

02 (42) апрель 2019

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Научно-практический журнал

ПЕРСПЕКТИВЫ

Антон Большаков

8 ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ –
ЭТО «НОВАЯ НОРМАЛЬНОСТЬ»

ОПТИМИЗАЦИЯ

Андрей Шкодин

34 БЕРЕЖЛИВОЕ
ПРОИЗВОДСТВО 4.0

ТЕХПОДДЕРЖКА

Игорь Дегтярев
Владимир Бабкин

56 БЕЗМАСОЧНАЯ ФОТОЛИТОГРАФИЯ –
ПОТРЕБНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА



productronica

SEMICON
EUROPA

Международные выставки электроники, технологий, оборудования и материалов для производства радиоэлектронной аппаратуры

PRODUCTRONICA '19 SEMICON EUROPA'19

Станьте участником всех самых ярких событий выставок!

11-15 ноября
2019 г.

Германия,
Мюнхен

От 850 Евро
на 5 дней*

* цена указана без НДС. Оплата по курсу ЦБ на день оплаты. В стоимость включено: перелет, проживание, экскурсия в политехнический музей, входной билет и русскоязычное сопровождение на выставке, посещение производств, приветственный ужин.



ВИЗОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Мы поможем в формировании правильного пакета документов, оформлении приглашения, анкеты и страховки.



ПОСЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ

С нами вы посетите известные заводы – возможность, которая предоставляется только организованной группе и компании с именем.



ОТЕЛИ

Только с нами выгодные цены на проживание в горячий сезон выставок. Мы бронируем номера за год до мероприятия.



ДЕЛОВЫЕ СВЯЗИ

Наши групповые бизнес-туры – это уникальная возможность для общения, знакомств и новых деловых контактов.



ЭКСПУРСИИ ПО СТЕНДАМ

Каждую группу сопровождает гид – наш эксперт в оборудовании и технологиях, который поможет вам общаться с иностранными экспонентами.



будущее
создается

Подробности на сайте productronica2019.ru или по телефону +7 (495) 788-44-44.
Заявки принимаются по адресу productronica@ostec-group.ru.



Уважаемые читатели!

Автоматизация и цифровизация производственных процессов – ключевое направление внедрения передовых технологий производственными компаниями. Да, появляются новые технологические решения в производстве электроники и радиоэлектроники, но ни одно из них не способно претендовать на всеобъемлющий тренд.

О связанных с цифровизацией MES- и ERP-системах уже много говорилось и будет еще говориться. Но на недавней выставке Productronica China 2019 лично меня поразили несколько огромных выставочных залов, посвященных производственной и складской автоматизации, а также производственным роботам. Уже вырисовываются контуры производственных предприятий с минимальным количеством сотрудников. А эта тенденция порождает ряд других вопросов – каки-

ми навыками и умениями должны будут обладать управленцы, конструкторы, инженеры и технологи будущего?

Но не будем заикливаться только на глобальных трендах. В каждой из областей и на каждом этапе создания стоимости зарождаются и развиваются новые технологии и решения. Своим многообразием и разноплановостью производство электроники и радиоэлектроники привлекает каждого из нас.

Таким же многообразным получился новый номер нашего журнала, где наряду со статьями, посвященными глобальным трендам, наши авторы подготовили материалы об интересных технологических решениях: от микроэлектроники до производства и сборки коллекторных электродвигателей.

Полезного вам чтения!

**Антон Большаков,
директор по маркетингу**

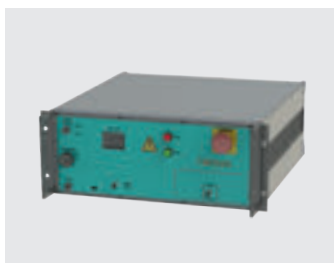
В НОМЕРЕ

НОВОСТИ

- 4 ИТОГИ СЕМИНАРА, ПРОВЕДЕННОГО ОСТЕК-ЭК
- 5 ОСТЕК-АРТТУЛ ПРИГЛАШАЕТ НА СЕМИНАР
- 6 ДОСТИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ЧЕРЕЗ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ГК ОСТЕК



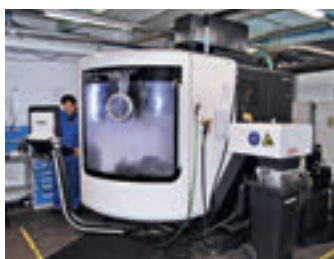
ТЕХНОЛОГИИ стр. 12



ТЕХНОЛОГИИ стр. 12



ТЕХНОЛОГИИ стр. 18



КАЧЕСТВО стр. 24

ПЕРСПЕКТИВЫ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ – ЭТО «НОВАЯ НОРМАЛЬНОСТЬ» . . . 8

Автор: Антон Большаков

ТЕХНОЛОГИИ

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАНИЯ ПОЛЯ В АКТИВНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ 12

Авторы: Дмитрий Кондрашов, Алексей Шостак, Патрик Дейкстра

ГЕТЕРОГЕННАЯ ИНТЕГРАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ГРУППОВОЙ СВАРКИ КРИСТАЛЛ-ПЛАСТИНА – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К 3D-ИНТЕГРАЦИИ МИКРОСХЕМ 18

Авторы: Дмитрий Суханов, Владимир Команов

КАЧЕСТВО

ПОЛНЫЙ ЦИКЛ, МИРОВОЙ УРОВЕНЬ. ВИЗИТ В ГРУППУ КОМПАНИЙ «ДИАКОНТ» 24

Авторы: Юрий Ковалевский, Владимир Мейлицев

АВТОРЫ НОМЕРА

- Антон Большаков**
Директор по маркетингу
ООО «Остек-Групп»
marketing@ostec-group.ru
- Дмитрий Кондрашов**
Начальник группы волновых процессов
ООО «Остек-Электро»
ostelectro@ostec-group.ru
- Алексей Шостак**
Специалист группы волновых процессов
ООО «Остек-Электро»
ostelectro@ostec-group.ru
- Патрик Дейкстра**
Директор компании DARE!! Instruments
- Дмитрий Суханов**
Главный специалист группы пресейл-инженеров
ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru
- Владимир Команов**
Инженер ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru
- Юрий Ковалевский**
Журнал «Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru
- Владимир Мейлицев**
Журнал «Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru
- Андрей Шкодин**
Директор по сервису
ООО «Остек-Групп»
service@ostec-group.ru
- Роман Лыско**
Начальник отдела автоматизации рабочих мест
ООО «Остек-СМТ»
urm@ostec-group.ru
- Юрий Смирнов**
Генеральный директор
ООО «Остек-Инжиниринг»
okp1@ostec-group.ru
- Игорь Крупенин**
Начальник группы расходных материалов
ООО «Остек-СТ»
ost@ostec-group.ru
- Аркадий Медведев**
Начальник отдела научных разработок
ООО «Остек-СТ»
ost@ostec-group.ru
- Оксана Семенова**
Руководитель проектов отдела конструкционных материалов
ООО «Остек-СТ»
ost@ostec-group.ru
- Аркадий Сержантов**
Главный технолог
ООО «Остек-СТ»
ost@ostec-group.ru
- Александр Туренко**
Ведущий специалист отдела автоматизации точных производств
ООО «Остек-ЭТК»
cable@ostec-group.ru
- Игорь Дегтярев**
Ведущий сервис-инженер
ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru
- Владимир Бабкин**
Начальник группы отдела сервиса
ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 32

ОПТИМИЗАЦИЯ

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО 4.0 34

Автор: Андрей Шкодин

ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В РУЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 4.0 . . . 40

Автор: Роман Лыско

ВЛИЯНИЕ ЦСУП НА ОСНОВНЫЕ СТАТЬИ ЗАТРАТ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ЦСУП LOGOS. ЧАСТЬ 2 44

Автор: Юрий Смирнов

ТЕХПОДДЕРЖКА

НОВАЯ СЕРИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ HI-ТЕСН ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ . . . 50

Авторы: Игорь Крупенин, Аркадий Медведев, Оксана Семенова, Петр Семенов, Аркадий Сержантов

БЕЗМАСОЧНАЯ ФОТОЛИТОГРАФИЯ – ПОТРЕБНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА 56

Авторы: Игорь Дегтярев, Владимир Бабкин

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И СБОРКИ КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 60

Автор: Александр Туренко

НОВОСТИ

ИТОГИ СЕМИНАРА, ПРОВЕДЕННОГО ОСТЕК-ЭК

В феврале 2019 года специалисты ООО «Остек-ЭК» совместно с представителями компании EV Group, Австрия, провели семинар, посвященный технологиям наноимпринтной литографии, МЭМС, 3D-сборки, микрофлюидики, фотолитографических процессов и процессов сварки.

