производителей в Германии, Японии, США, Швейцарии. Как проходят такие стажировки рассказал Максим Александрович Седов, генеральный директор ООО «Остек-Тест», одного из структурных подразделений ГК Остек. ООО «Остек-Тест» предлагает решения для проведения комплексных испытаний различных изделий и сотрудничает с ведущими мировыми производителями испытательного оборудования.



### **Максим Александрович, расскажите, пожалуйста, в каких компаниях стажировались сотрудники Остек-Тест, какова цель этих стажировок?**

Наши сотрудники проходили обучение у швейцарского производителя инерциальных систем пространственного позиционирования «Acuitas» и у японских производителей климатических камер «Espec» и вибростендов «IMV».

Потребность в получении новых технических знаний возникла в нашем коллективе неслучайно, а родилась как логичный компонент развития бизнеса. Мы не стоим на месте, внимательно следим за новейшими разработками наших партнёров и сравниваем их с решениями, имеющимися на рынке. Мы работаем с лидерами, задающими тон в отрасли. Поэтому нам крайне важно соответствовать заданной партнёрами-производителями планке и досконально знать оборудование, которое мы предлагаем клиентам, быть способными донести до заказчика его преимущества, обеспечить соответствующий уровень сервиса.

Ключевая цель любой стажировки – повышение уровня знаний сотрудников о принципах работы оборудования, его особенностях и преимуществах, т.е. по сути это развитие практических навыков работы с оборудованием. Для нас это важно, потому что это один из ключевых факторов обеспечения высокого уровня удовлетворенности заказчиков.

### **В чем различие программ стажировок?**

Прежде всего, в направленности и глубине программ обучения. Имея дело с техническими решениями, реализуя сложные проекты, наши специалисты накопили серьёзный технический опыт. Поэтому тренинги разрабатывались совместно с каждым из наших партнёров, исходя из уровня имеющихся у нас знаний и навыков с дальнейшим подбором единиц оборудования и учебного материала.

В компании «Acuitas» нам было полезно узнать о проводимых новых разработках и усовершенствованиях в области программного обеспечения инерциальных систем пространственного позиционирования. Наши специалисты смогли не только ознакомиться с этапами производства, но и дать производителю рекомендации на основе собственного опыта запуска систем «Acuitas» с учетом специфики требований российского рынка. Обучение проводилось в несколько этапов – для технических специалистов и для коммерческих специалистов. Помимо технических вопросов рассматривался ряд коммерческих аспектов, сопряжённых с реализацией нескольких текущих проектов.

Результатом стажировки стали улучшения в части требуемой конечным заказчиком повышенной точности позиционирования системы и работы системы совмещённых испытаний «позиционирование изделия в условиях изменения температурного режима».

Планируя обучение на заводах наших старейших японских партнёров «Espec» и «IMV», мы ставили задачу дать более глубокие технические знания и навыки нашим специалистам по продажам. За последние несколько лет существенно обновилась серийная линейка и модификации оборудования. Поэтому нам было важно не только обучить новых сотрудников, познакомить их с процессом создания технически сложного оборудования, но и расширить спектр знаний о новом оборудовании наших опытных коммерческих специалистов, закрепив эти знания практическими навыками. Сотрудники получили возможность поучаствовать в самостоятельном программировании контроллера климатической системы, разобрать-собрать стенд динамических испытаний, пройти тестирование на уровень собственных технических знаний. Мы умышленно сделали акцент на технической составляющей, поскольку, зачастую, коммерческий специалист лишён возможности изучения оборудования «изнутри». А ведь именно технические знания повышают уровень компетенции и уверенности и позволяют свободно и квалифицированно вести диалог с заказчиком. Ещё раз подчеркну, что мы имеем дело с продажами технически сложного оборудования.

### **Помогают ли стажировки повышению уровня взаимодействия между нашими специалистами и западными коллегами?**

Несомненно, установление более тесного рабочего контакта со специалистами заводов-производителей – дополнительный «бонус» этих мероприятий. Ведь даже в таких продвинутых с технической точки зрения странах как Швейцария и Япония на заводах работают люди. Именно люди создают, разрабатывают, внедряют, улучшают... А от того, насколько эффективен тандем «производитель-дистрибьютор», зависит качество результата – готового решения, внедрённого на предприятии у заказчика.

Также в дополнение к тренингам мы практикуем приёмо-сдаточные мероприятия на заводах-производителях для наших заказчиков, направляя на них наших лучших специалистов. В этом случае, по сути, создаётся компактная рабочая группа, способная оперативно и качественно решать практически любые вопросы, возникающие в ходе реализации проекта.

### **Как Вы оцениваете успешность стажировок?**

Здесь все просто – это видно из ежедневной практической работы специалиста с заказчиком: стал ли он эффективнее решать новые нестандартные задачи при подборе оборудования и во время пусконаладочных работ, насколько его уровнем технической компетентности удовлетворен заказчик.

### **Стажировки – это все-таки дорогостоящее мероприятие. Насколько, по Вашему мнению, это оправдано в условиях общей рецессии, когда многие компании сокращают расходы на персонал?**

Мы ежегодно оцениваем затраты на персонал и определяем необходимый бюджет в разрезе показателя ROI (Return On Investment – возврат инвестиций). Ведь стажировка, как и любой другой вид приобретения знаний, является инвестицией для компании и должна рассматриваться именно в свете возврата и, далее, приумножения прибыли компании в интервале времени.

Я убеждён, что в кризисное время уместно использовать стажировку как эффективный инструмент и выделять на него средства. Решение таких вопросов, как укрепление доверия заказчика и повышение лояльности сотрудника, во многом определяется квалификацией специалистов и нематериальной мотивацией сотрудника. Разумеется, важно управлять доходами и расходами, и стажировка в этом смысле не является исключением. Ежегодно при составлении бюджета мы анализируем доходы и расходы компании, сопоставляем объём инвестиций в обучение

с прогнозируемыми доходами. Иными словами, мы временно предусматриваем эту статью в наших финансовых планах и в течение года управляем ею.

К моменту формирования бюджета в 2016 году рынок уже находился в условиях турбулентности, но мы заложили этот момент при планировании и, поэтому, смогли в полной мере реализовать наши планы по обучению сотрудников у зарубежных производителей.

Важен также позитивный подход со стороны производителей. Благодаря многолетним партнерским отношениям они с радостью обучают наших специалистов, видят в нашей компании высокий потенциал и обычно предлагают взять часть расходов на себя.

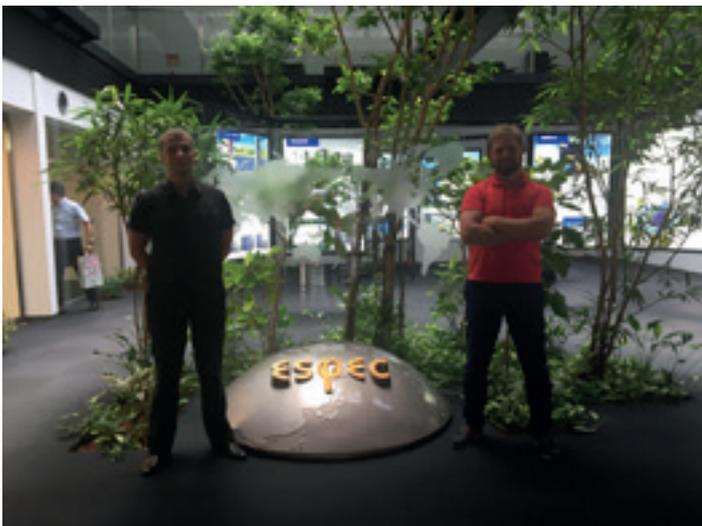
### **Планируется ли организация аналогичных стажировок у зарубежных производителей в 2017-2018 годах?**

Да, мы планируем продолжить эту практику, поскольку видим положительный экономический эффект – сотрудники, прошедшие стажировку, способны решать более сложные технические задачи в рамках реализуемых компанией проектов, при этом они тратят меньше времени на проработку вопросов, чем раньше. А значит, компания способна своевременно и качественно реализовывать еще более сложные проекты. Помимо этого, стажировки повышают интерес к работе, мотивируют сотрудников развиваться профессионально.

### **Какие рекомендации Вы можете дать тем, кто планирует такие обучения? Что, на Ваш взгляд, необходимо для эффективной стажировки?**

Во-первых, необходимо правильно определить объект инвестиции. Стоит тратить время и средства на обучение лишь того сотрудника, который лично заинтересован в приобретении новых знаний, практических навыков, профессионального опыта. Следует помнить, что профессиональное развитие – это всегда двусторонний процесс, в котором сам специалист «играет роль первой скрипки». Задача компании – помочь сотруднику нарастить свой потенциал для дальнейшего применения в компании. Очевидно, что при отборе достойных кандидатов на стажировку не лишним будет учитывать лояльность и прежние заслуги перед компанией. Важно, чтобы специалист был заинтересован в долгосрочном сотрудничестве с компанией и был готов применить полученные на стажировке знания и навыки в своей повседневной работе. Не стоит забывать, что при желании обучаться стажировка становится мощным нематериальным мотивационным фактором.

Во-вторых, задачей руководителя является создание условий, позволяющих сотруднику успешно и беспрепятственно реализовывать полученные на стажировке знания на практике. Мы говорим о создании некоего



рабочего «полигона», позволяющего сотруднику усилить или закрепить полученные знания и/или расширить спектр их применения. В первом случае это может быть задача более глубокой проработки обычного для сотрудника вопроса (разумеется, если такая необходимость реально существует). Во втором – постановка и решение новой нестандартной задачи (в рамках основной деятельности). Применение этих двух моделей позволит сотруднику добиться самореализации, получить удовлетворение от проделанной работы, а значит эффективно «вернуть» компании вложенные средства и силы. Отметим, что вопрос целеполагания – прерогатива руководителя, и чем чётче и структурированнее сформулирована цель, тем успешнее будет результат. Не стоит ставить цели ради работы. Каждая цель должна носить действительно нужный, прикладной для компании характер, а сотрудник должен быть единомыш-

ленником в процессе достижения этой цели.

Стажировка как одна из форм обучения – это ещё один яркий цвет в палитре бизнеса, которым не стоит пренебрегать. Если вы хотите создать крепкую мотивированную команду, способную сплочённо работать, преодолевая кризисы, обратите особое внимание на вопрос обучения. Возможно именно в вашем коллективе есть люди, горящие желанием привнести новое в организацию, обладающие необходимыми для этого способностями, но требующие повышения компетенций. Тогда решение о задействовании этого ценного ресурса – за вами.

В преддверии Нового 2017 года хочу пожелать всем читателям журнала «Вектор высоких технологий» стабильности и процветания в работе, достижения новых рубежей, удачных и интересных проектов и, конечно, получения удовольствия и пользы от чтения новых выпусков журнала! 

**Николай Десятков, специалист по продажам, участник стажировки в компании «Acuitas AG», Швейцария, Альтендорф:**

«Основной целью было научиться понимать принцип работы стендов имитации движения, за счёт которого удаётся добиться таких показателей точности. И, конечно же, практические навыки управления поворотными столами с помощью официального программного обеспечения путём ввода прямых команд на контроллер устройства. Как итог – финальная настройка и проведение приёмочных испытаний с использованием высокоточных средств измерений перед отгрузкой заказчику. После посещения предприятия я ещё раз убедился в том, что должное отношение к процессу каждого члена команды позволяет добиться максимального результата».

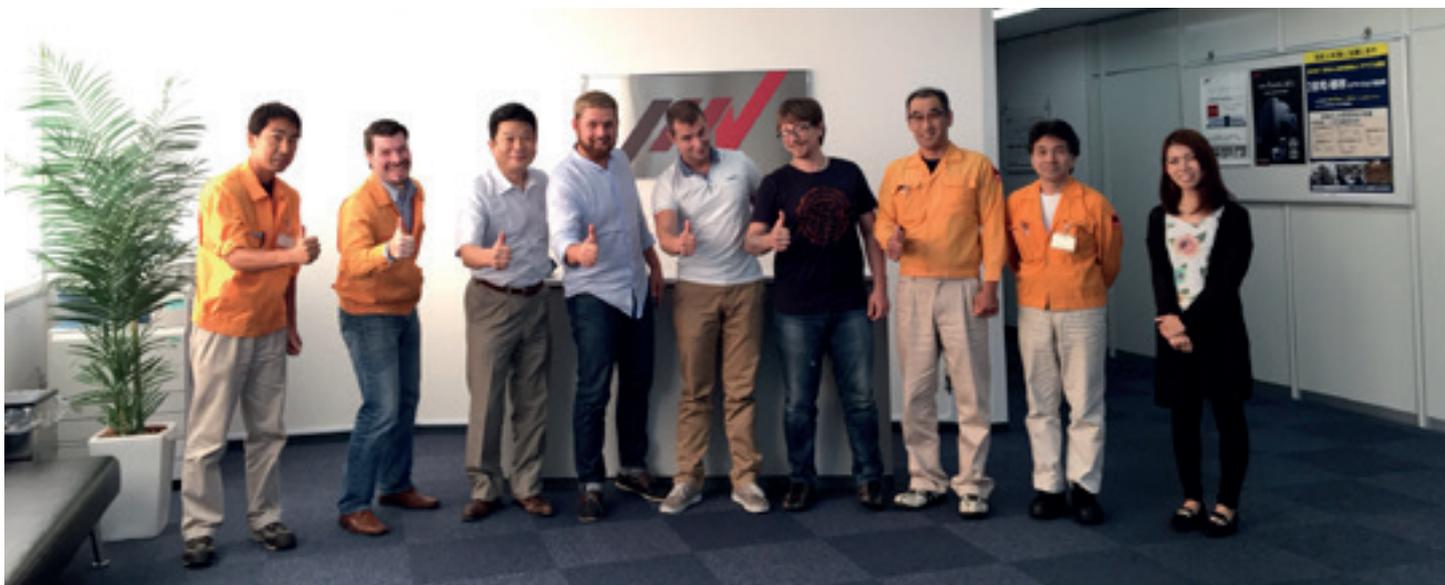
**Иван Суходольский, инженер поддержки**

**продаж, участник стажировки в Espec, IMV, Япония, Осака:**

«Я получил бесценный опыт по изучению принципов работы оборудования, его преимуществ и особенностей. Под руководством опытного тренера-инженера я смог самостоятельно разобрать/собрать стенд серии “I”. По результатам стажировки после успешной сдачи экзамена я получил сертификат».

**Матвей Резников, специалист по продажам, участник стажировки в компании «Acuitas AG», Швейцария, Альтендорф:**

«Целью поездки было ознакомление с производством. Наличие различных изделий разной стадии готовности позволяет глубже ознакомиться с оборудованием «изнутри». Данная практика поездок полезна, т.к. воочию можно увидеть разное оборудование на разных стадиях изготовления, напрямую задать интересующий вопрос производителю».



# ТЕХНОЛОГИИ

## Основные СВОЙСТВА и характеристики современных РЕЗИСТОВ для электронной литографии



Текст: Александр Скупов



При создании передовых интегральных микросхем, при научно-исследовательских разработках в области микро- и нанoeлектроники основную роль играет электронная литография. Настоящая статья посвящена обзору современных электронных резистов, позволяющих достигнуть минимальных топологических норм при формировании наноразмерных структур; представлен обзор основных доступных на рынке резистов, а также проведён сравнительный анализ их характеристик с точки зрения чувствительности, разрешающей способности, контрастности и технологичности применения.

Электронная литография является фундаментальным инструментом при создании передовых интегральных микросхем (ИМС) с топологическими нормами в десятки нанометров. Она используется как для прямого экспонирования полупроводниковых пластин, так и для создания шаблонов для ультрафиолетовой литографии.

Начиная с 1970-х годов прошлого столетия, для электронной литографии широко применяются резисты на основе полиметилметакрилата (ПММА). В тех случаях, когда этот материал не удовлетворяет каким-либо специфическим требованиям к процессам, используются другие решения. В настоящий момент основными компонентами для создания альтернативных резистов являются  $\alpha$ -хлорметакрилат с  $\alpha$ -метилстиролом (например, ZEP 520A и AR-P 6200), водородный силсесквиоксан (HSQ – XR 1541), каликсарены, фуллерены и некоторые другие [1].

В статье будут рассмотрены коммерчески доступные резисты от различных производителей: ZEP 520A (Zeon Chemical), AR-P 6200 (Allresist), PMMA (Allresist и MicroChem), XR 1541 (Dow Corning). По результатам сравнения их основных параметров будет предложен алгоритм выбора резиста в зависимости от технологических требований.

Выбор конкретного резиста зависит от требований к процессу, плотности топологии, обрабатываемых материалов и технологий. При этом ключевыми параметрами являются:

- разрешение;
- контрастность;
- чувствительность;
- технологичность использования.