Слушателям рассказали о технологических решениях от компании EVG для R&D и серийного производства МЭМС, био- и медицинских устройств, наносенсоров, устройств фотоники, 3D-корпусирования и гетерогенной интеграции, комплексных решениях для фотолитографических процессов и процессов сварки пластин, а также представили мировые тенденции в этих отраслях.

Участники семинара проявили большой интерес к обсуждаемым темам, задавали большое количество вопросов. Благодаря организованному синхронному переводу общение проходило легко и понятно.

После завершения мероприятия прошли дополнительные встречи с представителями компании EVG, на которых участники и докладчики смогли подробно обсудить ряд вопросов.

Благодарим всех слушателей за участие в нашем семинаре!



Если у вас есть пожелания по темам будущих семинаров или возникли вопросы, направляйте их по электронной почте: micro@ostec-group.ru.

ОСТЕК-АРТТУЛ ПРИГЛАШАЕТ НА СЕМИНАР

28 и 29 мая 2019 года

ООО «Остек-АртТул» приглашает на семинар по применению современных методов хроматографического анализа для решения ряда актуальных задач фармацевтики, медицины, пищевой и агропромышленности: «Готовые ВЭЖХ-решения для фармацевтики, медицины, контроля качества пищевой продукции, БАДов, животных кормов и агрохимикатов».

30 мая пройдут Круглый стол и деловые переговоры, встречи участников мастер-классов с генеральным дистрибьютором YL Instruments в РФ и руководителем компании IBS.

В первый день семинара, **28 мая**, будут подробно рассмотрены актуальные хроматографические решения для задач фармацевтики и медицины, освещены методики и специфика анализа следующих препаратов:

- Антигипертензивные препараты.
- Все основные фармацевтики с одной аминогруппой.
- Все кислотные фармацевтики.
- Противопростудные фармацевтические комбинации с парацетамолом, кофеином, гвайфенезином и фенотербиталом.
- Нестероидные противовоспалительные препараты.
- Фармацевтики с антигистаминной активностью.
- Катехоламины и структурно подобные соединения.

Второй день, **29 мая**, посвящен рассмотрению готовых ВЭЖХ-решений для контроля качества пищевой продукции, анализа БАДов, животных кормов и агрохимикатов.

Особое внимание будет уделено хроматографическому анализу следующих компонентов:

- Подсластители, консерванты и азокрасители в еде и напитках.
- Консерванты в еде и напитках.
- Органические фруктовые кислоты.
- Метионин, лизин и треонин в премиксах.
- Натуральное содержание витаминов В1 и В3 в еде.
- Комплекс водорастворимых витаминов в витаминных препаратах, пищевых добавках и премиксах.
- Витамины С и В9 в витаминных препаратах, пищевых добавках и премиксах (селективно).
- Витамин В5 и биотин в витаминных препаратах, пищевых добавках и премиксах (селективно).
- Бетаин и карнитин в витаминных препаратах, пищевых добавках и премиксах (селективно).
- Комплексные препараты антибиотиков.
- Комплексные препараты пестицидов, гербицидов и регуляторов роста.

Семинар и Круглый стол пройдут в головном офисе ГК Остек по адресу: Москва, ул. Молдавская, д. 5, стр. 2.

Участие в семинаре бесплатное!

Заявки на участие принимаются до 24 мая 2019 года.

Зарегистрироваться на семинар можно любым из представленных ниже способов:

- по электронной почте info@ostec-group.ru*;
- по телефону (495) 788-44-44;
- заполнив форму заявки на сайте www.ostec-group.ru.

*Указать: наименование мероприятия, дату проведения, название предприятия, город, Ф.И.О., должность и контактный телефон.

Ознакомиться с программой семинара можно на сайте www.ostec-group.ru

ДОСТИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ЧЕРЕЗ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ГК ОСТЕК

Задачи, которые ставят государство и мировой рынок перед предприятиями электронной и радиоэлектронной промышленности, оборонно-промышленного комплекса, требуют применения все новых высокотехнологичных решений. Благодаря многолетнему опыту в этой области и партнерским отношениям со многими мировыми производителями ГК Остек в полной мере решает эти задачи: оснащает российские предприятия самым современным оборудованием, автоматизирует производственные процессы, проводит сервисное обслуживание любой сложности.

Чтобы соответствовать динамично изменяющейся высокотехнологичной среде, необходимо управлять общей эффективностью, постоянно повышая степень отлаженности всех бизнес-процессов: как операционных, так и управленческих. В первую очередь на формирование устойчивых коммерческих преимуществ нацелена наша работа с Системой менеджмента качества (СМК), постоянное совершенствование которой является одной из задач подразделения Группы компаний Остек – «Остек Менеджмент».

Политикой в области управления качеством ГК Остек установлены основные принципы функционирования СМК. Концепция политики и основные направления развития СМК заключаются в развитии профессиональных компетенций владельцев всех бизнес-процессов, в том числе топ-

менеджеров. Благодаря непрерывному управлению и совершенствованию бизнес-процессов мы поддерживаем высокий уровень удовлетворенности наших заказчиков, предвидя потребности и работая на опережение.

Ключевой фактор успеха - это наши высококлассные кадры. Поэтому задача постоянного повышения профессиональных компетенций персонала является стратегической. Эффективно на практике зарекомендовали себя такие элементы в стратегии управления персоналом, как управление мотивацией сотрудников через взаимосвязь с результативностью и качеством бизнес-процессов, формирование и развитие эффективной корпоративной культуры с акцентами на процессы наставничества и адаптации, развитие персонала через постоянное как внешнее, так и внутреннее обучение. Реализация стратегической задачи, направленной на эффективное управление персоналом, требует большой вовлеченности руководителей, серьезных финансовых и временных ресурсов. Но именно за счет этих ресурсов и мероприятий нам удалось привлечь на рынке труда высококвалифицированные кадры и сформировать уникальный внутренний резерв. Мы инвестируем в качество персонала, и в условиях высокой конкуренции это обеспечивает нам позицию лидера на рынке.

За 27 лет своей деятельности Остек накопил серьезный опыт в сфере управления персоналом. Это позволило на базе головного предприятия выделить отдельное коммерческое направление, оказывающее на конкурентном открытом рынке услуги по подбору персонала, оценке профессиональных, корпоративных и управленческих компетенций кандидатов, экспертизе квалификации сотрудников, аудиту достаточности

или избыточности человеческого ресурса на высоком профессиональном уровне. Эту деятельность мы начали с 2018 года и в этом же году подтвердили высокий уровень качества результатов по направлению «Управление персоналом» сертификацией на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2015.

Качественного скачка в достижении результативности бизнес-процессов мы добились через реализацию проекта «Управление уровнем зрелости процессов», в рамках которого заложили в систему управления бизнесом процессный подход с системой контроля целевых уровней зрелости процессов и результатов. По всем стратегическим и вспомогательным бизнес-процессам мы разработали паспорта, определили владельцев, их функции закрепили в должностных инструкциях, измерили результативность бизнес-процессов, определили точность функционирования системы оценки удовлетворенности как внешних, так и внутренних клиентов, провели оценку рисков и возможностей, разработали перечни мероприятий для устранения выявленных рисков. Внутренний аудит трансформировался в аудит зрелости бизнес-процессов, и теперь высшее руководство и владельцы бизнес-процессов могут видеть не только несоответствия требованиям стандарта ISO 9001 и внутренних регламентирующих документов, но и потенциал развития бизнес-процессов. Стабильность высокого качества бизнес-процессов обеспечена внедренными процедурами, управлением рисками и знаниями.

Уникальные знания и опыт были заложены в такой процесс как реализация контрактов в сфере ГОЗ, что дало возможность минимизировать риски и повысить качество и эффективность их выполнения.



Высокие компетенции в решении самых сложных правовых вопросов позволили сформировать внутри ГК Остек еще одно бизнес-направление – юридический консалтинг и правовое сопровождение на условиях полного аутсорсинга правовой функции бизнеса наших заказчиков, которое также было отдельно сертифицировано в рамках Системы менеджмента качества ГК Остек в 2018 году.

Особое внимание мы уделяем автоматизации бизнес-процессов и внедрению информационных технологий в бизнес-процессы. Ряд реализованных доработок и усовершенствований программного обеспечения 1С позволил, по сути, создать новые продукты: «Управление доходностью сделок на стадии формирования технико-коммерческих предложений», «Управление удовлетворенностью клиентов», «Управленческий учет», «Управление персоналом». Управление информационными технологиями стало третьим новым направлением, которое было сертифицировано международным сертификационным органом в 2018 году.

Один из стратегических критериев для бизнеса – показатель удов-

летворенности наших клиентов. Его методику расчета мы разрабатывали и улучшали на практике в течение нескольких лет, постоянно совершенствуя подходы к работе и взаимодействию. Формирование клиентской службы, разработка методики опросов, метрики оценки и интерпретации результатов опросов, внедрение механизмов преобразования результатов опросов в мероприятия по совершенствованию бизнес-процессов позволили вывести как процесс управления удовлетворенностью клиентов в частности, так и Систему менеджмента качества в целом на новый уровень зрелости.

Остек Менеджмент через систему постоянных улучшений совершенствует процессы и критерии результатов деятельности бизнеса, а также контролирует достижение целевых значений уровней зрелости процессов через Систему менеджмента качества. Вся деятельность в СМК мы направили на повышение надежности результатов наших предприятий и повышение эффективности бизнес-деятельности.

Летом 2018 года международный сертификационный орган Бюро

Веритас Сертификейшн Русь провел ресертификационный аудит системы менеджмента качества предприятий ГК Остек и по итогам аудита продлил действие сертификата соответствия требованиям международного стандарта ISO 9001:2015, высоко оценив уровень зрелости операционных и управленческих бизнес-процессов. Сертификационная марка Бюро Веритас Сертификейшн признана во всем мире как символ надежности, устойчивости и доверия. И их подтверждение соответствия нашей системы менеджмента качества требованиям стандарта ISO 9001 означает, что бизнес-деятельность предприятий ГК Остек соответствует требованиям мировых стандартов; свидетельствует о результативной системе управления бизнесом в ГК Остек и постоянном улучшении процессов взаимодействия с заказчиками, поставщиками, государственными органами.

Автор: Елена Третьякова
Исполнительный директор Группы компаний Остек, руководитель направления «Остек Менеджмент»

ПЕРСПЕКТИВЫ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ - ЭТО «НОВАЯ НОРМАЛЬНОСТЬ»



Текст: Антон Большаков



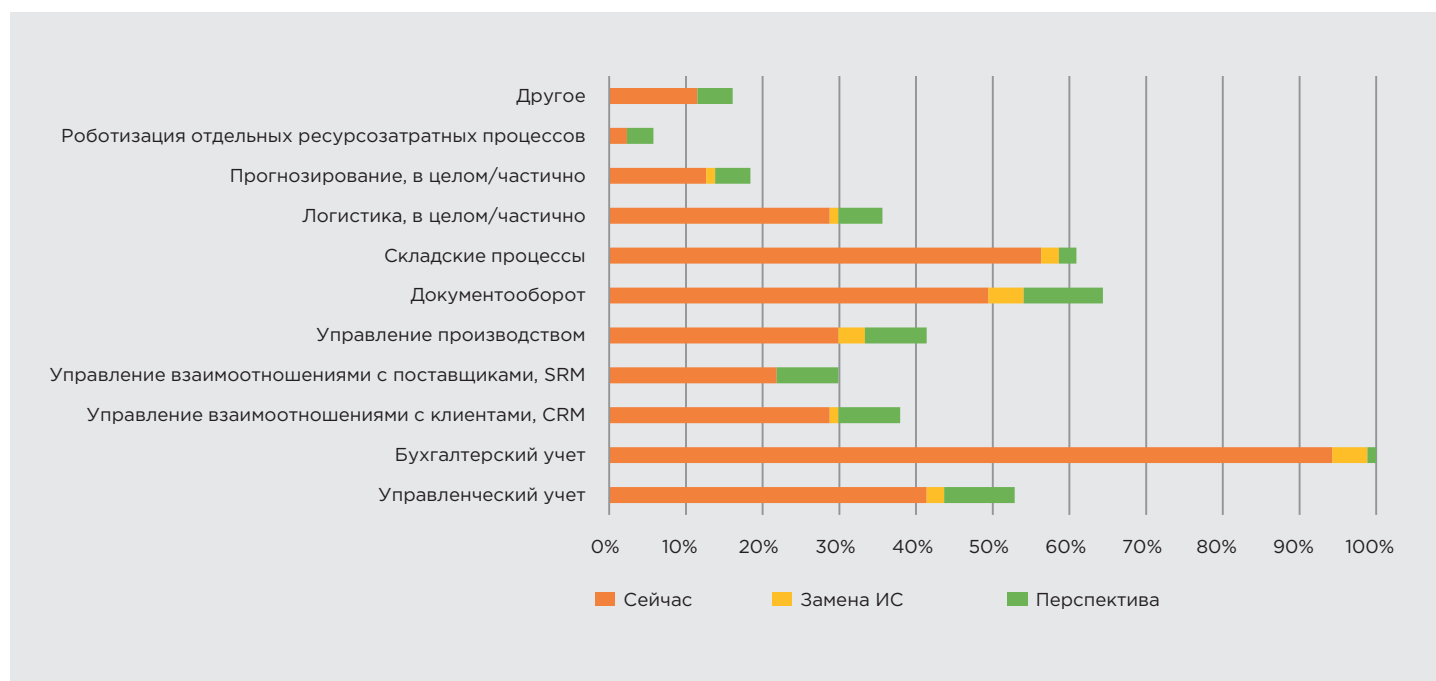
АО «ЦНИИ «Электроника», АНО «Цифровая экономика» и журнал «Электроника: НТБ» провели опрос «Цифровая трансформация радиоэлектроники». Его цель - выявить текущий уровень готовности организаций радиоэлектронной промышленности к цифровой трансформации, а также определить существующие тренды, стимулы и барьеры цифровизации отрасли. С полной версией исследования «Цифровая трансформация радиоэлектроники» можно ознакомиться на сайте: www.instel.ru.