**T 1**

Разрешение электронных резистов от разных производителей

РЕЗИСТ	ПРОИЗВОДИТЕЛЬ	РАЗРЕШЕНИЕ, НМ	
		СОГЛАСНО СПЕЦИФИКАЦИИ	СОГЛАСНО ЛИТЕРАТУРЕ
PMMA	Microchem, Allresist	<100 [6]	<10 [3]
ZEP 520	Zeon Chemicals	<50 [7]	≈10 [8]
XR 1541	Dow Corning	6 [9]	≈10 [5]
AR-P 6200	Allresist	<50 [10]	<10 [11]

**T 2**

Чувствительность и основные характеристики электронных резистов [4]

РЕЗИСТ	ПРОИЗВОДИТЕЛЬ	ТОНАЛЬНОСТЬ	БАЗОВАЯ ДОЗА ЭКСПОНИРОВАНИЯ, МККЛ/СМ <sup>2</sup>	ПРЯВИТЕЛЬ
XR 1541	Dow Corning	Негативный	2700	Щелочные проявители
PMMA 600K (AR-P 661)	Allresist	Позитивный	250	МИБК+изопропиловый спирт
AR-P 6200	Allresist	Позитивный	90	Амилацетат
ZEP 520A	Zeon Chemicals	Позитивный	75	Амилацетат

Зная перечисленные параметры, можно судить о степени пригодности резистов для использования при формировании низкоразмерных структур с помощью электронной литографии.

## Разрешение

Разрешение – ширина минимального воспроизводимого элемента после проявления резиста. В англоязычной литературе этот размер называется «CD» (critical dimension). В электронной литографии не принципиально является этот элемент зазором либо линией.

Сравнивать разрешение при одинаковых условиях экспонирования некорректно, поскольку каждый резист имеет свою характерную дозу экспонирования. Также разрешение существенно зависит от применяемых растворов и условий проявления, например, известно, что проявление резистов при отрицательных температурах в органических растворителях позволяет добиться минимального разрешения [2].

Для сравнения разрешения различных резистов можно обратиться к двум источникам: официальным описаниям от самих производителей материалов и литературе [3-5]. В **T 1** приведены данные для электронных резистов, описываемых в статье. Все упомянутые резисты имеют разрешение около 10 нм (при разных условиях экспонирования и проявления). Поэтому для выбора оптимального варианта, обеспечивающего заданное разрешение, следует рассмотреть другие характеристики.

## Чувствительность и контрастность

Чувствительность – минимально возможная доза (мкКл/см<sup>2</sup>) для растворения резиста в проявителе. Она определяет время экспонирования, которое будет оказывать существенное влияние на стоимость изделия и пропускную способность установки экспонирования. Обеспечение высокой производительности наиболее критично для сложных топологий с большим количеством разнородных элементов, например, фотомаски для графических процессоров. Время экспонирования, определяемое чувствительностью электронного резиста, является одним из фундаментальных ограничений процесса электронной литографии.

В **Т 2** приведены данные по чувствительности резистов разных производителей, где видно, что чувствительность РММА, ZEP 520 и AR-P 6200 имеет примерно одинаковый порядок.

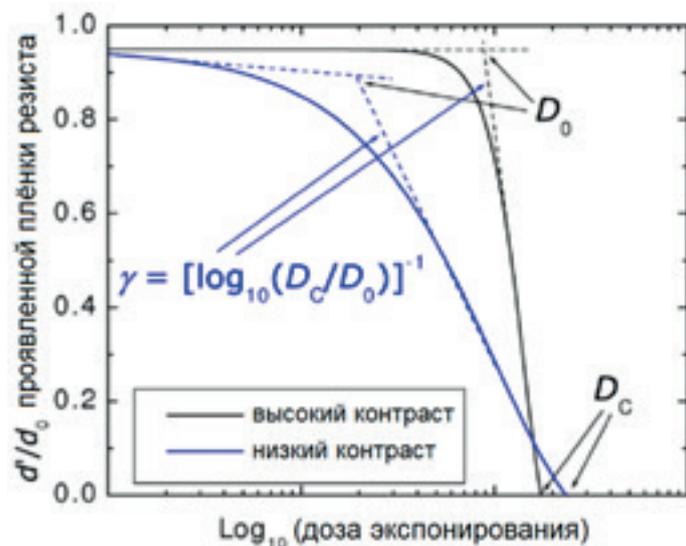
Еще один важный параметр электронных резистов – контрастность. Эта величина характеризует скорость проявления в зависимости от дозы излучения. Для её определения строится специальный график (рис. **1**). Контрастность определяется значением коэффициента  $\gamma$  следующим образом:

$$\gamma = [\log_{10} \frac{D_c}{D_0}]^{-1}$$

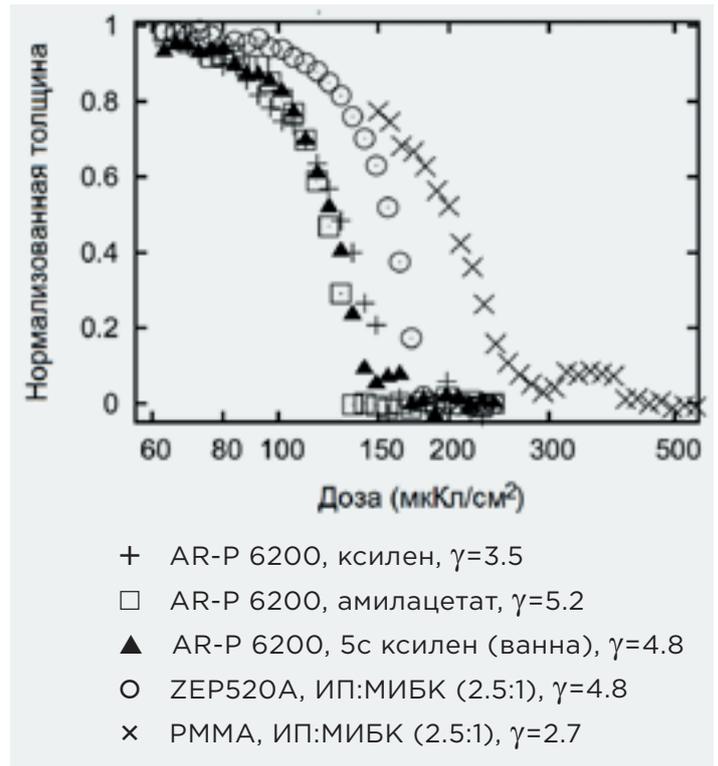
где  $D_c$  – минимальная доза, при которой резист проявляется без остатка,  $D_0$  – максимальная доза, при которой резист не проявляется. Из рис. **1** видно, что при вычислении контрастности  $D_0$  и  $D_c$  определяются из аппроксимации линейных отрезков эмпирически построенной кривой. По сути,  $D_0$  – это чувствительность резиста. Следовательно, чувствительность и контрастность являются связанными понятиями.

В работе [8] построены кривые контрастности для РММА, ZEP-520А и AR-P 6200 (рис. **2**). Из приведённых данных видно, что контрастность AR-P 6200 наибольшая по сравнению с ZEP-520 и РММА. Однако контрастности приведённых резистов всё же близки, поэтому они должны вести себя примерно одинаково в процессе проявления.

Контрастность резиста, как и разрешение, существенно зависит от условий проявления. Например, на рис. **2** показано проявление AR-P 6200 в трёх разных режимах. Контрастность максимальна при использовании в качестве проявителя ксилена [8]. Чем выше контрастность, тем менее процесс чувствителен к отклонениям – тем шире «технологическое окно». Это означает высокую воспроизводимость результатов, что особенно важно для серийного производства.

**1**

Типичный вид кривой контрастности резистов.  
 $d'$  - толщина плёнки резиста до проявления,  $d_0$  - после

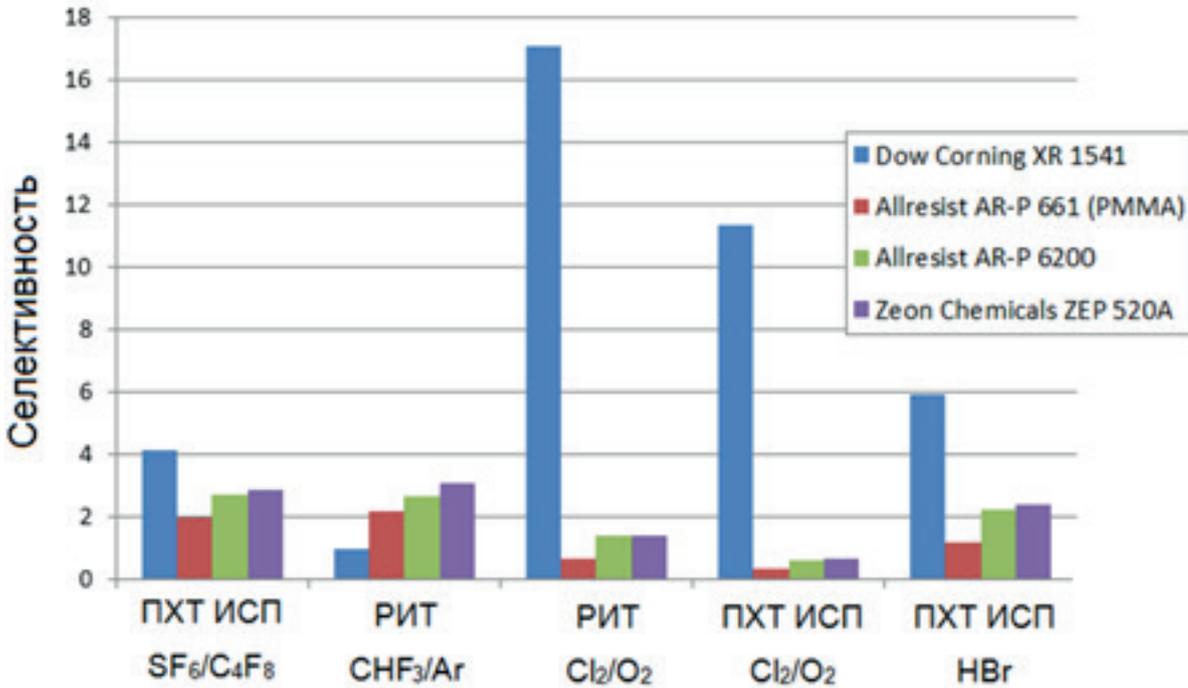
**2**

Кривые контрастности для РММА, ZEP520А и AR-P 6200 (в различных проявителях) [8];  
 ИП - изопропанол, МИБК - метилизобутилкетон

## Технологичность

Под технологичностью понимается поведение резиста в широком спектре процессов, необходимых для создания функциональных элементов различных нано- и микроструктур (Т-образные затворы транзисторов, металлические проводники, квантовые точки, элементы, сдвигающие фазу проходящего излучения и т. д.). Для создания таких элементов могут использоваться два процесса: прямое и аддитивное структурирование. В первом случае изображение переносится из слоя резиста в нижележащие слои. Во втором – материал наращивается на поверхности, полученной после проявления фоторезиста.

Главным методом прямого структурирования является травление, аддитивного – обратная (взрывная) литография (lift-off). Поскольку элементы, формируемые при электронной литографии, малы, для травления используется плазма, а для обратной литографии – напыление либо разновидности CVD-процессов с последующим удалением резиста и лишнего материала в растворителе.



3 Селективность травления электронных резистов при различных режимах ПХТ: реактивно-ионное травление (РИТ) и ПХТ в индуктивно связанной плазме (ИСП)

**СЕЛЕКТИВНОСТЬ ПРИ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ ТРАВЛЕНИИ (ПХТ)**

Исторически для переноса изображения из проявленного фоторезиста на подложку использовались процессы жидкостного травления. Однако с уменьшением топологических норм допуски на ширину элементов стали сравнимы с подтравками, оставляемыми жидкими реагентами. Поэтому основным процессом для переноса изображения стало плазмохимическое травление.

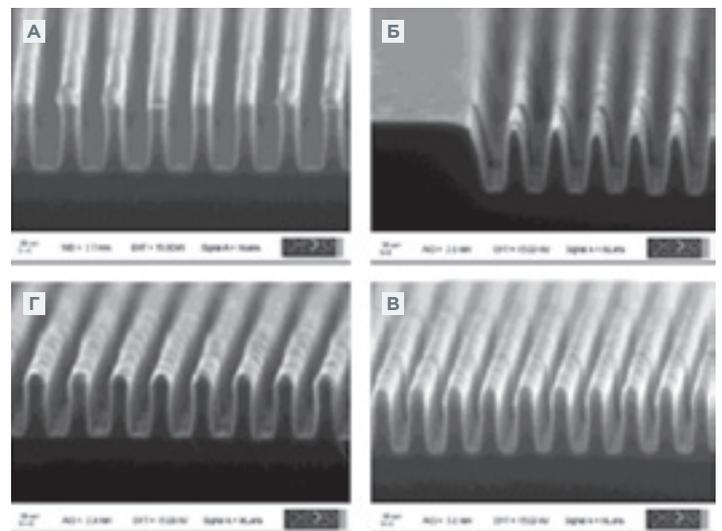
Приведённые в предыдущем разделе данные говорят о том, что практически любой резист позволяет достичь высокого разрешения (около 10 нм) при высокой контрастности. Этот факт ещё не означает, что изображение, полученное в слое резиста, может быть успешно перенесено в нижележащий слой (Cr, MoSi, SiO<sub>2</sub> и прочие). Для переноса изображения из резиста в нижележащий материал с минимальными допусками при ПХТ используются такие газы, как: Cl<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> (Cr), SF<sub>6</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> (Si, MoSi), HBr (MoSi, Si), CHF<sub>3</sub>/Ar (SiO<sub>2</sub>) и другие. Они также могут быть применены для травления недорогих металлов и составных полупроводников. Поэтому очень важно знать селективность резиста к плазменному травлению в указанных газах.

В работе [4] был проведён прямой сравнительный анализ упомянутых резистов при травлении в плазме различных газов на основе галогенов и кислорода. На рис. 3 приведена диаграмма, показывающая селективность резистов в экспериментах по плазмохимическому травлению Cr, SiO<sub>2</sub> и Si. На рис. 4 показан вид одинаковых структур, сформированных с помощью электронных резистов после плазменного травления в HBr.

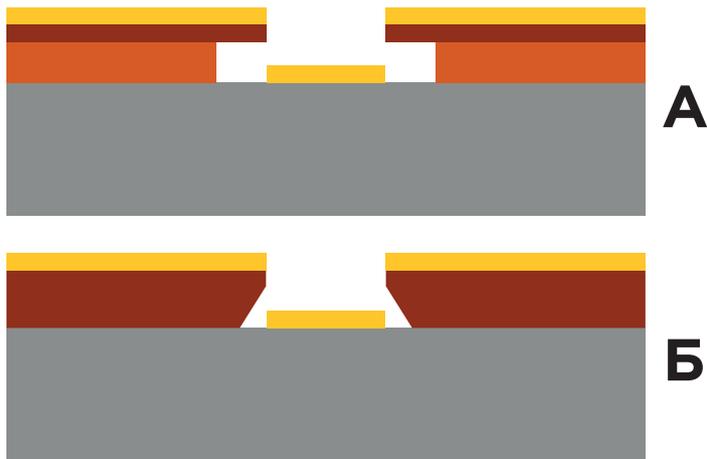
Из приведённых данных видно, что практически во всех случаях наилучшую селективность демонстри-

рует XR 1541. При травлении хлорной плазмой его селективность на порядок выше, чем у других рассматриваемых материалов. Однако XR 1541 обладает наихудшей селективностью в плазме CHF<sub>3</sub>/Ar, используемой для травления SiO<sub>2</sub>. Такое поведение связано с его структурой: он образует плёнку, по своим свойствам близкую к SiO<sub>2</sub>. Также видно, что практически во всех случаях ZEP 520A и AR-P 6200 имеют сходную селективность, превышающую таковую у ПММА. Кроме того, последний подвергается существенной эрозии при травлении в плазме HBr. Точно также он ведёт себя и при травлении в SF<sub>6</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>.

Таким образом, наилучшими резистами для плазменного травления являются XR 1541, ZEP 520 и AR-P 6200.



4 Электронные резисты после процесса травления в плазме HBr: XR-1541 (А), PMMA (Б), ZEP520 (В), AR-P 6200 (Г)



- Напыляемый материал
- Резист
- LOR (или аналог)
- Подложка

5

Принцип проведения взрывной литографии с двумя слоями (А) и одним слоем с отрицательным наклоном стенок (Б)

### ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ОБРАТНОЙ (ВЗРЫВНОЙ) ЛИТОГРАФИИ

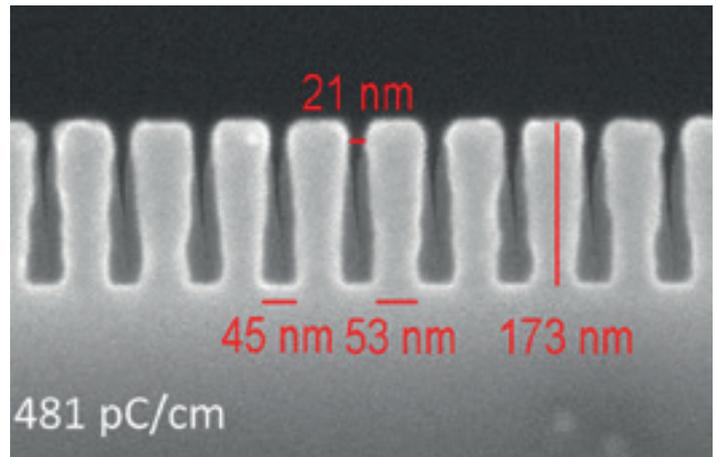
Для проведения обратной литографии существуют два подхода. Первый основан на использовании многослойных композиций материалов, типичный пример – использование композиции LOR+PMMA от Microchem. В этом примере изображение формируется в слое PMMA, а LOR растворяется при проявлении PMMA [6] (рис. 5А). Вторым подходом для проведения обратной литографии является использование только одного слоя с большим наклоном боковых стенок. Этот приём особенно актуален при создании сверхмалых структур (около 10 нм), которые сложно формировать на многослойных резистах (рис. 5Б). Но в рамках данной статьи будет рассмотрена только однослойная литография.