Ознакомившись с результатами исследования, посвящённого цифровой трансформации радиоэлектронной отрасли, я вспомнил цитату: «Здесь мы снова столкнулись с особенностью, с которой сталкивались очень часто: русские были уверены в том, что именно они изобрели все эти вещи. Они любят автоматику, и их мечта автоматизировать практически все процессы...». Она взята совсем не у нашего современника, а в «Русском дневнике» – путевых заметках, написанных Джоном Стейнбеком во время поездки в 1947 году по Советскому Союзу, который восстанавливался после Великой отечественной войны. Давайте попробуем разобраться, к чему, по результатам опроса, привела наша любовь к автоматизации, неразрывно связанная с цифровыми технологиями, и каковы дальнейшие перспективы данного процесса?

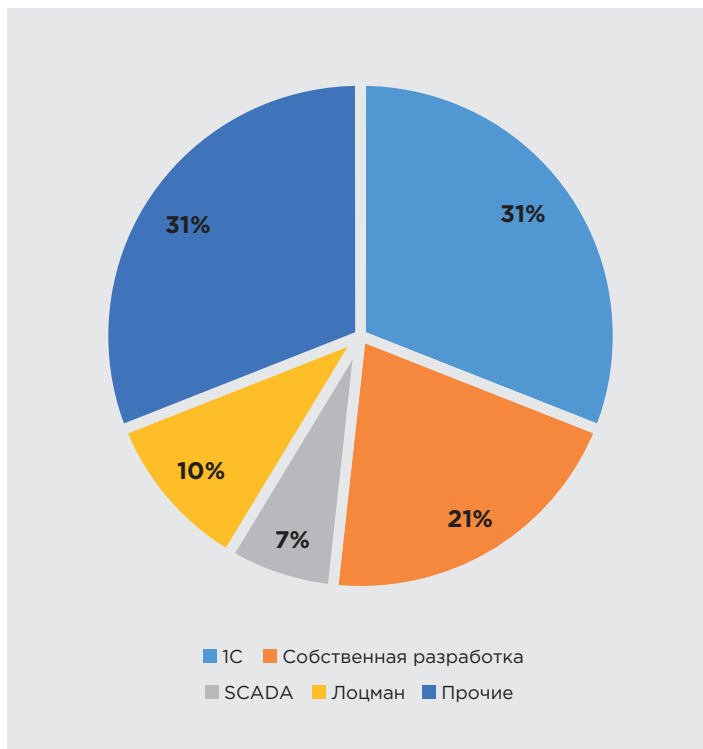
Ответы в исследовании затрагивают два больших блока: автоматизацию бизнес-процессов и применимость технологий Индустрии 4.0 и перспективы их внедрения. Сравнивая ответы этих двух блоков отмечу, что курс на цифровизацию, в первую очередь, затронул отдельные бизнес-процессы и цепочки бизнес-процессов и в меньшей степени – производственные процессы. Таким образом, самые часто встречающиеся цифровые передовые технологии – это системы учета, электронный документооборот, складские и логистические процессы (рис 1). Они же есть и среди тех процессов, которые предприятия планируют автоматизировать в перспективе трех лет. Это объясняется тем, что данные процессы стандартизированы, хорошо описаны, ко многим предъявляются четкие и конкретные требования законодательства, поэтому они не должны вызывать

затруднений при переносе решений по их автоматизации из других отраслей промышленности и экономики. Причем отмечу сравнительно небольшое количество ответов, связанных с уровнем внедрения решений по автоматизации управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), и полное отсутствие ответов, связанных с автоматизацией маркетинга. Это сильно отличает нашу отрасль от других секторов экономики. Готов дать прогноз, что в процессе решения радиоэлектронной промышленностью задачи освоения рынка гражданской продукции ситуация в данных областях потребует внимания и существенно поменяется.

Интересно, что если в решениях по автоматизации бухгалтерского и управленческого учета доминирует один поставщик, то ближе к нетиповым и производственным процессам появляются больше игроков и значительная доля собственных «самописных» разработок (рис 2). Это может означать, что предприятия не могут найти на рынке решения, которые отвечали бы их ожиданиям по функциональности. Разработка средств автоматизации собственными силами, с одной стороны, имеет положительный момент – такое решение в наибольшей степени соответствует требованиям предприятия, чем «коробочное». Но имеет и отрицательную сторону – каждому предприятию приходится проходить весь путь с нуля, «изобретать велосипед», неизбежно самостоятельно писать стандартные модули, уже существующие в MES- и ERP-системах. Издержки на собственные трудозатраты, к сожалению, мало кто считает. Опираясь на историю развития систем автоматизации бухгалтерского и управленческого учета, можно спрогнозировать,



1 Бизнес-процессы, которые автоматизируют сейчас или планируют автоматизировать в краткосрочной перспективе (до трех лет). Источник АО «ЦНИИ «Электроника»



2

Для автоматизации производственных процессов характерна значительная доля «самописных» разработок. Источник АО «ЦНИИ «Электроника»

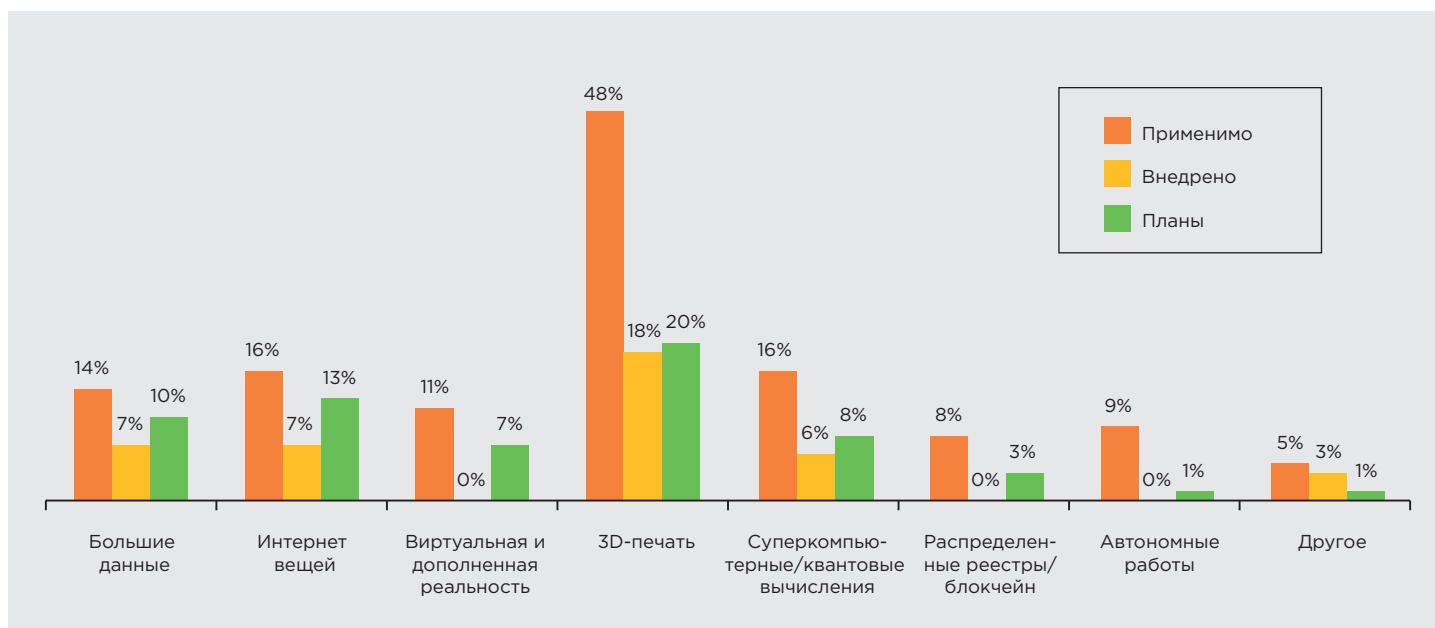
что «самописки» уйдут в прошлое, а их место займут компании, специализирующиеся на автоматизации производственных процессов. Не исключено, что предприятия с успешным опытом собственного внедрения будут выделять отдельные специализированные бизнесы в этой области. С увеличением успешных решений неизбежно будут расти доверие и информированность о компаниях,

специализирующихся на автоматизации в определенных отраслях промышленности.

Углубляясь в анализ ответов о применимости технологий Индустрии 4.0 (рис 3) и перспективах их внедрения, отмечу, что инновационная деятельность предприятия уже должна рассматриваться не только как приобретение передового оборудования и технологий, но и как достижение новых уровней технологической зрелости за счет оперативного цифрового управления производством, где в едином информационном контуре объединены как бизнес, так и производственные процессы.

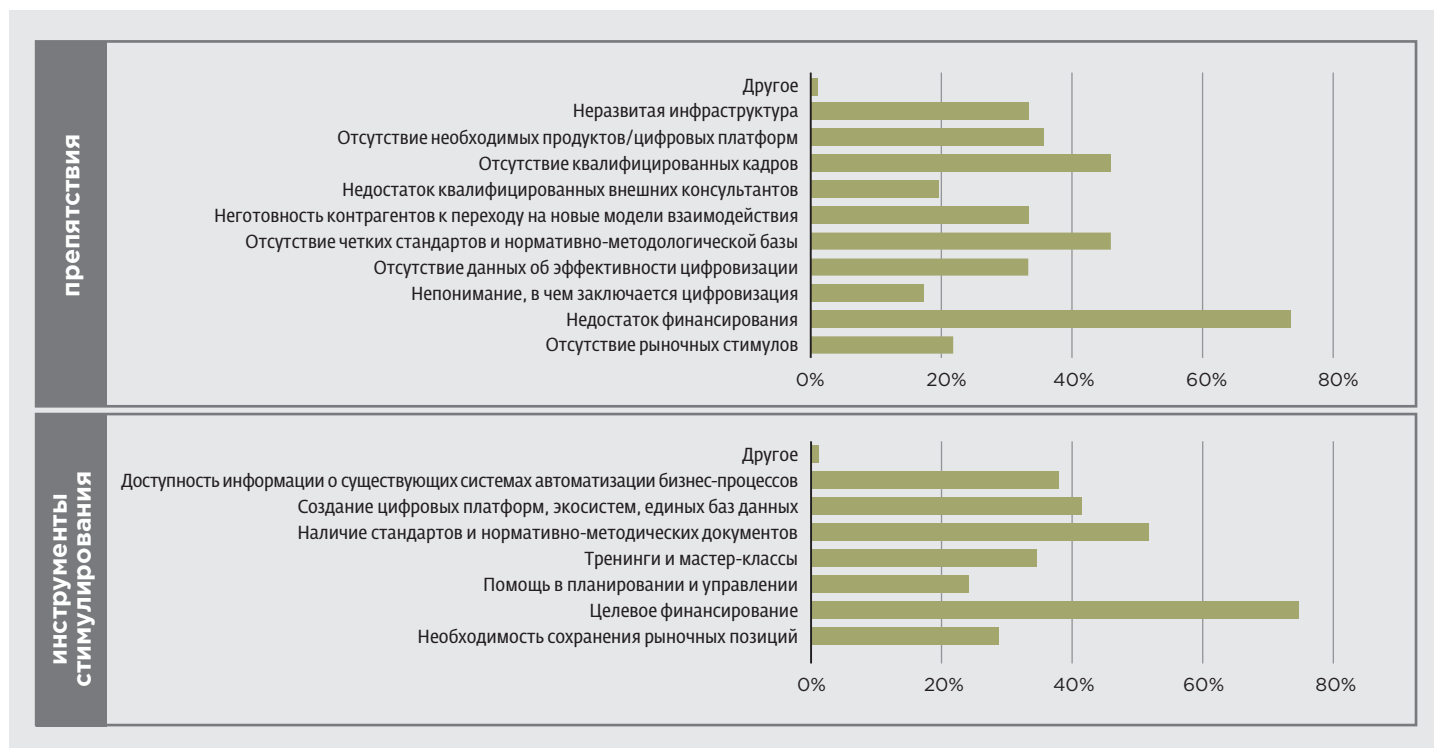
Ответы о применимости и уровне внедрения технологии Индустрии 4.0 очень четко ложатся в концепцию цикла зрелости технологии Гартнера (Hype cycle Gartner). Иными словами, кривую хайпа, показывающую степень зрелости технологий и общую логику их развития, обязательно проходящую этап завышенных ожиданий инвесторов и потребителей перед выходом на нормальный жизненный цикл. Так, если всего каких-то 2–3 года назад только обсуждалась применимость аддитивных технологий в радиоэлектронной промышленности, то современные ответы респондентов уверенно говорят о том, что эти технологии применимы и имеют большое количество внедрений.

А вот по другим технологиям не все так очевидно, и снова встает вопрос, как это когда-то было с аддитивными технологиями: «Как увидеть лес за деревьями и понять, в чем действительно шумиха, а в чем реальная польза и финансовая отдача от внедрения»? По отдельным технологиям – большим данным, интернету вещей, виртуальной и дополненной реальности, печатной электронике – кристаллизуется понимание их применимости, и даже есть ответы об их внедрении. Осознание выгоды внедрения и подтверждение работоспособности в производственных условиях ряда технологий еще не произошло. Иллюстра-



3

Технологии Индустрии 4.0. Применимость и уровень внедрения. Источник АО «ЦНИИ «Электроника»



4 Основные препятствия и инструменты стимулирования цифровизации отрасли. Источник АО «ЦНИИ «Электроника»

ция этого – незначительное число ответов о таких технологиях как распределенные реестры, блокчейн, суперкомпьютеры/квантовые вычисления, автономные роботы. Для меня странным стало отсутствие среди ответов таких вариантов как цифровое проектирование и моделирование и ресурсосбережение, которые должны быть востребованы радиоэлектронной промышленностью.

По доступной статистике затраты 55 % промышленных предприятий России на цифровизацию и развитие ИТ-инфраструктуры не превышают 1 % от их бюджета. Только у 6 % предприятий затраты на эти цели составляют более 5 % бюджета. На Западе этот показатель также редко превышает 5 %. Дополнительно к заданным вопросам было бы полезно и показательно отслеживать объём инвестиций радиоэлектронной промышленности в освоение цифровых технологий, например, в % от выручки или годовых бюджетов.

«Основные препятствия и инструменты стимулирования цифровизации отрасли» (рис 4). Проблемы недостаточности финансирования всегда занимают верхние позиции в подобного рода вопросах. Но ресурсы всегда ограничены, и если есть четкое понимание безвозвратности пути цифровизации, по которому идет радиоэлектронная промышленность, то этот ресурс придется находить. Важно вовремя разглядеть возможности цифровых технологий для решения как насущных, так и перспективных задач и начать извлекать пользу из их преимуществ. Что действительно требует системного решения на отраслевом уровне, так это разработка стандартов и нормативно-методических материалов, создание цифровых платформ, эко-

систем, единых баз данных, а также доступность информации о существующих системах автоматизации. Важнейшей проблемой является повышение квалификации кадров в области цифровизации, призванное не только сформировать необходимые знания и навыки, но и изменить образ мышления с «теплого лампового» на цифровое.