Для успешного проведения процесса однослойной взрывной литографии резист должен удовлетворять трём критериям, а именно:

- возможность формирования структур с отрицательным углом наклона стенок;
- стойкость при повышенных температурах;
- возможность быстрого снятия в органических растворителях.

Все позитивные электронные резисты, рассмотренные в статье, позволяют формировать отрицательные наклонные стенки, что обусловлено эффектом рассеяния электронов при экспонировании (рис. 6). Также все они обладают стойкостью к повышенной температуре (около 150°).

Быстрое снятие в органических растворителях необходимо для успешного удаления материала, осаждённого поверх резиста. PMMA, ZEP 520A и AR-P 6200



6

Отрицательный наклон стенок AR-P 6200 [11]

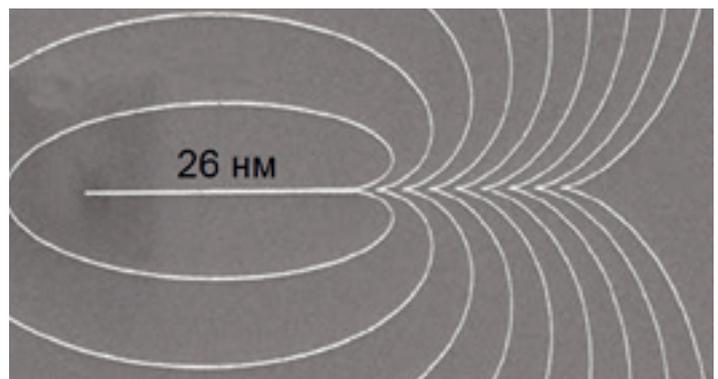
существенно не изменяют свою химическую структуру при литографии и в процессах напыления. Это позволяет им легко растворяться в таких веществах, как N-метилпирролидон и диметилсульфоксид (ДМСО), которые являются наиболее распространёнными реагентами для взрывной литографии. Напротив, XR 1541 после экспонирования образует плёнку, подобную SiO<sub>2</sub>, что не позволяет удалить его в органических растворителях.

Обобщая можно сказать, что при однослойной взрывной литографии наилучшие результаты достигаются при использовании ZEP520, AR-P 6200, PMMA. В качестве примера на рис. 7 приведена структура, полученная с помощью взрывной литографии на AR-P 6200.

### Алгоритм выбора резиста для электронной литографии

При выборе резистов для конкретной задачи необходимо последовательно ответить на ряд вопросов:

- Какова минимальная топологическая норма?
- Какая производительность требуется от участка экспонирования?
- Какие операции будут проводиться после проявления (ПХТ, взрывная литография)?



7

Структура из сплава AuPd, сформированная с помощью взрывной литографии на резисте AR-P 6200 [11]

Если требуется создавать топологические элементы шириной около 10 нм, то подойдёт любой резист из рассматриваемых.

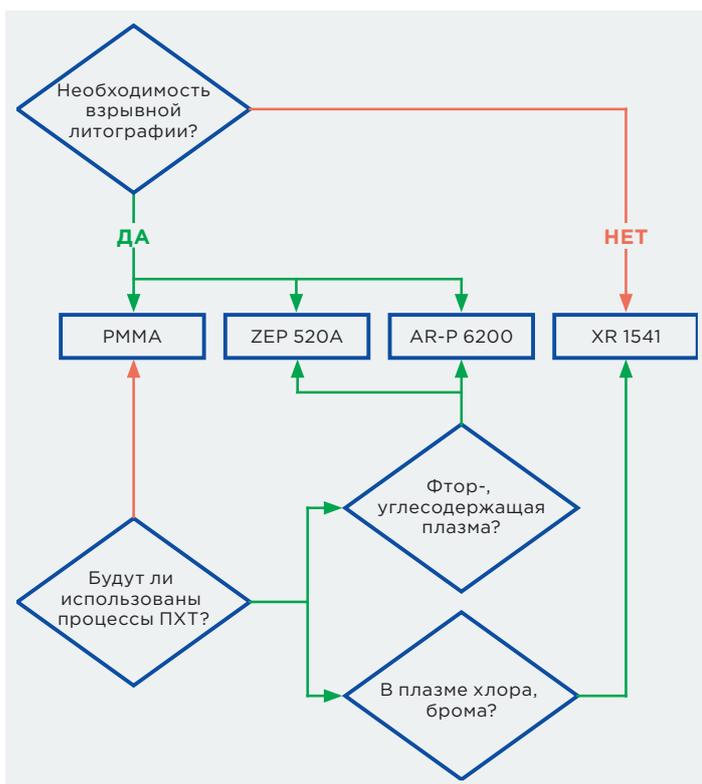
Второй вопрос тесно связан с производительностью. Если требуется высокая производительность, то наиболее подходящими резистами будут PMMA, AR-P 6200, ZEP 520A.

Ответ на третий вопрос можно получить с помощью блок-схемы, приведённой на рис. 8. Как видно из схемы, при некоторых параметрах возможен выбор нескольких резистов. В этом случае выбор полностью зависит от потребителя, поскольку рассмотренные материалы являются эквивалентными.

Таким образом, литографические характеристики резистов не являются исчерпывающими при выборе материала для электронной литографии. Абсолютно все рассматриваемые резисты позволяют достигнуть одинакового разрешения при сравнимых уровнях контрастности. Большинство из них также имеет чувствительность одного порядка. При выборе резиста определяющими являются требования к технологическому процессу, т.е. используемые методы формирования структур.

Электронная литография является главным инструментом при создании фотошаблонов для современных ИМС, а также при исследованиях в области микро- и нанотехнологий.

Основные характеристики при выборе резистов для электронной литографии – разрешение, контрастность, чувствительность и технологичность использования.



8  
Блок-схема выбора резиста в зависимости от предполагаемых технологических процессов

Первые три характеристики позволяют определить режимы проведения литографического процесса. В основном, эти характеристики у всех рассмотренных резистов подобны. Поэтому главным критерием выбора резиста для электронной литографии являются технологические требования. Учитывая их, выбор резиста может быть проведен согласно алгоритму, задающего три вопроса:

- о необходимости взрывной литографии;
- об использовании процессов ПХТ;
- о видах плазмы при ПХТ

Группа компаний Остек сотрудничает с производителями описанных в статье электронных резистов. При необходимости наши специалисты могут оказать технологическую поддержку в вопросах применения резистов для электронной литографии, совместно с производителями провести исследования и тесты.

### Литература:

1. A.E. Grigorescu, C.W. Hagen, Resists for sub-20-nm electron beam lithography with a focus on HSQ: state of the art, Nanotechnology 20, 2009, pp. 31
2. W. Hu, Ultrahigh resolution electron beam lithography for molecular electronics, University of Notre Dame, 2009, 184 p.
3. W. Hu et al, Sub-10 nm electron beam lithography using cold development of polymethylmethacrylate, Journal of Vacuum Science & Technology B, №22(4), 2004, pp. 1711-1716
4. A. Goodyear et al, Direct comparison of the performance of commonly used e-beam resists during nano-scale plasma etching of Si, SiO<sub>2</sub> and Cr, Proceedings of SPIE, Vol. 9428, 8 P, 2015
5. D. M. Tanenbaum et al, High resolution electron beam lithography using ZEP-520 and KRS resists at low voltage, Journal of Vacuum Science & Technology B, №14(6), 1996, pp. 3829-3833
6. MicroChem Nano PMMA and copolymer product datasheet
7. ZEON Chemicals ZEP 520A Technical Report
8. S. Thoms, D. S. Macintyre, Investigation of CSAR 62, a new resist for electron beam lithography, Journal of Vacuum Science & Technology B, Vol. 32, №16, 2014, 7 P
9. Dow Corning XR-1541 E-Beam Resist Product Information
10. Allresist Positive E-Beam Resists AR-P 6200 (CSAR 62)
11. M. Schirmer et al, Chemical Semi-Amplified Positive E-Beam Resist CSAR 62 for Highest Resolution, Proceedings of SPIE, Vol. 8886, 7 P, 2013.

# КАЧЕСТВО

## Взаимосвязь технологической зрелости и конкуренто- способности предприятия



Текст: Юрий Смирнов

Пожалуй, нет такого руководителя, который не задумывается о наличии достаточного объема заказов для своего предприятия. Ведь загрузка производственных мощностей – необходимое условие развития и процветания предприятия и благополучия коллектива.

Сегодня значительная часть предприятий обеспокоена загрузкой в долгосрочной перспективе. Это в равной мере относится как к предприятиям, исполняющим государственный или оборонный заказ, так и к тем, кто работает на свободном рынке. В значительной степени ситуация связана с тем, что мощным фактором развития производства в нашей стране в последнее время является Государственная программа развития вооружений, а именно – ГПВ-2020, которая реализуется с 2011 года. До 2020 года планируется произвести и поставить в вооруженные силы и силовые структуры Российской Федерации вооружений и военной и специальной техники на сумму более 19 трлн рублей. Такой объем поста-

вок обеспечивал и продолжает обеспечивать загрузку и развитие как самих предприятий, исполнителей ГОЗ, так и их поставщиков, в том числе и большое количество частных предприятий. Для реализации этой программы предприятиями были модернизированы или созданы необходимые современные производства как за собственные средства, так и в рамках федеральных целевых программ.

Но программа перевооружения армии заканчивается в 2020 году. В 2016 году она должна быть выполнена на 80 %, что означает существенное снижение объемов заказов и у непосредственных исполнителей ГОЗ, и у контрагентов. Следующая ГПВ-2018-2025 уже не будет столь масштабной. И ожидается, что после 2020 года объем ГОЗ в портфеле заказов предприятий не будет превышать в среднем 30-50 %, что заставит предприятия уделять больше внимания вопросам соблюдения сроков и экономической эффективности при выполнении заказов.

## Ничто так не портит экономику, как отсутствие конкуренции, и ничто так не портит жизнь, как ее наличие

Предприятиям, работающим в этой сфере, руководством страны было рекомендовано к 2020 году найти альтернативную загрузку созданным и модернизированным производственным мощностям. В качестве альтернативы предложено рассмотреть возможность производства высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения для таких отраслей как медицина, энергетика, авиастроение, космос, телекоммуникационные и информационные технологии – и для внутреннего, и для внешнего рынков.

Если следовать этим рекомендациям, то предприятия с большой вероятностью столкнутся с новыми вызовами, которые ранее были не так заметны – с открытой конкуренцией с компаниями-лидерами в своих отраслях, в том числе крупными интернациональными компаниями и корпорациями.

И если на российском рынке государственного и оборонного заказа еще возможно применение протекционистских мер, то за его пределами и на свободном рынке на первый план выходят вопросы конкурентоспособности и эффективности предприятий:

- эффективность производства;
- качество продукции;
- способность предвидеть и оперативно реагировать на потребности рынка.

Но наряду со сложностями текущая экономическая ситуация дает и новые возможности для развития отечественного производства. Так, например, снижение курса рубля относительно основных валют должно способствовать спросу на локализацию производства в России. Появляются и экспортные возможности, так как повышается экономическая привлекательность отечественных производителей для заказчиков из-за рубежа.

ГК Остек заинтересована в развитии отечественных предприятий, многие из которых являются ее клиентами, и разделяет ответственность за совместно созданные и модернизированные производства. Именно поэтому в 2013 году в Остеке создана компания «Остек-Инжиниринг», основным видом деятельности которой является реализация проектов стратегического развития и повышения уровня технологической зрелости предприятий.

Учитывая текущую экономическую и общую ситуацию в стране вопросы технологической зрелости и стратегического развития предприятий становятся все более актуальными. Поэтому «Остек-Инжиниринг» будет усиливать работу с отечественными предприятиями именно в части повышения уровня конкурентоспособности

и создания необходимых технических и экономических условий для загрузки производственных мощностей. Ведь уровень технологической зрелости определяет и уровень конкурентоспособности предприятия.

Но и предприятия должны быть готовы к работе в конкурентных условиях, иначе, несмотря на все усилия, положительного результата не будет.

Возникает вопрос: как можно определить уровень технологической зрелости и конкурентоспособности предприятия? Для определения уровня технологической зрелости мы используем следующие критерии:

- Наличие эффективной стратегии производственно-технологического развития.
- Наличие эффективной системы контроля качества.
- Наличие эффективных технологических процессов.
- Уровень технологичности изделий.
- Оснащенность современным специальным технологическим оборудованием и применение современных технологических материалов.
- Квалифицированные профессиональные кадры / система управления знаниями.
- Уровень внедрения элементов Цифровой Системы Управления Производством (ЦСУП).

В соответствии с критериями определены пять уровней технологической зрелости **T1**.

Критерий №1. Наличие эффективной стратегии развития является основным критерием и позволяет сконцентрировать усилия и эффективно использовать ресурсы для достижения основной цели. Наличие стратегии развития становится особенно необходимо в сложных экономико-политических ситуациях и в ситуации ограниченности ресурсов.

Чтобы разработать стратегию развития, необходимо четко понимать, в какой отправной точке сейчас находится предприятие. Для этого рекомендовано проведение целого ряда аудитов. Особое внимание следует уделить маркетинговому и технологическому аудиту, без которых невозможно разработать эффективную стратегию развития. Аудиты можно проводить как собственными силами, так и с привлечением независимой компании-эксперта. В последнем случае это позволит получить более объективный результат, так как при проведении аудитов своими силами взгляд, что называется, замылен. Стоимость такого вида аудита невелика, а в ряде случаев экспресс-аудиты для компаний-партнеров и вовсе проводятся бесплатно.

Т 1

Пять уровней технологической зрелости

КРИТЕРИЙ	УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРОИЗВОДСТВА		
	1	2	3
<b>НАЛИЧИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ</b>	Отсутствует эффективная стратегия технологического развития	Стратегия технологического развития производства сфокусирована на поиске путей решения нескольких текущих проблем и не имеет комплексного характера	Стратегия технологического развития производителя охватывает краткосрочную перспективу, решения принимаются на основе анализа
<b>НАЛИЧИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА</b>	Отсутствует эффективная система контроля качества, информационные связи в компании случайные и носят справочный характер. Основное внимание уделяется решению текущих задач и проблем	Внедрены основные процессы оперативного контроля качества	Внедрен контроль качества большинства производственных процессов
<b>ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ</b>	Эффективность технологических процессов зависит от личности руководителя (или от небольшой группы единомышленников). Определены и описаны лишь некоторые технологические процессы	Технологические процессы не формализованы, отсутствует интеграция технологической информации	Технологические процессы, должностные обязанности сотрудников, их список задач внутри подразделения задокументированы и формализованы
<b>УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ</b>	Изделия не технологичны	Некоторые изделия из производимой номенклатуры технологичны	Большинство изделий из производимой номенклатуры технологичны
<b>ОСНАЩЕННОСТЬ СОВРЕМЕННЫМ СПЕЦИАЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ И ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ</b>	Современное технологическое оборудование представлено штучными единицами	Средний уровень оснащенности современным технологическим оборудованием	Производитель комплексно оснащен производственным оборудованием
<b>КВАЛИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КАДРЫ/СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ</b>	Квалифицированные кадры представлены несколькими специалистами. Отсутствует система управления знаниями	Квалифицированные кадры представлены несколькими специалистами. Существует фрагментарная база знаний	Предприятие обладает квалифицированными кадрами. Организовано обучение и повышение квалификации персонала
<b>УРОВЕНЬ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ (ЦСУП)</b>	Полное отсутствие Цифровой Системы Управления Производством (ЦСУП)	Внедрение ЦСУП характеризуется автоматизацией ряда базовых составляющих, например, кадры, бухгалтерия, финансы и не носит комплексного характера	Средняя степень внедрения ЦСУП. Бумажный и электронный документооборот осуществляются параллельно в связи с недостаточной достоверностью последнего

УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРОИЗВОДСТВА		ВЛИЯНИЕ НА ФАКТОРЫ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
4	5	
Стратегия и планирование технологического развития предприятия имеет долгосрочный характер. Формулируется на основе анализа предыдущего опыта, прогнозов и тенденций технологий производства радиоэлектроники в мире	Реализуется стратегия технологического развития, направленная на реализацию передовых идей, методов и технологий	Соответствие потребностям рынка
Приоритетным направлением является повышение качества продукции или предоставляемых услуг: сформированы внутрикорпоративные стандарты качества, касающиеся не только собственной продукции или процессов производства, но и всей цепочки поставки – от партнеров (контрагентов) до клиентов	Внедрено всеобщее управление качеством. Применяется современное измерительное оборудование, приборы и методы для контроля качества и профилактики дефектов	Качество выпускаемых товаров
Технологические процессы, должностные обязанности сотрудников, их список задач задокументированы и формализованы. Проводится анализ эффективности технологических процессов	Имеются средства профилактического выявления слабых мест технологического процесса и его улучшения с целью предотвращения появления дефектов. Данные используются для анализа производственных процессов в целях предотвращения повторения известных типов дефектов, а полученный опыт распространяется на другие проекты	Эффективность производства
Все изделия из производимой номенклатуры технологичны	Активное применение проектного подхода для повышения уровня технологичности изделий, сотрудничество с разработчиками по вопросам повышения уровня технологичности, унификации изделий	Эффективность производства
Все технологические операции производятся на современном оборудовании	Все технологические операции производятся на современном оборудовании, позволяющем производить продукцию, в том числе и по новейшим передовым технологиям. Обновление парка технологического оборудования является стратегическим приоритетом	Эффективность производства. Качество выпускаемых товаров
Наличие квалифицированных профессиональных кадров и повышение их квалификации является стратегическим приоритетом. Внедрена система управления и обмена знаниями	Наличие квалифицированных профессиональных кадров и повышение их квалификации является стратегическим приоритетом. Внедрена система управления и обмена знаниями	Эффективность производства Качество выпускаемых товаров
Высокая степень внедрения ЦСУП. Информационные потоки предприятия полностью переведены в единую цифровую систему. Решения руководителями принимаются на основании оперативной и достоверной информации, полученной из ЦСУП	Полное внедрение оперативного цифрового управления производством (ЦСУП). Присутствует автоматизация принятия управленческих решений на основании получаемой в режиме реального времени информации о ходе производства. Предприятие готово к реализации концепции «Индустрия 4.0»	Эффективность производства Качество выпускаемых товаров Соответствие потребностям рынка

## Наше будущее зависит от решений, которые мы принимаем сегодня

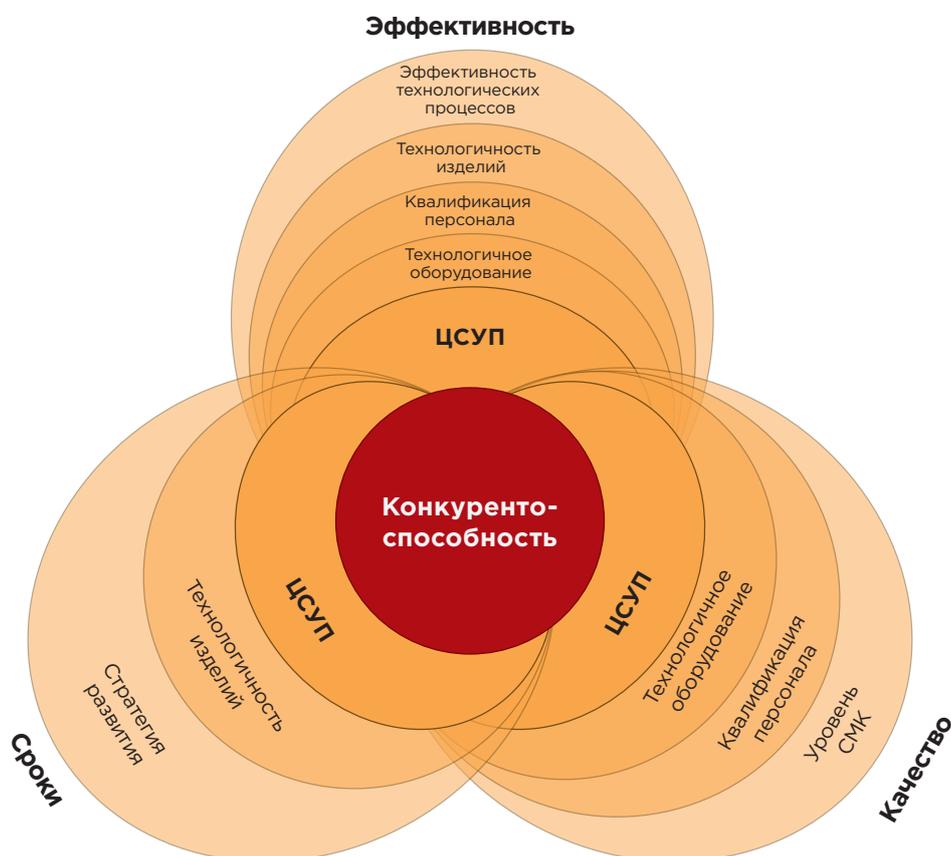
Важность остальных критериев технологической зрелости также не вызывает сомнения. Если обратить внимание на степень влияние критериев на факторы конкурентоспособности, то можно отметить, что внедрение Цифровой Системы Управления Производством положительно влияет на все три фактора: и на эффективность производства, и на уровень качества продукции и на способность оперативно реагировать на потребности рынка (рис. 1).

Действительно, ЦСУП – мощный и эффективный инструмент повышения уровня технологической зрелости и конкурентоспособности предприятия. Кроме того, он один из наиболее доступных по сравнению, например, с приобретением оборудования. Если рассмотреть уровни технологической зрелости для этого критерия, то для него также выделяют пять уровней: от полного отсутствия элементов Цифровой Системы Управления Производством до 100 % внедрения ЦСУП на предприятии, когда оцифрованы все информационные потоки. Большинство предприятий в настоящее время находится на втором или третьем уровне.

Это означает, что внедрение цифровой системы управления не носит комплексного характера и ограничивается внедрением нескольких базовых составляющих, например: разработка и хранение конструкторской и технологической документации, бухгалтерия, финансы, склад и кадры, которые не увязаны в единую информационную среду предприятия.

Учитывая современные мировые тенденции развития Цифровых Систем Управления Производством, переход к работе предприятия по стандартам Индустрии 4.0 возможен только там, где достигнут пятый уровень технологической зрелости и оцифрованы все информационные потоки. Именно поэтому внедрение элементов ЦСУП – важный фактор конкурентоспособности предприятия в будущем, в том числе и на внешнем рынке.

Чтобы оставаться конкурентоспособными и эффективными предприятиям необходимо постоянно повышать уровень технологической зрелости. Пропускать уровни технологической зрелости крайне нежелательно, поскольку каждый из них формирует основу для достижения следующего уровня, а переход на следующий уровень занимает 1-2 года. Поэтому тот, кто спланирует и начнет работу по повышению уровня технологической зрелости сегодня, будет иметь возможность обеспечить устойчивое развитие своего предприятия завтра. ▽



1

Влияние ЦСУП на эффективность производства, уровень качества продукции и способность оперативно реагировать на потребности рынка

# 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)



# ОПТИМИЗАЦИЯ

## Многогранность ПАК «СИНТИЗ». Примеры реализации

Текст: **Николай Кравцов**  
**Василий Афанасьев**

”

Непростая экономическая ситуация наряду с усиливающейся конкуренцией заставляют многие предприятия если не затянуть пояса, то, как минимум, пересматривать некоторые производственные процессы и изыскивать внутренние резервы для повышения эффективности. Подспорьем в этом являются современные IT-системы в самом широком понимании этого слова. Это может быть ERP для всего предприятия, MES или АСУТП для производства, CRM, если речь идет о реализации, и так далее в зависимости от конкретных задач. Целесообразность их использования уже очевидна даже самым консервативным предприятиям. Но все же не всегда внедрение этих систем несет «излечение от всех болезней». Даже если все IT-системы на предприятии были тщательно подобраны, подобающим образом развернуты, без проблем эксплуатируются персоналом и в должной мере поддерживаются поставщиком, может оказаться, что все-таки «чего-то не хватает».

Чаще всего можно наблюдать отсутствие преемственности данных. Системы, расположенные в иерархии структуры предприятия последовательно или параллельно и отвечающие за свой узкоспециализированный участок работы, не объединены в единую информационную сеть. Это чревато тем, что на границе «зон ответственности» систем могут возникать искажения данных, вызванные несовместимостью систем или человеческим фактором. Эти искажения, двигаясь вверх по иерархии, могут радикально изменить общую картину.

Информация в IT-системах отображается постфактум. При возникновении той или иной проблемы, отображенной в системе, можно оценить масштаб и провести мероприятия по устранению или недопущению такого рода проблем в будущем. Но намного ценнее была бы возможность реагировать на проблему сразу при ее возникновении, что, к сожалению, позволяют делать далеко не все IT-системы. Также существует целый ряд факторов, оказывающий самое прямое влияние на эффективность производства, но при этом, как ни парадоксально, зачастую не учитывающийся в IT-системах. К этим факторам относятся эффективность оборудования, анализ причин его простоев, состояние инфраструктуры, квалификация и дисциплинированность персонала.

И, наконец, далеко не все IT-системы удобны в работе и интуитивно понятны. У неподготовленного пользователя их интерфейс может вызвать вполне объяснимые трудности, но и подготовленный специалист, прежде чем получит подборку важной информации, потратит определенное время, разбираясь во второстепенных данных. Неохотно переходят на работу с новым программным продуктом сотрудники с большим стажем работы. Еще каких-то 10 лет назад можно было наблюдать бухгалтеров, вооруженных счётами и калькуляторами, в то время как на их рабочих местах была установлена система 1С.

С этой точки зрения разработка «Остек-СМТ» – программно-аналитический комплекс «Синтиз» – появилась в нужное время и в нужном месте. Как показывает практика, система, совмещающая в себе элементы АСТУЭ, SCADA и MES, идеально интегрируется в информационную инфраструктуру предприятий, являясь не только тем самым «недостающим» элементом, но и здоровой альтернативой громоздким IT-системам с обилием второстепенной информации.

Сегодня «Синтиз» – это система, показывающая действительный эффект от внедрения, и к тому же с минимальным сроком окупаемости.

Для изучения эффекта от внедрения программно-аналитического комплекса были смоделированы типовые примеры по опыту реализации проектов на базе ПАК «Синтиз» на предприятиях.

## Реализация функции: бизнес-аналитика и управление производственными активами

Встроенная аналитическая система ПАК «Синтиз» способствует выработке управленческих решений, направленных на повышение эффективности производства.

### ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ

#### Исходные данные

Крупное предприятие по выпуску электрощитовой продукции и промышленной мебели. Парк станков Amada по обработке листового металла (листогибы, координатно-пробивные прессы, лазеры, гильотины) насчитывает свыше 30 штук. Режим работы цеха по обработке листового металла: 2- и 3-сменный, 5-дневный. В период пиковой загрузки работа проводится в выходные дни.

#### Проблема

Угроза срыва сроков исполнения контрактов из-за отсутствия понимания фактической полезной загрузки оборудования и имеющихся резервов производства. Периодический выход оборудования из строя без видимых причин. Отсутствие объективной оценки производительности каждой из смен. Низкая вовлеченность персонала в производственный процесс.

#### Основное требование заказчика

Рынок изделий из листового металла – высококонкурентный, поэтому необходим эффект от внедрения после двух первых месяцев, полная окупаемость проекта – в течение 9-12 месяцев после внедрения.

#### Решение на базе ПАК «Синтиз»

По результатам аудита производства и технического совещания с представителями заказчика специалистами ООО «Остек-СМТ» было предложено следующее: для получения объективных данных о состоянии и загрузке оборудования каждый из станков оснастить индивидуальным щитом мониторинга параметров электропотребления, дискретность опроса – 1 с.

На участке установили четыре терминала коллективного пользования для операторов ЧПУ с запрограммированным классификатором причин простоев оборудования (отсутствие заготовки, авария, обед, переналадка, подготовка, техническое обслуживание и т. д.). Они разделены на две группы: «неуправляемые» факторы, на возникновение и длительность которых оператор не влияет (например, прекращение электроснабжения) и «управляемые» (вспомогательное время на установку заготовок и т. д.). Это позволило четко разделить причины простоя оборудования и увеличить вовлеченность персонала в производственный процесс, т.к. оператор

концентрируется на сокращении простоев, которыми он управляет, а о прочих простоях ему достаточно оперативно проинформировать соответствующие смежные подразделения (службу эксплуатации, заготовительный участок). Кроме того, были установлены четыре видеокамеры, настроенные таким образом, когда при остановке оборудования по аварии видеофрагмент (минута до и минута после события) сохраняется на сервере. Важнейшим условием эффективности решения стала конфигурация системы с учетом всех особенностей организации производства на конкретном предприятии.

### Реализация

Перед инсталляцией на производственной площадке заказчик специалисты «Остек-СМТ» отработали функционал на собственном «полигоне» — на производстве металлической мебели ГК Остек во Владимирской области – и предъявили систему заказчику до установки на предприятии.

В процессе реализации по каждой единице оборудования и для каждой смены были сформулированы и рассчитаны ключевые параметры:

- фактическое время начала/окончания работ;
- время полезной работы оборудования;
- классификация простоев и расчет общей эффективности оборудования (ОЕЕ) в зависимости от ряда факторов;
- индикаторы перегрузки;
- индикаторы нарушения производственной дисциплины;
- оценка эффективности использования оборудования в зависимости от максимальной мощности/усилия.

С первого дня работы системы ключевые показатели и накопленная статистика (отчеты, графики) стали доступны руководителям в режиме реального времени. Благодаря аналитическим алгоритмам количество производных аналитических и интегральных показателей выросло в 5 раз.

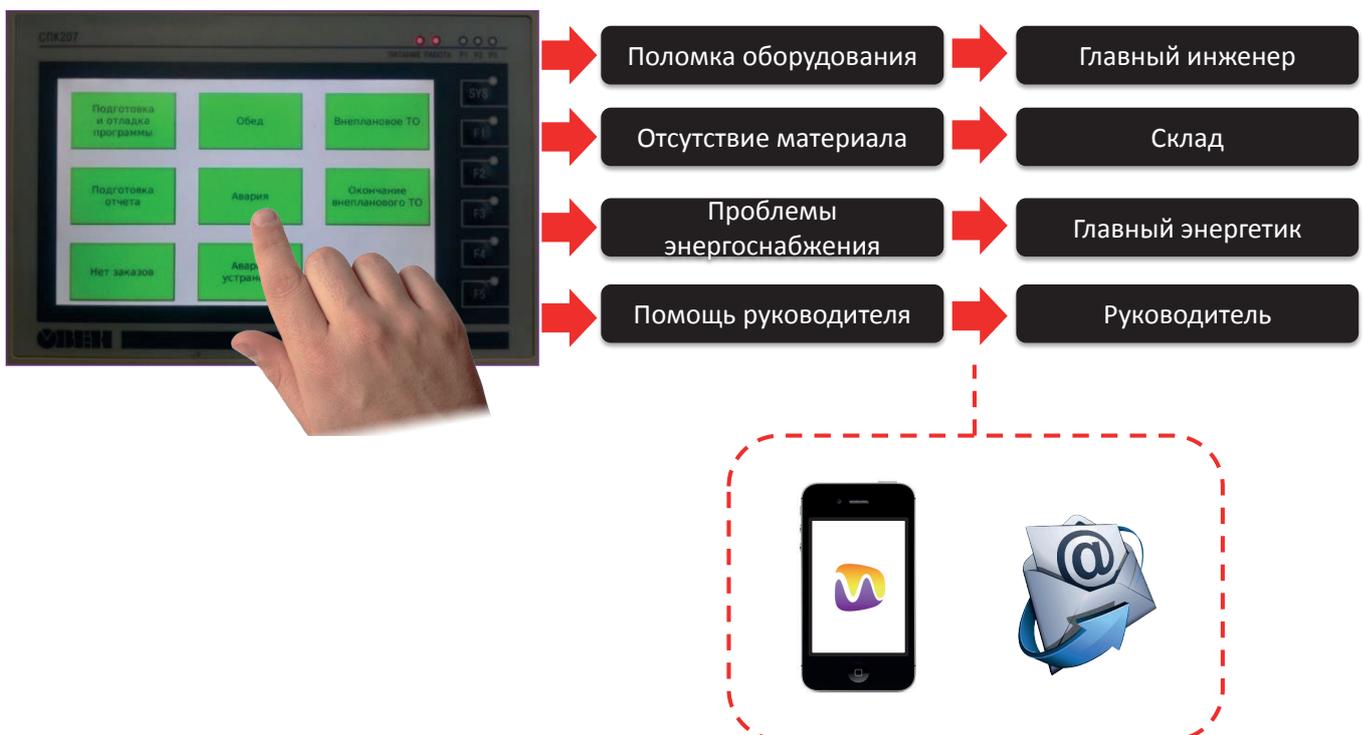
### Результаты

Руководство предприятия теперь получает достоверные данные о причинах простоев оборудования и потерях в производстве. Были выявлены факты нарушения производственной дисциплины (отсутствие обязательных по регламенту процессов прогрева, тестирования оборудования). Характерно, что это относилось к оборудованию, которое выходило из строя чаще всего и «без особых причин». Были проведены административные мероприятия.

Установка терминалов коллективного доступа на участке металлообработки позволила сократить время реакции на простой ответственных подразделений предприятия (заготовительный участок, служба главного технолога, служба главного энергетика, служба главного механика). Таким образом, загрузка оборудования увеличилась до 75%, а производительность – на 12%.

Кроме того, были выявлены факты обработки малогабаритных простых деталей на мощных листогибах Amada HFP-100-3 – «потому что оператор привык работать за этим станком». Была проведена оптимизация процесса формирования сменно-суточных заданий, после чего малогабаритные детали начали собирать в одном сменно-суточном задании и обрабатывать на листогибах малой мощности Amada HFE 50-20.

Важно, что внедрение ПАК «Синтиз» позволило пред-



приятно за счет повышения эффективности работы в рабочую неделю заметно сократить количество работы в выходные дни, экономя значительные средства на организацию работ в это время (оплата труда оператора, оплата труда вспомогательных служб – мастер участка, энергетики, механики, технологи).

Руководство предприятия получило объективную информацию по загрузке оборудования – она составила 75 %. С учетом прогнозируемого роста заказов на следующий год было принято решение о покупке нового оборудования – координатно-пробивных прессов и о модернизации ряда листогибов. При этом часть сезонных заказов было решено передать на кооперацию, так как это оказалось экономически более выгодно, чем приобретение дополнительных единиц оборудования.

Период окупаемости составил менее 9 месяцев.

### Перспективы

Следующий шаг в развитии ПАК «Синтиз» для предприятия – добавление в систему информации по участку окраски, участку ручной сборки (классификация причин простоев через терминалы ручного ввода), информации по гиброабразивным станкам.

## Контроль над парком оборудования и инженерных систем

### ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ

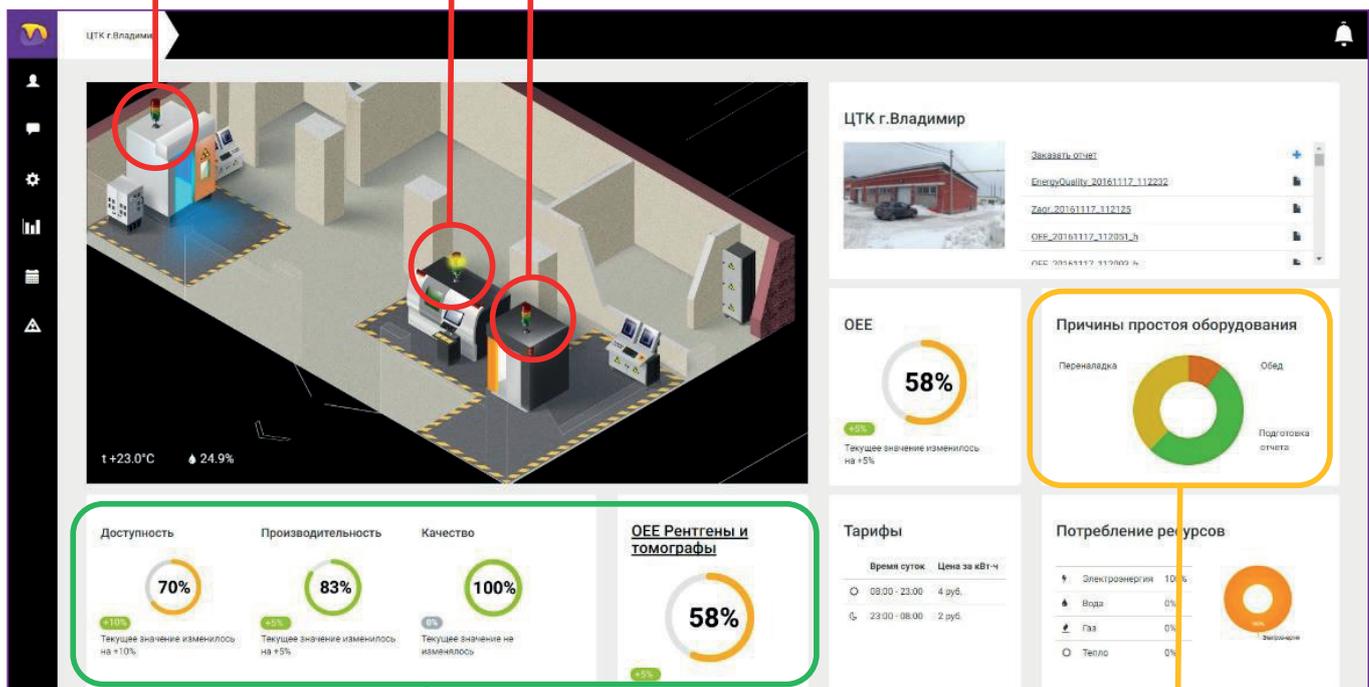
#### Исходные данные

Крупное высокотехнологичное предприятие основано более 50 лет назад, территория – более 5 Га. Существенный износ основных инженерных сетей, требует постоянного контроля состояния и работоспособности. Предприятие располагает обширным парком оборудования:

- металлообрабатывающие станки ЧПУ (HAAS, DMG, Amada, 3 участка, 60 единиц);
- промышленный 3D-принтер (участок прототипирования, 1 единица);
- промышленная томография (участок неразрушающего контроля, 2 единицы);
- энергоемкие испытательные стенды (5 единиц);
- компрессорное оборудование (AtlasCopco, Gardner Denver, 30 единиц);

Режим работы участков металлообработки 2-сменный, 5-дневный. Режим работы других участков, как правило, 3-сменный, 5-дневный (в зависимости от длительности процессов и производственной программы).

## Мониторинг состояния оборудования



### Показатели эффективности

### Причины простоев

**Проблемы**

- Большое количество дорогостоящего оборудования разных марок, назначения, возраста, расположенное в разных корпусах. Практически все оно имеет свое внутреннее ПО для отражения состояния и основных ошибок. Информация о состоянии и загрузке оборудования носит локальный характер (на уровне участка и оператора), а на уровне цеха (предприятия) информация передается через отчеты, подготовленные сотрудниками, и часто с существенной задержкой и искажением информации.
- Срыв сроков выполнения ГОЗ из-за отсутствия единой системы контроля состояния и загрузки оборудования и возможности оперативного влияния на производственный процесс.
- Периодический выход оборудования из строя без видимых причин.
- Отсутствие единой системы мониторинга состояния инженерных систем (электроснабжение, теплоснабжение, пневмосеть).

На этапе проработки выяснилось, что к 4 кварталу предприятие имеет «хвост» по незавершенной продукции (переходящий остаток за 1, 2 и 3 кварталы), сопоставимый по объему с 4 кварталом, т.е. в 4 квартале нужно сделать двойную норму. Недовыпуск продукции носил постоянный характер по двум основным причинам: вы-

ход оборудования из строя (низкое качество энергоресурсов, отсутствие оперативного превентивного реагирования на отклонения в работе оборудования) и отсутствие объективной картины по загрузке оборудования для возможности управления производственным процессом в режиме реального времени.

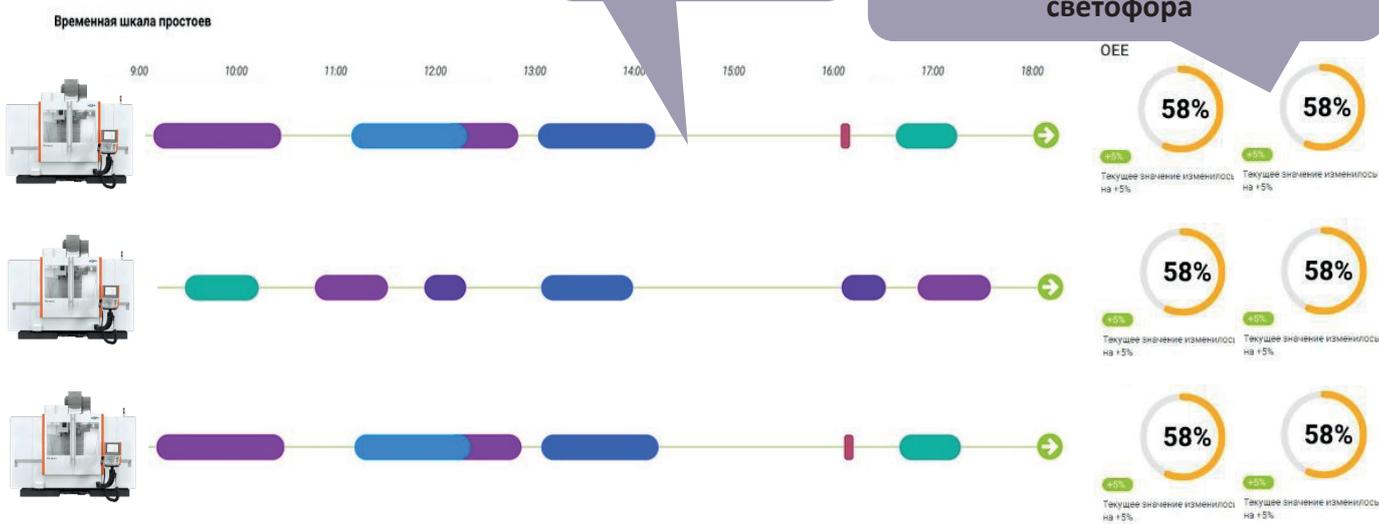
**Решение**

Решение на базе ПАК «Синтиз» объединило контроль в режиме реального времени состояния технологического оборудования и инженерных систем. Кроме того, был разработан программный модуль, позволяющий проводить автоматический комплексный анализ состояния, загрузки и взаимного влияния технологического оборудования и инженерных систем. С учетом важности задач пользователями системы были определены руководитель производства, начальники цехов и участков, службы главного инженера, главного энергетика, главного механика, главного технолога.

**Реализация**

Все современное оборудование (там, где была возможность брать данные из внутренних систем управления оборудованием) по сети Ethernet было подключено в ЛВС предприятия. Специалисты «Остек-СМТ» совместно с техническими специалистами заказчика проанализировали специфику работы оборудования и определили

**Информация по участку (образец)**



**История событий станка**

№	Время возникновения	Категория события	Описание	Степень	Длительность
1	20.04.2018 18:46:39	Критическая ошибка	Перенос фаз по такту > 2%	5.232	0 Миллисекунды
2	20.04.2018 18:39:39	Критическая ошибка	Перенос фаз по такту > 2%	5.232	0 Миллисекунды
3	20.04.2018 18:32:34	Критическая ошибка	Перенос фаз по такту > 2%	5.232	0 Миллисекунды
4	20.04.2018 18:25:26	Критическая ошибка	Перенос фаз по такту > 2%	5.232	0 Миллисекунды
5	20.04.2018 18:20:39	Предупреждение	Повышение напряжения по ф.А	5.232	0 Миллисекунды
6	20.04.2018 18:20:18	Предупреждение	Повышение напряжения по ф.В	5.232	0 Миллисекунды
7	20.04.2018 18:20:16	Предупреждение	Низкое напряжение по ф.В	5.232	0 Миллисекунды
8	20.04.2018 18:20:15	Предупреждение	Низкое напряжение по ф.А	5.232	0 Миллисекунды
9	20.04.2018 18:18:18	Критическая ошибка	Перенос фаз по такту > 2%	5.232	0 Миллисекунды
10	20.04.2018 18:10:42	Критическая ошибка	Перенос фаз по такту > 2%	5.232	0 Миллисекунды
11	20.04.2018 18:08:04	Критическая ошибка	Перенос фаз по такту > 2%	5.232	0 Миллисекунды

**Журнал событий на участке**

«ТОП-10» наиболее частых и критических ошибок по каждой единице оборудования. Полученная информация была выведена в единую систему верхнего уровня. Для технологического оборудования, протоколы передачи данных в котором отсутствовали, был реализован мониторинг состояния и загрузки через анализ параметров электропотребления. Каждая из единиц оборудования была оснащена индивидуальным щитом мониторинга параметров электропотребления, дискретность опроса установлена на уровне 1 с. Это позволило фиксировать скоротечные амплитудные значения, скачки и просадки напряжения.

Также на всех участках, где было установлено технологическое оборудование, установили терминалы для коллективного пользования операторов. В терминалы были запрограммированы классификаторы причин простоев оборудования (отсутствие заготовки, авария, обед, переналадка, подготовка, техническое обслуживание и т. д.). Эффект внедрения терминалов приведен в первом примере.

Компрессорное оборудование было «обязано»: потребление электроэнергии, выработка сжатого воздуха. Это позволило организовать технический учет энергоресурсов, провести анализ загрузки компрессоров с привязкой к производственной программе, а также мониторинг технического состояния компрессоров через

удельный показатель выработка/потребление.

Кроме того, на всех участках были установлены видеокамеры, настроенные таким образом, что при остановке оборудования по аварии видеофрагмент (минута до и минута после события) сохранялся на сервере.

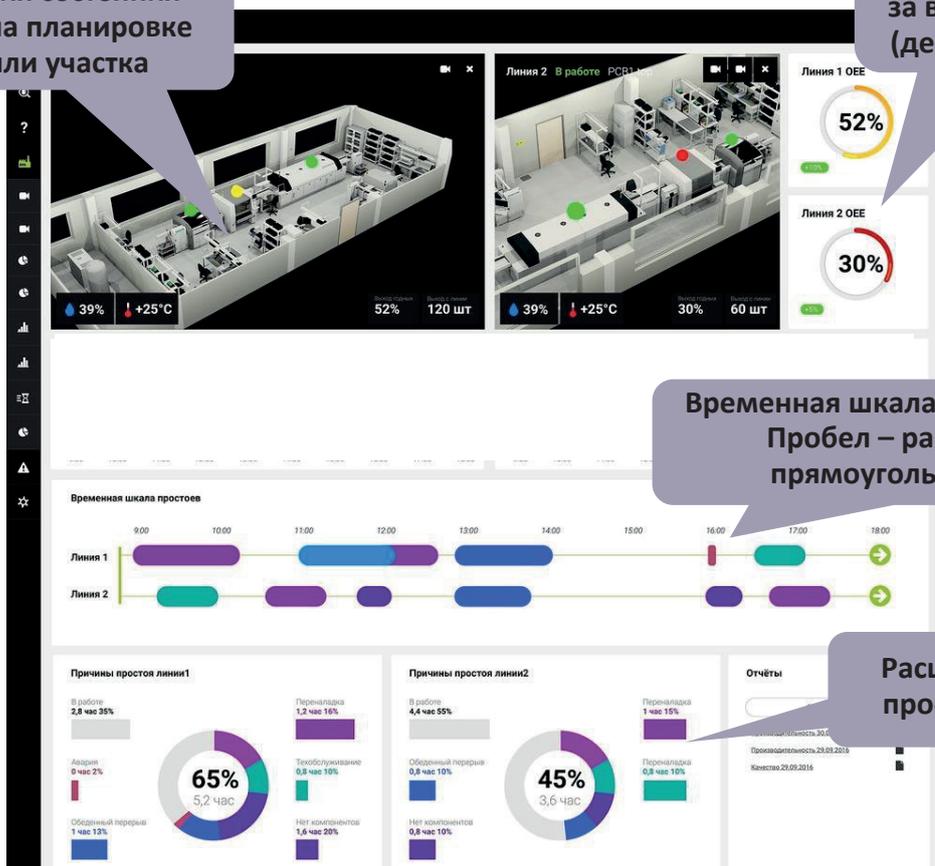
Вся информация полевого уровня теперь поступает на единый сервер, где обрабатывается в режиме реального времени. Решение построено по технологии браузера «тонкого клиента». Таким образом, количество пользователей системы не ограничено. Интерфейс системы гибко настраивается под конкретные задачи пользователей с учетом должностных обязанностей и функционала подразделений.

В процессе реализации по каждой единице оборудования и для каждого участка были сформулированы и рассчитаны ключевые параметры:

- фактическое время начала/окончания работ;
- время полезной работы оборудования;
- классификация простоев в зависимости от длительности и других факторов;
- индикаторы перегрузки;
- индикаторы нарушения производственной дисциплины;
- оценка эффективности использования оборудования в зависимости от максимальной мощности/усилия.

Индикация состояния станков на планировке цеха или участка

Показатели эффективности за выбранный период (день, неделю, месяц)



Временная шкала состояния станков. Пробел – работа, цветной прямоугольник – простой

Расшифровка причин простоев и статистика

Для инженерных систем (электропитание, тепло-снабжение, пневмосеть):

- технический учет энергоресурсов;
- расчет резервов инженерных сетей;
- расчет стоимости энергоресурсов с учетом тарифов.

### Результаты

ПАК «Синтиз» дал возможность организовать комплексный анализ состояния и загрузки технологического оборудования и инженерных систем, выявить факторы взаимного влияния; получить механизм оперативно-превентивного реагирования на отклонения в работе оборудования и инженерных систем. Все это значительно сократило время простоя и количество и тяжесть аварий. Вся собранная информация находится на сервере и доступна пользователям системы, т.е. все пользователи работают с одинаковой информацией. Таким образом, сократилось количество спорных ситуаций и увеличилась скорость взаимодействия между службами предприятия.

Внедрение системы позволило выполнить производственную программу в срок, сформировать и защитить инвестиционный план на реконструкцию и модернизацию инженерных систем, сократить расходы на ЗИП.

### Технический учет и управление энергоэффективностью

ПАК «Синтиз» способен выполнять функции автоматизированной системы технического учета энергоресурсов. При этом в одну систему интегрируются данные

замеров по всем основным видам ресурсов: электроэнергии, сжатому воздуху, воде, теплу и газу. Данные учета предоставляются как в виде физических величин, так и в денежном выражении с учетом структуры тарифов, действующей на предприятии. Логика данного функционала предполагает детализацию до каждого потребителя (станка, установки) с частотой обновления данных не реже 1 секунды.

### ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ

#### Исходные данные

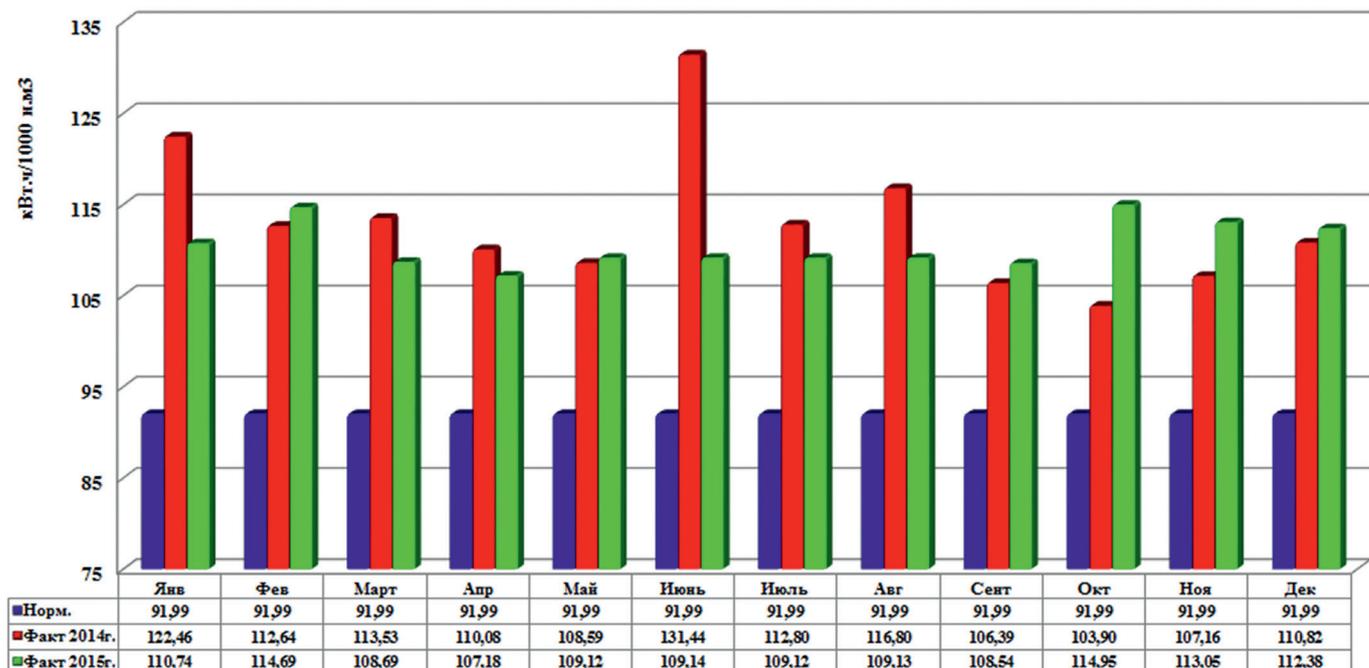
Крупный промышленный холдинг, одно из входящих в него производственных предприятий – крупный потребитель энергоресурсов: электроэнергия, вода, воздух. Доля энергоресурсов в стоимости продукции свыше 30 %. Количество корпусов на территории предприятия – более 50. Количество единиц оборудования – более 2000. Часть агрегатов потребляет два и более энергоресурсов при выпуске продукции.

#### Проблема

Повышенный расход энергоресурсов. На другом предприятии холдинга (с похожим производственным циклом и объемом выпуска продукции) удельное потребление энергоресурсов на 30 % ниже. Участились случаи выхода инженерных систем из строя.

#### Исходная задача

Для контроля и снижения затрат на энергоресурсы было решено внедрить комплексную автоматизированную систему технического учета выработки энергоресурсов



Анализ системы выработки сжатого воздуха

Сопоставление нормативных и фактических удельных норм расхода электроэнергии (кВт.ч) на выработку сжатого воздуха (м<sup>3</sup>) в 2014 и 2015гг. по месяцам

(сжатый воздух) и потребления (электроэнергия, вода, сжатый воздух) по группам и единичному энергоемкому оборудованию. Полученные данные должны импортироваться в систему 1С Предприятие.

**Решение**

С целью корректного выбора мест установки точек учета специалисты отдела энергоконсалтинга «Остек-СМТ» предложили провести целевой аудит инженерных систем (электроснабжение, водоснабжение, пневмосеть). На втором этапе предлагалась разработка детального технического задания и уточнение перечня точек учета. Третий этап включал реализацию, пусконаладочные работы, инструктаж сотрудников предприятия и подготовку исполнительной документации.

**Реализация**

В ходе первого этапа проекта – энергоаудита с использованием оборудования из собственного парка измерительных приборов, провели технические замеры. По результатам обследования был разработан перечень точек учета, предварительно определены места установки и подготовлена справка с тремя вариантами оборудования полевого уровня.

В ходе второго этапа с учетом полученных фактических данных и изучения специфики производственного процесса на предприятии специалисты «Остек-

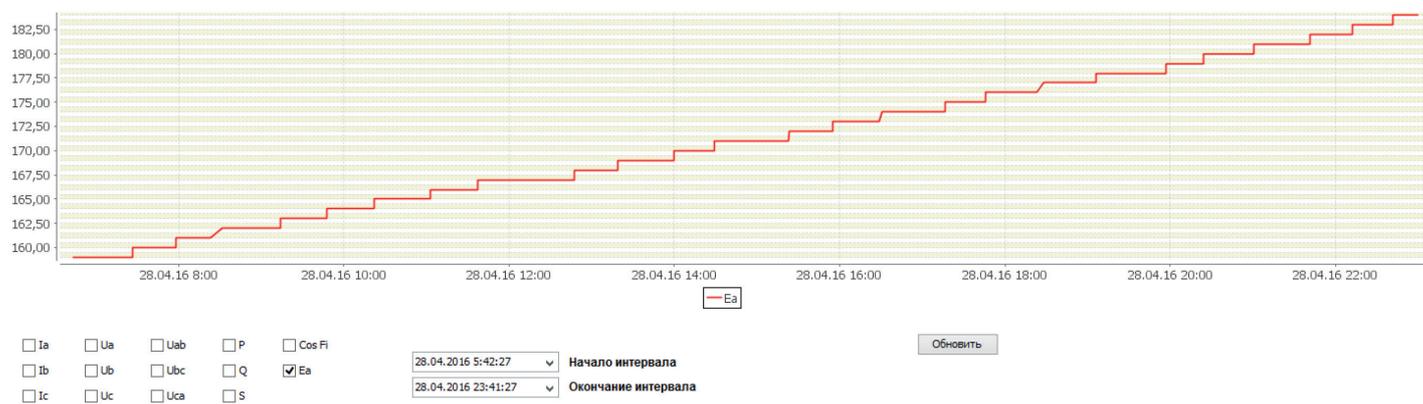
СМТ» предложили комплексное решение на базе ПАК «Синтиз», которое, в дополнение к функционалу по учету и потреблению энергоресурсов, включало мониторинг состояния ключевых технологических потребителей с периодом опроса 1 с в режиме реального времени. Мониторинг был организован через анализ параметров потребления энергоресурсов. После согласования и утверждения концепции решения было разработано детальное техническое задание, согласован перечень точек учета, разработана структура и режимы функционирования технического учета, согласованы экранные формы (интерфейс пользователей) и специализированные формы отчетов, алгоритмы рассылки отчетов и уведомлений.

**Результат**

Применение данного метода, кроме формирования полной картины по потреблению энергоресурсов, способствовало фиксации краткосрочных пиковых значений, отклонений в работе оборудования и таким образом помогло локализовать наиболее проблемные единицы оборудования и участки в инженерной инфраструктуре. Что позволило оперативно реагировать на отклонения в работе оборудования, сокращать количество и тяжесть аварий. Интеграция с 1С позволила провести детальный анализ себестоимости, оптимизировать ценообразование, увеличивая конкурентоспособность предприятия

**ТЕХНИЧЕСКИЙ УЧЕТ**

График потребления энергоресурсов



**Энергопотребление по дням**

Начало периода	Значение Ea, кВт/ч
2016-04-21	3.0
2016-04-22	21.0
2016-04-23	4.0
2016-04-25	18.0
2016-04-26	21.0
2016-04-27	21.0
2016-04-28	25.0
2016-04-29	15.0
2016-04-30	7.0
2016-05-04	7.0
2016-05-05	18.0
2016-05-06	18.0
2016-05-07	4.0
2016-05-10	9.0
2016-05-11	7.0

**по часам**

Начало периода	Значение Ea, кВт/ч
2016-04-27 21:00 - 22:00	2.0
2016-04-27 22:00 - 23:00	2.0
2016-04-27 23:00 - 00:00	0.0
2016-04-28 06:00 - 07:00	0.0
2016-04-28 07:00 - 08:00	2.0
2016-04-28 08:00 - 09:00	1.0
2016-04-28 09:00 - 10:00	2.0
2016-04-28 10:00 - 11:00	1.0
2016-04-28 11:00 - 12:00	2.0
2016-04-28 12:00 - 13:00	1.0
2016-04-28 13:00 - 14:00	2.0
2016-04-28 14:00 - 15:00	1.0
2016-04-28 15:00 - 16:00	2.0
2016-04-28 16:00 - 17:00	1.0
2016-04-28 17:00 - 18:00	2.0
2016-04-28 18:00 - 19:00	1.0
2016-04-28 19:00 - 20:00	2.0
2016-04-28 20:00 - 21:00	1.0

на рынке. Также было организовано автоматическое формирование отчетов по заданному расписанию и по запросам пользователей, что дало возможность на порядок сократить время на подготовку отчетов, повысить качество информации, исключить человеческий фактор.

С учетом комплексного эффекта от проведенного целевого энергоаудита и внедрения ПАК «Синтиз» период окупаемости проекта составил менее 6 месяцев. Предприятие вышло на показатели потребления энергоресурсов, сопоставимые с лучшими значениями по отрасли. Кроме того, сократилось количество и тяжесть поломок важного технологического оборудования благодаря своевременным предупреждениям от системы и оперативному реагированию со стороны персонала предприятия.

Приведенные примеры демонстрируют лишь часть возможностей ПАК «Синтиз». Широкий диапазон функционала комплекса позволяет говорить о зарождении нового класса «умных» автоматизированных систем – SIAM-системы (Smart Industrial Asset Management – интеллектуальное («умное») управление производственными активами).

Особенности данной категории 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.
- Разработка рекомендаций на основе анализа огромного массива данных встроенной системы поддержки принятия решений.
- 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. 

---

**В нынешнее непростое время такие системы как ПАК «Синтиз» являются настоящей «находкой» для производства. При сравнительно невысоких затратах на внедрение «Синтиз» дает практически моментальный эффект, в чем убедились уже многие отечественные предприятия.**



Экономия времени

1. Совещания:  
 2ч. в нед. x 45 нед. =  
 = 90 часов в год

2. Обходы:  
 Понедельник-четверг  
 2ч. в нед. = 90 часов в год

3. Отчеты:  
 1ч. 20 мин. в нед. =  
 = 30 часов в год

Итого: 90+90+30 =  
 = 210 часов в год!

1-й год работы  
 ПАК "СИНТИЗ"  
 Показатели производства

1. Снижение энергозатрат	4,2%
2. Коэф-т закр. оборудования	53 → 68%
3. Соэф. ТОиР	13%

— Рыбалка с Сергеем ✓  
 — В отпуск с семьей ✓  
 — ЧМ по хоккею ✓  
 — С машиной в Париж ✓



Повышение скорости и качества принятия управленческих решений

Сокращение затрат на обслуживание и эксплуатацию парка оборудования

Повышение качества взаимодействия служб предприятия

Повышение эффективности использования оборудования и сокращение срока его окупаемости

Повышение качества и скорости подготовки отчетов

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)



# ТЕХПОДДЕРЖКА

## Из грязи в князи или чем **ОЧИЩАТЬ** оборудование для пайки



Текст: **Денис Поцелуев**



«От беспорядка всякое дело шатко» гласит русская пословица. Эти слова применимы не только к повседневной жизни человека, но и к производству. Когда на производстве чистота и порядок – и работать хорошо, и не стыдно его показывать существующим и потенциальным заказчикам.

Основное оборудование, используемое для пайки при производстве электроники в России – печи конвекционного оплавления, установки селективной пайки и пайки волной припоя. Необходимость регулярной очистки такого оборудования не вызывает сомнений. Чем, как, как часто осуществлять очистку оборудования – такие вопросы инженеры Остека получают от заказчиков регулярно. В статье мы расскажем, как и какие средства для этого использовать, чем отмывать особо сильные и застарелые загрязнения, а также приведем результаты испытаний.

Состояние паяльного оборудования, преимущественно печей оплавления, на многих отечественных предприятиях требует особого внимания. Практика общения с сотрудниками производств электроники свидетельствует о том, что отмывка печей оплавления – задача актуальная и требующая внимания. Опытном посещения одного из предприятий поделился ведущий инженер отдела технического сопровождения ООО «Остек-Интегра», сертифицированный IPC-тренер Роман Порядин: «Во время визитов к нашим заказчикам я нередко вижу сильные загрязнения в печах оплавления. Иногда это может вызывать проблемы при настройке термопрофиля и отладке процесса пайки. Нагар и закоксованные остатки флюса изменяют теплопередачу, в результате чего температура в зонах оплавления не соответствует параметрам, заявленным производителем оборудования. Неправильная теплопередача может также стать причиной увеличения количества дефектов пайки. Был

случай, когда открыв печь оплавления, увидел целую паутину пригоревшего флюса, который в процессе пайки попадал на печатные платы. Сами понимаете, ничего хорошего в этом нет. Регулярно получаю вопросы от клиентов с просьбой порекомендовать эффективное средство для очистки оборудования. Я лично с какими только средствами очистки на производствах не сталкивался: начиная от бытовых средств для очистки духовок и плит и заканчивая газированными напитками. Эффективность таких методов спорная, так как при большом расходе жидкостей приходится прилагать много усилий, чтобы соскрести нерастворенные загрязнения».

В линейке отмывочных жидкостей Zestron есть несколько специализированных продуктов для очистки установок пайки: Vigon RC®101, Vigon RC®303 (рис. 1, Т 1), Atron® SP200 (Т 2). Vigon® RC 303 является следующим поколением жидкости Vigon® RC 101 и обладает



1  
Vigon RC® 303 жидкость для очистки оборудования



2  
Удаление загрязнений в печи оплавления с помощью Vigon RC® 303

Т 1  
Технические данные Vigon RC® 303

Плотность (г/см <sup>3</sup> ) при 20°C	1,01
Поверхностное натяжение (мН/м) при 25°C/77°F	31,8
Диапазон кипения °C	> 99
Точка вспышки, °C	Нет
pH 10 г/л H <sub>2</sub> O	10,1
Давление паров (мбар) при 20°C/68°F	прибл. 22
Температура отмывки, °C	20 - 50
Растворимость в воде	Отлично растворяется
Рабочая концентрация	В чистом виде
HMIS-рейтинг (Здоровье-Пожароопасность-Реактивность)	0-0-0

Т 2  
Технические данные Atron® SP 200

Плотность (г/см <sup>3</sup> ) при 20°C/68°F	1,03 гр./см <sup>3</sup>
Поверхностное натяжение (мН/м), при 25°C/77°F	32 мН/м
Диапазон кипения, °C	100 - 174
Точка вспышки, °C	нет
pH 10 г/л H <sub>2</sub> O	11,5
Температура отмывки, °C	20 - 70
Растворимость в воде	Растворяется
Концентрация раствора	15 - 20%



3, 4, 5

Печь оплавления Pyramax 98A до удаления загрязнений

улучшенной очищающей способностью, сохраняя при этом тот же высокий уровень безопасности в эксплуатации. Vigon® RC 303 эффективно удаляет конденсированные остатки флюса после пайки, нагар и продукты распада, образующиеся в процессе пайки. При регулярной очистке печей оплавления остатки флюса не успевают сильно наслоиться и затвердеть, поэтому Vigon® RC 303 отлично справляется с их удалением (рис. 2). Жидкость особенно эффективна, если ее наносить на теплые поверхности, что дополнительно сокращает время обслуживания оборудования. Так как жидкость на водной основе, риск воспламенения полностью исключен.

Для особо въевшихся загрязнений и очистки паяльных рамок и ловушек конденсата рекомендуется использовать несколько жидкостей в комплексе: Vigon® RC 303 для предварительной очистки и Atron® SP 200 для удаления сильных загрязнений. ATRON® SP 200 – отмывочная жидкость на водной основе, специально разработанная для отмывки трудноудаляемых остатков флюсов с поверхности рабочих частей печей оплавления, установок пайки волной припоя, паллет, подплатников, паяльных рамок и ловушек для конденсата.

Для оценки эффективности жидкостей Vigon® RC 303 и Atron® SP 200 специалисты Остека провели испытания на оборудовании одной из ведущих компаний в области производства современной электроники. Момент выдался удачный, поскольку на производство недавно привезли печь оплавления Pyramax 98A с довольно

сильными загрязнениями, и стояла задача привести ее в порядок перед началом эксплуатации (рис. 3, 4, 5).