В современной концепции предприятие – это цифровая экосистема, в которой физические процессы интегрированы в единое информационное пространство. Такая интеграция требует стандартизации всех бизнес-процессов, всех цепочек создания стоимости предприятия. В ответах среди опасностей большое количество респондентов указало «Повышение требований к эффективности организации». Это очень перекликается с отечественными культурными особенностями, точно подмеченными в книге профессора Ярославского университета Александра Прохорова «Русская модель управления»: «В нашей стране мало нарисовать на бумаге оптимальную структуру управления, разработать «правильные» должностные инструкции, положения о стимулировании и уставы, которые идеально соответствовали бы реалиям сегодняшнего дня. Они все равно устареют уже к моменту их создания», в нашем характере «жить не по писанным инструкциям, умение действовать по ситуации есть новаторство или, как принято говорить сейчас, креативность».

Но цифровые технологии – это уже «новая нормальность», даже если многие с данной мыслью еще не свыклись. Будет интересно наблюдать результаты ответов в динамике и хочется надеяться на регулярность опросов, посвящённых данной теме. ▽

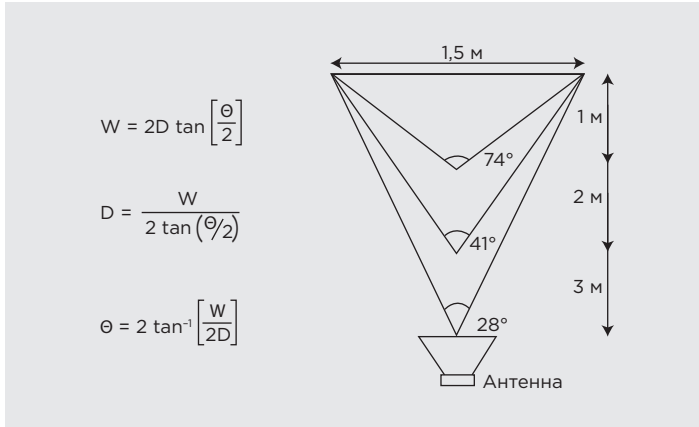
ТЕХНОЛОГИИ

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАНИЯ ПОЛЯ В АКТИВНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ВОСПРИИМЧИВОСТЬ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Текст: Дмитрий Кондрашов
Алексей Шостак
Патрик Дейкстра



В 2016 году компанией «Остек-Электро» был представлен новый метод построения испытательных систем на устойчивость и восприимчивость к радиочастотному электромагнитному полю по стандарту ГОСТ 30804.4.3-2013 (EN 61000-4-3), а также ряду специализированных стандартов до 18 ГГц с помощью нового класса приборов – генераторов поля и системы для автоматизации испытаний ЭМС.



1 Зависимость ширины ДН рупорной антенны от измерительного расстояния

Мы уже подробно рассматривали основные недостатки классической системы по ГОСТ 30804.4.3-2013, на основе которой проводят испытания, в статье «Зачем нужно менять устоявшиеся подходы к тестированию на ЭМС?»¹. Кратко перечислим эти проблемы:

- высокий КСВН, обусловленный компактностью ЭМС-антенн, из-за которой возникает компромисс между согласованием, эффективностью (КПД) и размерами антенн;
- выбор между логопериодическими и рупорными антеннами при проведении испытаний. Логопериодическая антенна имеет крупные габариты ввиду использования её при облучении изделий в ВЧ- и СВЧ-диапазонах, а также не обладает должным уровнем усиления, что требует больше мощности для создания однородного поля и значения напряженности поля в точке. Рупорная антенна не позволяет на трёхметровом расстоянии облучать область 1,5 × 1,5 м для достижения однородного поля ±6 дБ из-за узкого луча диаграммы направленности (рис 1);
- потери в кабелях на переключение в каскадах УМ, НО, что в итоге приводит к существенным потерям, вследствие чего необходимо применять более мощный и дорогостоящий усилитель;
- для минимизации потерь необходимо размещать стойки с усилителями непосредственно в безэховой камере, что, во-первых, накладывает требования по устойчивости к воздействиям электромагнитного поля на стойку и, во-вторых, значительно влияет на однородность создаваемого поля, особенно при небольших размерах БЭК.

Учитывая эти недостатки, компанией DARE!! Instruments была разработана система, которая интегрирована в единый корпус и представляет собой



2 Генератор поля RFS2006BR

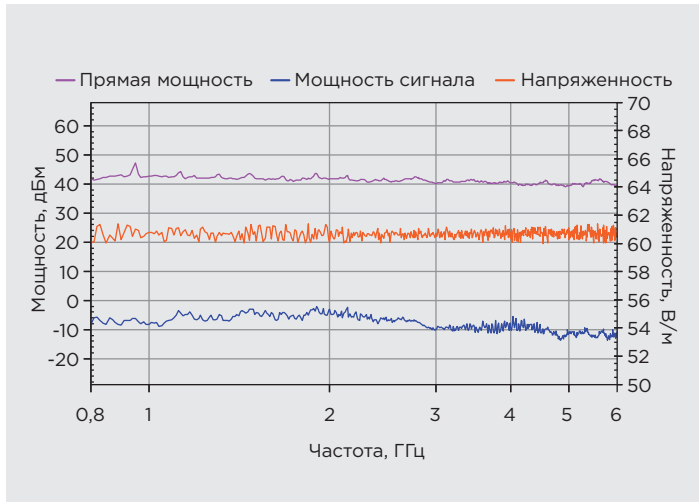
измерительный прибор (рис 2), состоящий из активной антенной решетки (далее ААР), усилителей и измерителей мощности, использует принцип суммирования поля каждого элемента ААР и контроля прямой и обратной мощности встроенных усилителей. С помощью этой технологии первоначально ставилась цель получить гарантированное значение напряженности поля на одном и трех метрах с учетом амплитудной модуляции для стандарта ГОСТ 30804.4.3-2013. Максимальный уровень напряженности поля, который был доступен на начало 2017 года – 54 В/м в диапазоне частот 800 МГц – 6 ГГц на расстоянии один метр с перепадом 0+6 дБ во всех четырех точках, что полностью удовлетворяло требованиям ГОСТ 30804.4.3-2013. Однако впоследствии инженерам удалось добиться значения напряженности поля в 60 В/м в аналогичном частотном диапазоне. Результаты ААР при вертикальной и горизонтальной поляризации представлены на рис 3 и 4. Можно отметить линейность и стабильность уровня создаваемой напряженности поля (оранжевый график) при обоих видах поляризации. Уровень подаваемого сигнала (синий график) показывает, что существует запас для усиления, позволяя в будущем повысить значения гарантированно создаваемой напряженности.

Максимально возможный уровень напряженности, которого удалось достичь данной ААР в диапазоне 800 МГц – 6 ГГц – это 80 В/м в точке на расстоянии 1 м (рис 5), что позволяет проводить испытания по авиационным и автомобильным стандартам.

Применение концепции ААР для испытаний на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю хорошо зарекомендовало себя и используется уже большим количеством современных лабораторий по всему миру: от США до Южной Кореи.

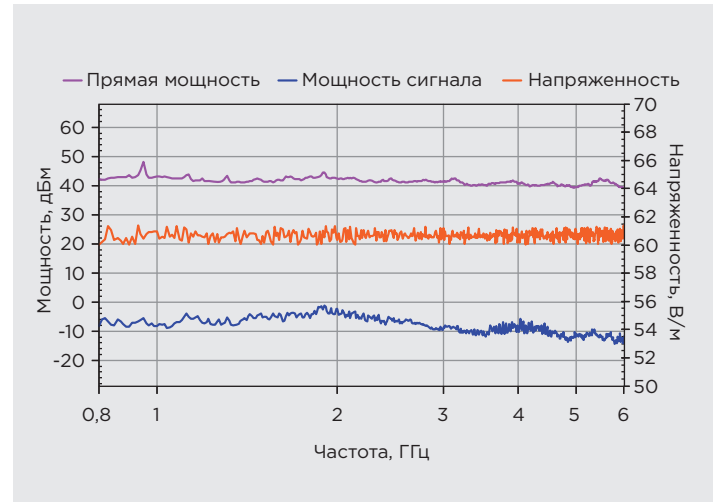
В конце 2017 года ООО «Остек-Электро» анонсировало новый комплект для испытаний на восприимчивость к РЧ-полю в диапазоне частот от 800 МГц до 18 ГГц, который построен на базе двух новых генераторов поля RFS2006BR (800 МГц – 6 ГГц) и RFS2018BR

¹ Вектор высоких технологий №6 (27) 2016



3

Уровень напряженности, создаваемый генератором поля RFS2006BR при горизонтальной поляризации



4

Уровень напряженности, создаваемый генератором поля RFS2006BR при вертикальной поляризации

(6 ГГц – 18 ГГц) (рис 6). Принцип работы суммирования полей в ААР остался прежним, однако генераторы позволили создавать поля напряженностью с гарантированным значением 75 В/м в точке на измерительном расстоянии 1 м (рис 7) и максимальным значением свыше 150 В/м (рис 8).

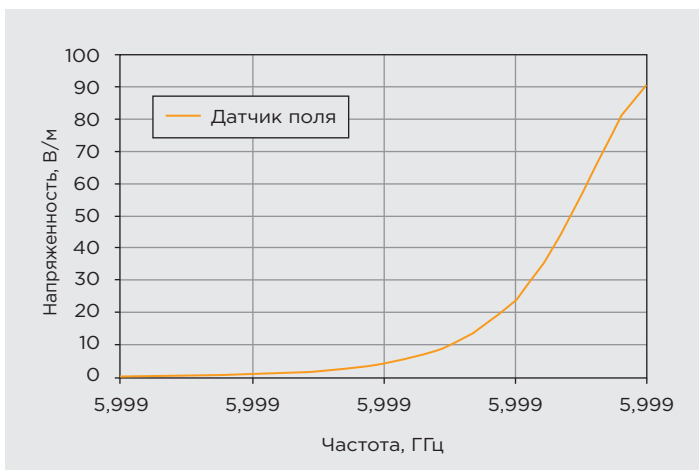
После доработки генератора поля RFS2018BR в 2018 году появилась возможность гарантированно создавать напряженность поля до 100 В/м во всём частотном диапазоне в одной измерительной точке, что позволяет использовать его для проведения испытаний по ряду автомобильных стандартов, к примеру, ISO 11451-2. Данная модернизация была осуществлена за счет уменьшения длины элементов ААР, а также использования нового материала для радиопрозрачного колпака RFS2018BR.

Таким образом, с помощью генераторов поля решается проблема совмещения и комбинирования в одном

устройстве требований по отечественным и зарубежным коммерческим, автомобильным и специализированным стандартам, тем самым позволяя существенно экономить бюджет лаборатории при приобретении оборудования, а также предлагая более широкие возможности в области проведения предварительных и сертификационных испытаний.

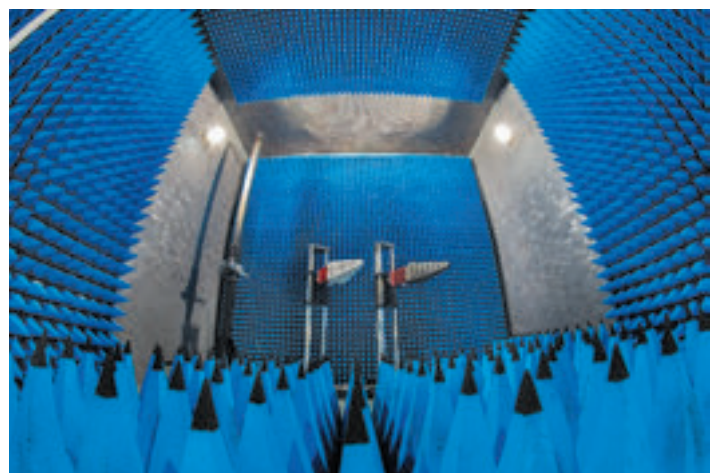
Учитывая потенциальные возможности комбинирования поля в ААР, есть следующие перспективы их использования:

- Доработка технической реализации генератора для достижения стабильного уровня напряженности поля в 150 В/м в безэховой камере. Генератор позволяет проводить испытания по авиационному стандарту КТ-160D раздел 20 (основная группа), требующему высоких уровней воздействия.



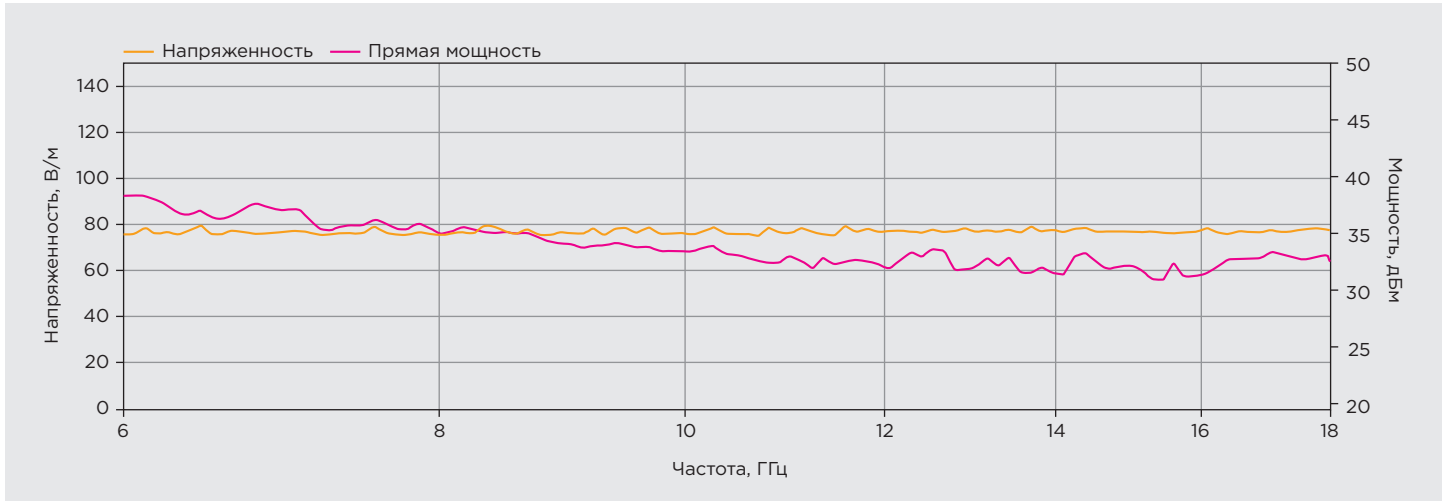
5

Максимальный уровень напряженности, создаваемый RFS2006BR в точке на 1 м



6

Генераторы поля RFS2006BR и RFS2018BR



7

Уровень напряженности, создаваемый генератором поля RFS2018BR на измерительном расстоянии 1 м при горизонтальной поляризации

- Использование генератора в реверберационных камерах для достижения уровня напряженности поля выше 200 В/м. Генератор позволяет проводить испытания по специализированным стандартам, например, по MIL-STD-461G (раздел RS103).
- Увеличение верхней границы частотного диапазона генераторов поля до 67 ГГц для испытаний в аэрокосмической промышленности.