Первоначально на все загрязненные участки была нанесена жидкость Vigon RC® 303, готовый раствор. Удобный распылитель позволяет наносить жидкость даже в труднодоступные места. Буквально через полминуты становится видно, как остатки флюса начинают постепенно растворяться и стекать по стенкам. После этого достаточно удалить растворившиеся загрязнения тканым или бумажным материалом. При необходимости можно повторить процедуру (рис. 6, 7, 8). На те участки, где загрязнения полностью не растворились, была нанесена жидкость Atron® SP 200. Эта жидкость поставляется в виде концентрата, поэтому для приготовления готового раствора необходимо использовать воду. Жестких требований по качеству воды нет, в данном случае была использована проточная вода. Рекомендуемая концентрация раствора – 10-20 %. При особо сильных загрязнениях рекомендуется увеличить концентрацию до 50 %. Готовый раствор лучше всего наносить распылением.

Atron® SP 200 можно использовать в ваннах для замачивания деталей установок пайки (ловушки конденсата, паяльные рамки и т.п.), а также в установках струйной и ультразвуковой отмывки. Для усиления эффекта раствор можно нагреть. В сравнении с традиционными средствами очистки на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) ATRON® SP 200 обладает повышенным сроком жизни в ванне до 3-8 раз.



6, 7, 8

Удаление загрязнений с помощью Vigon RC® 303

Так как очистка установок и деталей в основном производится вручную, используемая жидкость должна гарантировать безопасность для здоровья. Данные по безопасности Atron® SP 200 и Vigon® RC 303 для здоровья человека подтверждаются в технической документации на продукцию.

Таким образом, используя комбинацию двух жидкостей для очистки оборудования – Vigon RC® 303 и Atron® SP 200 – удалось выполнить поставленную задачу по очистке печи оплавления от остатков флюса после пайки, нагара и продуктов распада на 100 % (рис. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15). Отличительными особенностями этих жидкостей является хорошая совместимость с алюминиевыми, латунными и эпоксидированными поверхностями, отсутствие пятен на оборудовании и простота в применении.

До приезда специалистов Остека главный технолог пытался удалить нагар другими средствами, которые тоже позиционируются как специальные очистители. Однако ощутимого эффекта добиться не удалось. Результат применения отмывочных жидкостей Zestron превзошел все его ожидания. Поэтому жидкости для очистки печи оплавления Vigon RC® 303 и ATRON® SP 200 будут внесены в регламент регулярно обслуживания оборудования.

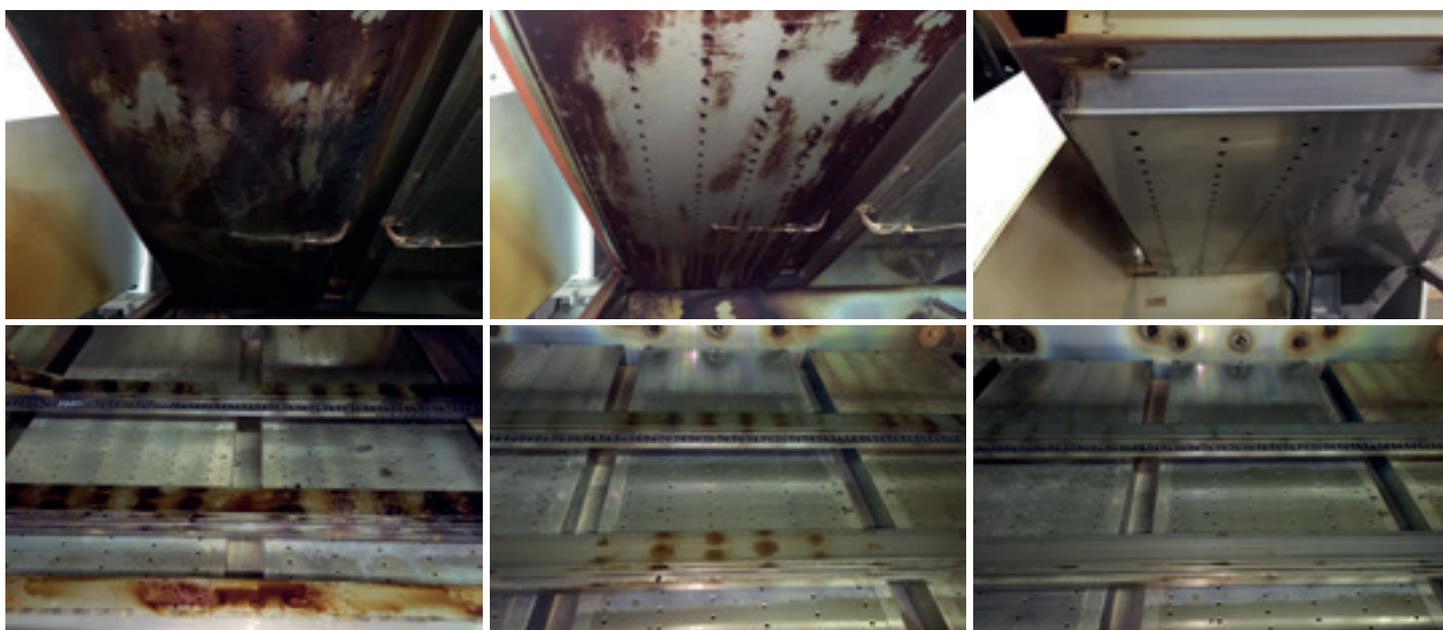
Используя современные высокоэффективные технологические материалы в процессах обслуживания и очистки оборудования для пайки, можно значительно повысить эффективность производства, получив:

- значительное сокращение усилий, затрачиваемых на очистку;
- снижение времени простоя оборудования;
- повышение надежности и производительности процесса пайки;

- сохранение качества выпускаемой продукции;
- уменьшение общей стоимости производственного процесса;
- соблюдение норм охраны труда на производстве.

Также необходимо тщательно подходить к выбору жидкости для очистки оборудования от нагара и остатков флюса, ориентируясь на ее эффективность и безопасность применения на предприятии.

Если установкам пайки, будь это печь оплавления или установка волновой или селективной пайки, требуется очистка от загрязнений, заказывайте комплект высокоэффективных жидкостей Vigon RC® 303 и Atron® SP 200. Для заказа комплекта и проведения испытаний жидкостей на вашем производстве обращайтесь к специалистам ООО «Остек-Интегра» по электронной почте [materials@ostek-group.ru](mailto:materials@ostek-group.ru) или по телефону 8 (495) 788-44-44. 



9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Удаление загрязнений с помощью Vigon RC® 303

# Почему аналоговый генератор сигналов компании **AnaPico?** не имеет аналогов? ■



Текст: Арсений Подолько



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.

Генераторы сигналов СВЧ/ВЧ-диапазона широко используются в электронике, особенно в приложениях аэрокосмической и оборонной промышленности, а также на предприятиях, где требуется тестировать и разрабатывать устройства связи и радиотехнические устройства. Генератор сигналов должен обеспечивать высокостабильный тестовый сигнал заданной мощности и поддерживать модуляцию сигналов с требуемой точностью. А поскольку каждое радиотехническое устройство участвует в преобразовании радиотехнических сигналов, генератор сигналов – это незаменимое измерительное оборудование в каждой лаборатории. Однако несмотря на массовое применение данного оборудования до недавнего времени в применении этих устройств оставались нерешенные проблемы:

- не существовало оптимального решения по многоканальным фазокогерентным генераторам сигналов, выполненных в одном корпусе, до 20 ГГц с низким уровнем фазовых шумов каждого канала в отдельности, а предлагаемые решения по синхронизации нескольких генераторов были громоздкими и дорогостоящими;
- известные производители не предлагали на выбор заказчику варианты портативного, стоечного и лабораторного исполнения, в результате чего заказчик переплачивал за генераторы сигналов лабораторного исполнения, которые в полевых реальных условиях не могли работать, например, от батарейного питания;
- согласно многим методикам поверки генераторов для проведения работ по поверке необходимы такие средства измерения, которые являются эталонами или существуют в нескольких экземплярах. Это делает невозможным проведение работ по поверке прибора на самом предприятии заказчика;
- для оборонной и аэрокосмической промышленности требуются генераторы сигналов с ультранизким уровнем фазовых шумов и возможностью модулирования сигналов короткими импульсами с быстрой перестройкой частоты. Зачастую поставка таких приборов сильно осложнена санкционной ситуацией, в которой оказались большинство стран-экспортеров подобного оборудования.

Каждый производитель стремится не только добиться высоких измерительных характеристик своих генераторов, но и решить перечисленные проблемы. На сегодняшний день полностью выполнить эту задачу смогла только швейцарская компания AnaPico со штаб-квартирой в городе Цюрих (рис. 1). AnaPico производит контрольно-измерительное оборудование для широкого круга задач по измерениям в ВЧ- и СВЧ-диапазонах частот. Компания постоянно развивается, вкладывая значительные ресурсы в создание лучшей в своем классе

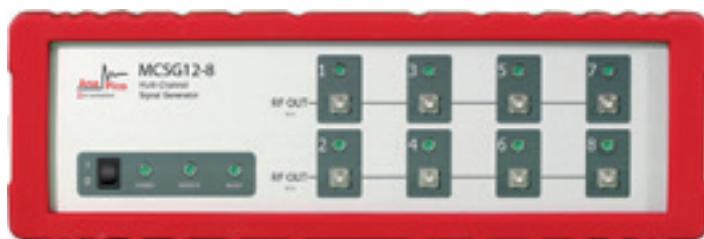


1 Штаб-квартира AnaPico в городе Цюрих, Швейцария

производительности, стремится диверсифицироваться в наиболее важных функциях и поставлять заказчикам надежные решения. Именно поэтому на все приборы распространяется 5-летняя гарантия, тем самым производитель полностью подтверждает надежность своего оборудования. Производство и тестирование оборудования осуществляется непосредственно в Швейцарии. Высокие стандарты качества, которые является основополагающими для компании, позволяют ей достигать высокой производительности и обеспечивать конкурентоспособные характеристики производимых приборов.

## Многоканальные и одноканальные системы AnaPico

Компания предлагает одноканальные T 1 и многоканальные системы генерации сигналов до 8 каналов. Многоканальные системы (рис. 2) обладают высокой межканальной фазовой стабильностью и, одновременно, выгодны для использования в интеграции, так как высокая производительность системы сочетается с приемлемой ценой за каждый канал системы T 2.



2 Многоканальный генератор сигналов MCSG12-8 AnaPico

## Выбор корпусного исполнения генераторов AnaPico

Форм-факторы генераторов сигналов AnaPico:

- Компактный, легковесный и портативный модуль (режим работы от внутреннего аккумулятора). Такой модуль можно использовать в полевых испытаниях, а также при дистанционном управлении по месту эксплуатации (рис. 3).



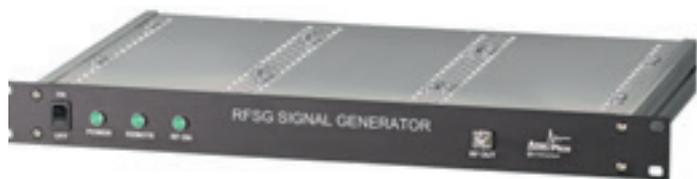
3

Генератор сигналов AnaPico в портативном исполнении. Потребляемая мощность 15 Вт, вес 2,5 кг, есть возможность работы от внутреннего аккумулятора до 8 часов, предусмотрено стандартное питание от сети

T 1

Сравнительные характеристики одноканальных генераторов сигналов AnaPico

	RFSG12	RFSG20	RFSG26
Количество каналов	1	1	1
Частота			
Диапазон частот	100 кГц - 12,0 ГГц	100 кГц - 20,0 ГГц	100 кГц - 26,5 ГГц
Разрешение по частоте	0,001 Гц	0,001 Гц	0,001 Гц
Скорость переключения частоты	0,4 мс	0,4 мс	0,3 мс
Опция FS	0,03 мс	0,03 мс	0,03 мс
Уровень			
Динамический диапазон (опция HP, PE3)	-90 до +25 дБм	-20 до +15 дБм	-20 до +15 дБм
Абсолютная погрешность установки уровня	0,3 дБ	0,3 дБ	0,3 дБ
Чистота спектра	-40 дБн	-40 дБн	-40 дБн
Гармоники			
Фазовый шум на несущей 1 ГГц	-80 дБн/Гц	-80 дБн/Гц	-80 дБн/Гц
Отстройка 10 Гц			
Отстройка 20 кГц	-128 дБн/Гц	-128 дБн/Гц	-128 дБн/Гц
Опция LN	-70 дБн/Гц	-70 дБн/Гц	-70 дБн/Гц
Отстройка 1 Гц			
Отстройка 100 кГц	-140 дБн/Гц	-140 дБн/Гц	-140 дБн/Гц
АМ/ЧМ/ФМ/ИМ- и ЛЧМ-модуляция			
Параметры импульсной модуляции			
Соотношение уровней	70 дБ	70 дБ	70 дБ
Частота повторение уровней	DC до 10 МГц	DC до 10 МГц	DC до 10 МГц
Ширина импульса	30 нс до 100 мкс	30 нс до 100 мкс	30 нс до 100 мкс
Время нарастания/спада	7 нс (тип.)	7 нс (тип.)	7 нс (тип.)



4 Генератор сигналов AnaPico в стоечном исполнении

- Стандартизированный корпус для монтажа в 19-дюймовую стойку высотой 1U. Корпус в данном исполнении используется в стоечных решениях в задачах с высокой пропускной способностью, когда пространство под приборы ограничено (рис. 4).



5 Генератор сигналов AnaPico в лабораторном исполнении

- Настольное исполнение прибора с сенсорным экраном для быстрого и удобного управления устройством в лаборатории (рис. 5).

Т 2 Сравнительные характеристики многоканальных генераторов AnaPico

МОДЕЛЬ	MCSG3	MCSG6-2 MCSG6-3 MCSG6-4 MCSG6-8	MCSG12-2 MCSG12-3 MCSG12-4 MCSG12-8	MCSG20-4
Количество каналов	3	2/3/4/8	2/3/4/6/8	4
Частота				
Диапазон частот	9 кГц до 3 ГГц	10 МГц – 6,2 ГГц	10 МГц – 12,5 ГГц	10 МГц – 20 ГГц
Разрешение по частоте	1 Гц	0,1 Гц	0,1 Гц	0,1 Гц
Скорость переключения частоты	0,5 мс	0,05 мс	0,05 мс	0,05 мс
Уровень				
Динамический диапазон	-30 до +15 дБм	-20 до +18 дБм	-20 до +15 дБм	-20 до +18 дБм
Абсолютная погрешность установки уровня	0,25 дБ	0,25 дБ	0,25 дБ	0,25 дБ
Чистота спектра Гармоники	-30 дБн	-35 дБн	-35 дБн	-35 дБн
Фазовый шум на несущей 1 ГГц				
Отстройка 20 кГц	-120 дБн/Гц	-135 дБн/Гц	-135 дБн/Гц	-135 дБн/Гц
АМ/ИМ Модуляция	АМ/ИМ	ИМ	ИМ	ИМ
Параметры импульсной модуляции				
Частота повторение уровней	0,1 Гц до 500 кГц	0,1 Гц до 20 МГц	0,1 Гц до 20 МГц	0,1 Гц до 20 МГц
Минимальная ширина импульса	50 нс	50 нс	50 нс	50 нс
Время нарастания/спада	10 нс (тип.)	10 нс (тип.)	10 нс (тип.)	10 нс (тип.)

Заказчик может выбрать корпус прибора в момент формирования заказа, достаточно указать соответствующий артикул: например, опция 1URM означает изготовление прибора в стойечном исполнении, опция TP (Touch Panel) – прибор в лабораторном исполнении.

## Поверка генераторов сигналов AnaPico

Все генераторы сигналов AnaPico прошли испытания по утверждению типа во ФГУП «ВНИИФТРИ» (Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»). ВНИИФТРИ – крупнейший научный метрологический институт, именно там хранится первичный государственный эталон времени.

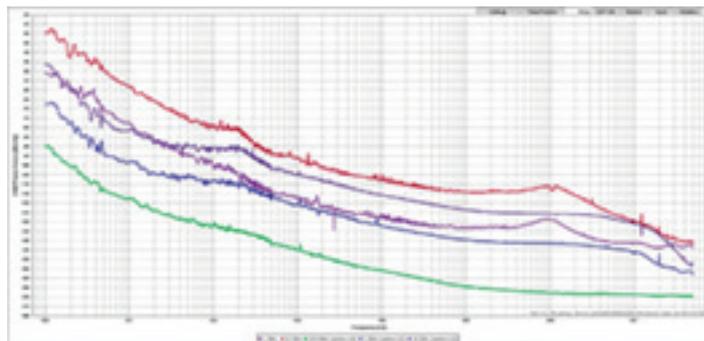
Важно, что в методике поверки указаны стандартные средства измерения, т.е. поверка может осуществляться на базе известного и доступного зарубежного или отечественного оборудования. Большинство крупных предприятий оборудованы собственными метрологическими лабораториями, что позволяет проводить работы по поверке приборов на месте, сокращая тем самым дополнительные расходы. При необходимости можно запросить методику поверки на оборудование AnaPico у специалистов ООО «Остек-Электро».

## Производительность генераторов сигналов AnaPico

Генераторы сигналов AnaPico обладают образцово-показательными характеристиками в своем классе и могут применяться как в полевых условиях, так и на рабочем месте в лабораториях. Модельный ряд начинается от 9 кГц и объединяет высокую выходную мощность, исключительные характеристики уровня фазовых шумов и быструю скорость переключения частоты. Со стороны производителя нет никаких ограничений по продаже и распространению приборов AnaPico на территории РФ, также производитель предоставляет стандартную 5-летнюю гарантию на приборы для России и для стран таможенного союза.

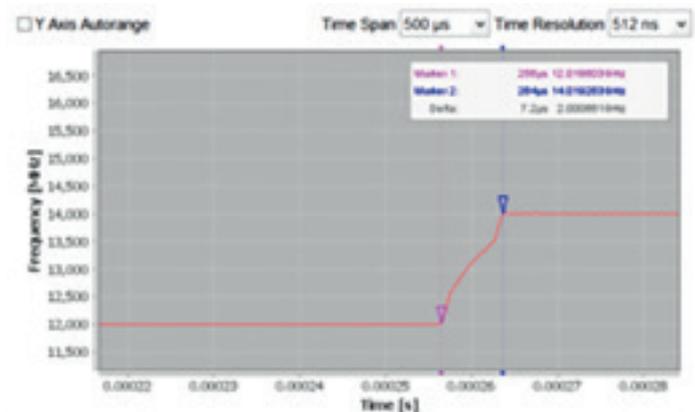
Основные технические характеристики генераторов сигналов AnaPico:

- ультранизкий уровень фазовых шумов -138 дБн/Гц (1 ГГц отстройка 20 кГц);
- возможность работы от встроенного аккумулятора в полевых условиях;
- высочайшая скорость перестройки частоты 30 мкс;
- уровень выходной мощности до +27 дБм;
- три варианта корпусного исполнения (портативный, стойечный 1U 19\*, лабораторный);
- АМ/ЧМ/ФМ/ИМ- и ЛЧМ-модуляция;
- одноканальные и многоканальные модели (до 8 каналов).



6

Однополосный фазовый шум



7

Измеренная скорость перестройки частоты генератора сигналов AnaPico RFSG20 7 мкс

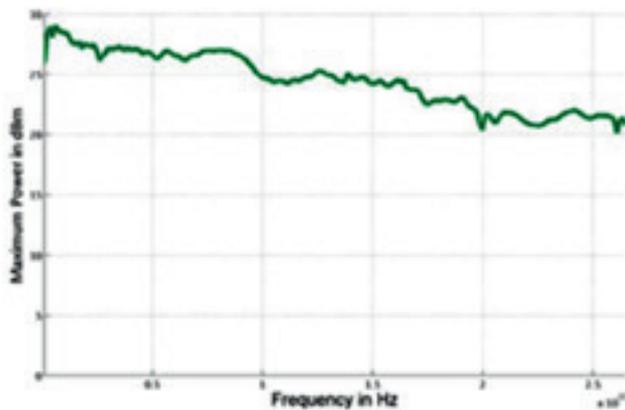
**Генераторы сигналов AnaPico обладают образцово-показательными характеристиками в своем классе и могут применяться как в полевых условиях, так и на рабочем месте в лабораториях.**

Низкое значение джиттера и однополосного уровня фазовых шумов являются стандартом качества для генераторов сигналов AnaPico (рис. 6). При более высоких требованиях к данным параметрам, например, в задачах по тестированию или измерению чувствительности приемника, для генераторов сигнала доступна опция «Ультранизкий уровень фазовых шумов».

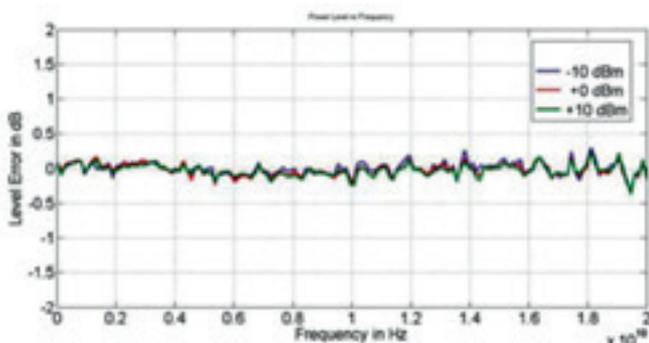
Точное представление об уровне фазовых шумов прибора позволяет получать надежные результаты при тестировании радиоприемников и радиопередатчиков. В большинстве задач есть требования к уровню фазовых шумов при отстройке от 10 до 100 кГц. Но также стоит обращать внимание на уровень фазовых шумов при низких отстройках, так как это значительно ухудшает джиттер сигнала. В 2017 году компания AnaPico планирует улучшить уровень фазовых шумов на 10-12 дБ.

Уровень негармонических составляющих генераторов сигнала AnaPico составляет -90 дБн (тип) при несущей до 5 ГГц и отстройках до 3 кГц. Время установки частоты и уровня генераторов до 30 мкс – это решающий параметр, обеспечивающий максимальную пропускную способность. Благодаря времени установки частоты и уровня менее 200 мкс в обычном режиме и 30 мкс в режиме работы по списку генераторы сигналов идеально подходят для задач, где требуется скачкообразная перестройка частоты, а также для задач по тестированию полупроводниковых приборов. Особенно актуальна скорость перестройки частоты в радиолокационных приложениях: на графике (рис. 7), представлено замеренное значение скорости перестройки частоты на генераторе AnaPico RFSG20 в 7 мкс. В настоящее время большинство производителей могут предложить только 3 мс или 5 мс в стандартных комплектациях прибора.

Генераторы сигналов AnaPico обладают выходной мощностью до +27 дБм, при этом может быть установлено разрешение по амплитуде 0,01 дБ. Динамический диапазон выбранных моделей может быть расширен вниз (опция) с помощью шагового аттенюатора до -130 дБм. Требования к повышенной мощности особенно важны при использовании генератора сигналов в качестве сигнала гетеродина или при тестировании высокоомощных усилителей. На рис. 8 и 9 представлены графики измеренных значений выходной мощности генераторов AnaPico и погрешности установки уровня мощности.



8 Максимальная выходная мощность генераторов AnaPico



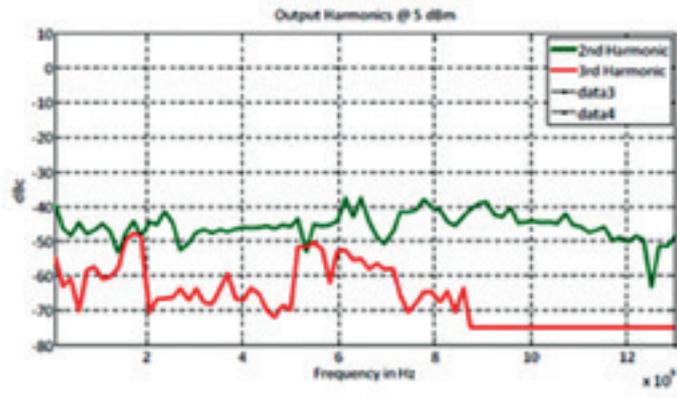
9 Погрешность установки уровня мощности генераторов AnaPico

## Внутренний импульсный модулятор генераторов AnaPico со встроенным внутренним генератором импульсов позволяет генерировать сигналы ИМ с быстрым временем нарастания и высоким отношением уровня мощности в состояниях включено-выключено

Примечательно, что несмотря на высокий уровень максимальной выходной мощности погрешность установки уровня мощности у генераторов AnaPico соответствует классу передовых производителей приборов. Говоря об уровне сигнала, всегда следует приводить данные уровня гармоник сигнала, поскольку заявленная большая мощность чаще всего будет неэффективна при большом уровне гармонических сигналов. На рис. 10 представлены измеренные значения гармоник генератора сигналов AnaPico.

Типовое значение гармоник – минус 40 дБн. Если требуется улучшить этот показатель до минус 60 дБн, рекомендуется поставить фильтр нижних частот на выходе генератора сигналов. При выборе генератора сигналов нужно ориентироваться на показатель уровня гармоник, поскольку модели с лучшим показателем уровня гармоник стоят почти в 2 раза дороже, а приобретение фильтра нижних частот с первоклассными характеристиками обойдется всего в 200-300 \$. Решение рекомендуется принимать методом альтернативных издержек: приобретая модель генератора в 2 раза дороже (где уровень гармоник: -60 дБн), вы отказываетесь от приобретения еще одного генератора сигнала в базовой конфигурации или другого измерительного оборудования за ту же стоимость, а рамках ОКР вы жертвуете потенциальным фондом заработной платы, приобретая более дорогие основные средства. Так как у каждой задачи есть множество особенностей, выбор между моделью генератора со сверхнизкими гармониками в -60 дБн или с фильтром нижних частот остается за пользователем.

С помощью трех внутренних источников модуляции и нескольких входов для внешней модуляции можно учесть требования по созданию сигналов со сложным типом модуляции. Внутренний импульсный модулятор генераторов AnaPico со встроенным внутренним генератором импульсов позволяет генерировать сигналы ИМ с быстрым временем нарастания и высоким отношением уровня мощности в состояниях включено-выключено, что наиболее востребовано при тестировании сигналов РЛС на несущей и промежуточной частоте, а также при тестировании на электромагнитную совме-



10

Значение гармоник генератора сигналов AnaPico RFSG20

стимость и задачах радиоэлектронного взаимодействия. Обширный режим свипирования обеспечивает цифровое свипирование несущей частоты и уровня мощности сигнала дискретными шагами. Пользователь может установить точку старта, остановки, количество точек (или величину шага), а также время удержания в каждой точке, максимальное количество точек – 65536. Сигнал управления свипированием может подаваться через BNC-вход на задней панели для запуска, остановки и задания величины шага.

Все виды модуляции сигналов, в том числе ЛЧМ, включены в стандартную комплектацию.

Помимо управления прибором с помощью кнопок на передней панели в комплекте поставки к каждому генератору сигналов AnaPico идет CD-диск с программным обеспечением. Интуитивно понятный графический интерфейс позволяет легко управлять оборудованием. Программное обеспечение может устанавливаться на любую операционную систему Windows™. После загрузки GUI автоматически обнаружит все подключенные приборы AnaPico к компьютеру через интерфейсы GPIB, LAN или GPIB (рис. 11).



11

Графический интерфейс пользователя генератора AnaPico

**Выбор генератора включает несколько этапов. Необходимо определить области решаемых задач, а затем – решающие параметры для выполнения задачи**

### Как выбрать генератор сигналов ВЧ/СВЧ-диапазона

Выбор генератора включает несколько этапов. Сначала необходимо определить области решаемых задач: моделирование сигналов из внешней среды, использование в качестве передатчика при тестировании антенн, работа вместо гетеродина при тестировании радиоприемника/передатчика, подача сигнала стимула для радиотехнического устройства.

Далее нужно определить решающие параметры для выполнения задачи. Среди них могут быть: диапазон рабочих частот, уровень выходной мощности, уровень гармоник, уровень фазовых шумов, время установки частоты и уровня, погрешность установки уровня, требования к модуляции.

### Сопоставление моделей генератора

Сопоставления технических характеристик моделей недостаточно, чтобы сделать окончательный выбор, так как часть характеристик одного прибора может быть лучше или хуже, чем у другой модели.

При выборе важно учитывать срок гарантийного обслуживания. Если производитель не дает гарантию больше определенного периода бесплатно, то согласно МСФО (IAS 37) «Резервы, условные обязательства и условные активы» это означает, что производитель предполагает выход из строя оборудования или его составных частей с высокой вероятностью. Поэтому рекомендуется брать расширенную гарантию или узнавать стоимость ремонта после завершения гарантийного периода. Производитель ведет статистику поломки приборов в вероятностном отношении на каждую модель. Это означает, что приборы нужно сравнивать по цене при равном сроке гарантии. Например, в случае предложения трех приборов со сроками гарантии 5 лет, 3 года и 1 год необходимо расширить гарантию до 5 лет в двух других приборах и повторить сравнение по цене.

ТЗ

Преимущества генераторов AnaPico при решении некоторых типовых задач

ЗАДАЧА	СПИСОК РЕШАЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ, (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ)	ПРЕИМУЩЕСТВА ВЫБОРА ГЕНЕРАТОРА ANAPICO
Имитация сигналов внешней среды, сигналов РЛС	Диапазон рабочих частот Параметры импульсной модуляции Уровень фазовых шумов	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Возможность работы в полевых условиях от аккумулятора</li> <li>■ Все виды модуляции сигналов в стандартной комплектации, в том числе ЛЧМ</li> <li>■ Высокие технические характеристики:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>■ уровень фазовых шумов -138 дБн/Гц;</li> <li>■ максимальная выходная мощность +27 дБн;</li> <li>■ время нарастания сигналов с ИМ от 7 нс.</li> </ul> </li> <li>■ Уровень цен на 30-50 % ниже, чем у представленных на рынке аналогов</li> </ul>
Использование генератора сигналов в качестве генеродина	Диапазон рабочих частот Погрешность установки частоты Выходная мощность Уровень фазовых шумов Скорость перестройки частоты	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Возможность работы в полевых условиях от аккумулятора</li> <li>■ Высокие технические характеристики:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>■ уровень фазовых шумов -138 дБн/Гц;</li> <li>■ максимальная выходная мощность +27 дБн;</li> <li>■ время нарастания сигналов с ИМ от 7 нс;</li> <li>■ скорость перестройки частоты 30 мкс;</li> <li>■ погрешность установки уровня 0,3-0,6 дБ.</li> </ul> </li> <li>■ Уровень цен на 30-40 % ниже, чем у представленных на рынке аналогов</li> </ul>
Использование генератора сигналов при тестировании нелинейных искажений	Диапазон рабочих частот Динамический диапазон Уровень гармонических искажений Погрешность установки частоты Погрешность установки уровня	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Возможность работы в полевых условиях от аккумулятора</li> <li>■ Модели двух-, четырехканальных генераторов сигнала, что позволяет измерять интермодуляционные искажения, используя один прибор вместо двух</li> <li>■ Высокие технические характеристики:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>■ уровень гармоник -40 дБн;</li> <li>■ уровень негармонических составляющих -30 дБн;</li> <li>■ максимальная выходная мощность +27 дБн;</li> <li>■ погрешность установки уровня 0,3-0,6 дБ.</li> </ul> </li> <li>■ Уровень цен на 40-50 % ниже, чем у представленных на рынке аналогов</li> </ul>
Построение фазокогерентных многоканальных систем		Модели генераторов двух-, четырех- и восьмиканальные. Все каналы независимые. Компактное решение в одном корпусе и с единым пользовательским интерфейсом. <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Высокие технические характеристики:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>■ уровень фазовых шумов -135 дБн/Гц;</li> <li>■ импульсная модуляция в стандартной комплектации;</li> <li>■ высокая выходная мощность +18 дБм;</li> <li>■ межканальный джиттер 100 фс.</li> </ul> </li> </ul>

Также важна возможность поверки в собственной метрологической службе. Если такая возможность исключается, необходимо иметь подменную модель на время периодической поверки минимум на 2 недели испытаний без учета логистики. Стоимость работ поверки приборов некоторых производителей может достигать до 80 000 рублей за прибор.

Сравнение решения по цене: выбирается самое дорогое предложение и сравнивается, за какие технические характеристики предлагается платить больше, чем у моделей другого производителя. Бывают ситуации, когда один прибор лучше другого по одной характеристике, но в то же время хуже по другой и при этом дороже в 1,5 раза! И здесь решение принимается в зависимости от приоритетов задачи.

Существует еще одно альтернативное решение: необходимо сравнить разницу стоимостей приборов и определить, какое еще оборудование можно приобрести за эту сумму.

Для выбора решения по нескольким типовым задачам можно воспользоваться **ТЗ**.

---

**В настоящей статье были рассмотрены решения по генерированию сигналов и предложен алгоритм выбора генераторов сигнала. Сегодня на рынке в этой области представлено большое количество производителей: технические характеристики их моделей, условия гарантии, а также уровень цен значительно варьируются. Используя материалы статьи, можно составить для себя перечень приоритетов и выбрать действительно нужное решение среди многообразия поставщиков. **



# 3D MID

## Технология или искусство?

### Экономия

- Меньшее количество компонентов.
- Короткий производственный процесс.
- Возобновляемые расходные материалы.
- Увеличенная надежность.

### Экологичность

- Сокращение количества используемых материалов.
- Переработка материалов.
- Снижение расходов материалов.
- Щадящее воздействие на окружающую среду.

### Гибкость конструирования

- Интеграция электронных механических и оптических систем.
- Высокая гибкость форм изделий.
- Миниатюризация.
- Новая функциональность.

3D-MID — это полная свобода проектирования электроники.

Решение позволяет придать термопластику любую форму, а потом создать на нем 3D-проводники и установить электронные компоненты. Уменьшается число входящих элементов, понижается материалоемкость и повышается надежность. 3D-MID — это высокая гибкость и миниатюризация, огромный простор для проектирования и возможность создавать произведения искусства в области современных технологий.

### Области применения технологии 3D-MID



Автомобильная  
индустрия



Платежные  
системы



Медтехника



Телекоммуникации



www.3dmid.ru

Тел.: (495) 788-44-44  
info@3dmid.ru



будущее  
создается



## 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)