Однако несмотря на используемый подход к облучению тестируемого устройства, наиболее важной задачей остается калибровка испытательного стенда и точные измерения характеристик однородности поля используемой безэховой камеры, а также тип применяемого датчика напряженности поля. В статье «Как обеспечить точность измерений напряженности поля»² мы уже рас-

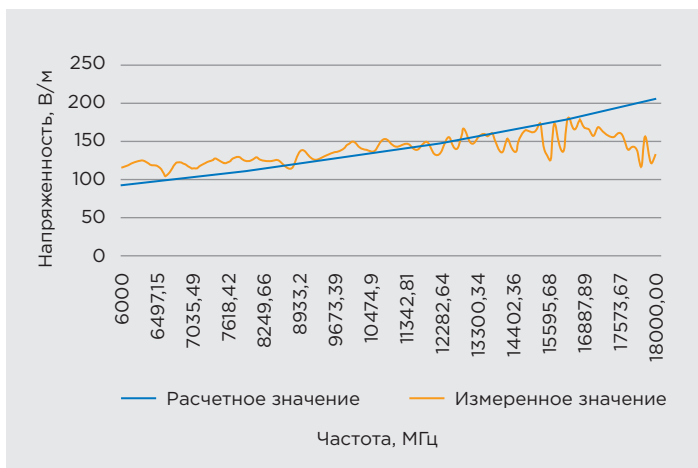
сматривали особенности датчиков поля, которые приведены на графике зависимости частоты от прямой мощности с антенны.

На графике (рис 9) изображена пара кривых для трех датчиков поля. Первая кривая – для каждого датчика при напряженности поля 100 В/м, а вторая – для напряженности 200 В/м. Как видно из графика, в диапазоне частот от 3 ГГц наблюдается значительное отклонение показаний прямой мощности, несмотря на то, что датчики отображают одинаковое значение напряженности поля.

На рис 10 приведены графики с кривыми по каждой координате для тех же трех тестируемых датчиков. Значительные отклонения наблюдались в диапазоне частот от 3 ГГц, а также для датчика с батарейным питанием ниже 100 кГц.

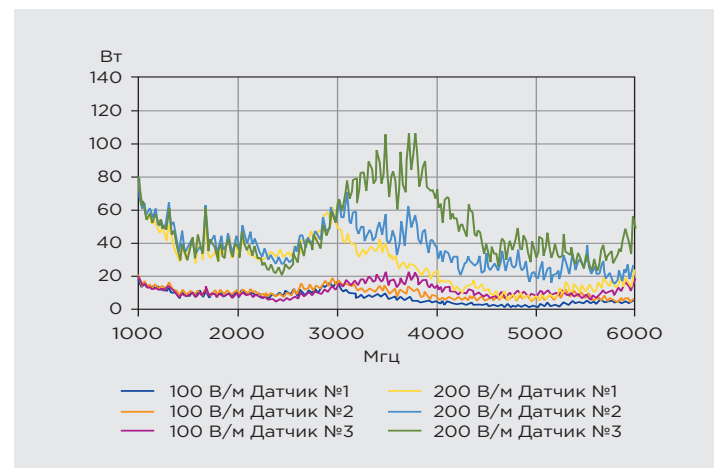
Если сравнить две особенности, одинаковые для всех датчиков поля, существенные отклонения воз-

² Вектор высоких технологий № 3 (38) июль 2018



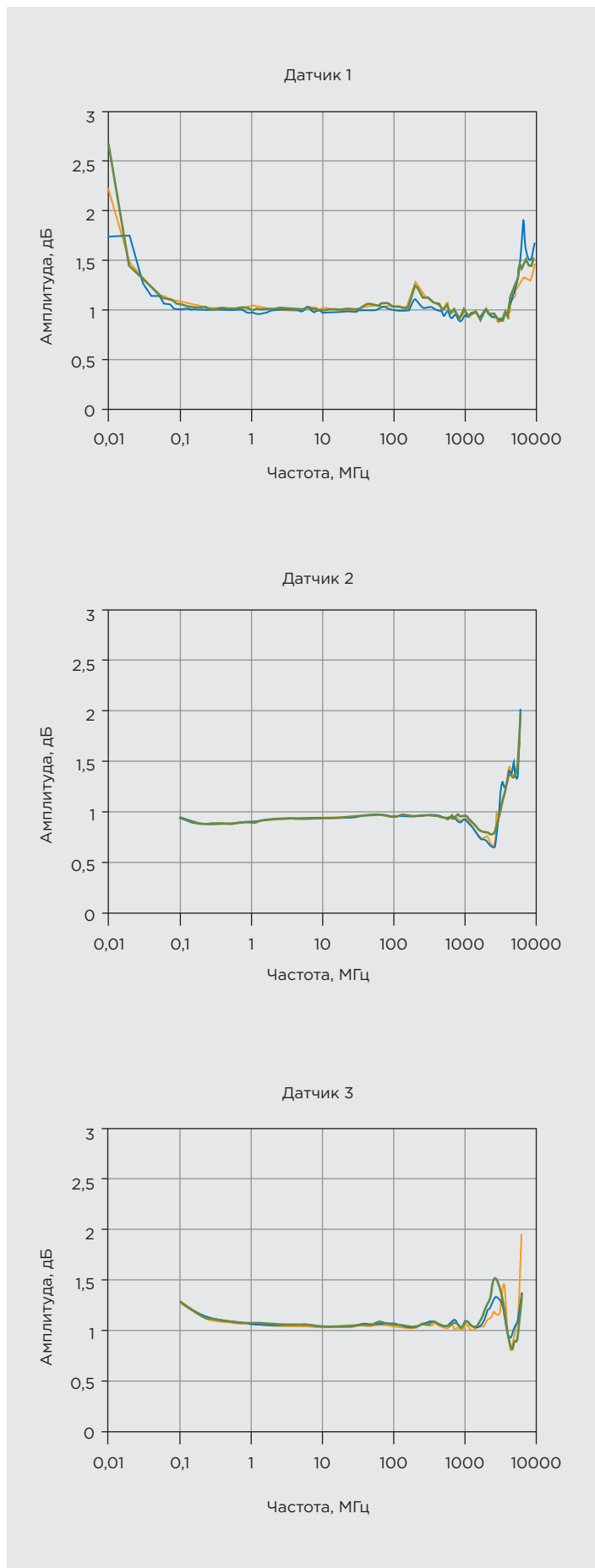
8

Уровень напряженности, создаваемый генератором поля RFS2018BR на 1 м в частотном диапазоне 6-18 ГГц



9

Зависимость частоты относительно прямой мощности при горизонтальной поляризации



10

Графики АЧХ для датчика №1, №2 и №3.

никают в одном и том же диапазоне частот выше 3 ГГц. Это происходит из-за нескольких факторов:

- высокое значение изотропности и низкий уровень симметрии относительно антенных элементов каждой оси X, Y и Z;
- нормирование изотропности на 10, 100 и 1000 МГц, но не выше;
- размер датчика поля;
- форма датчика поля;
- отсутствие возможности коррекции датчика поля.

Учитывая эти недостатки, специалисты DARE!!

Instruments приняли решение разработать серию датчиков RSS2010 (рис 1 1), которые на сегодняшний день являются самыми точными приборами для измерения однородности поля и калибровки испытательных систем на устойчивость к РЧ-полю в диапазоне частот 9 кГц – 12 ГГц. На рис 1 2 приведен график АЧХ-датчика поля серии RSS2010 с минимальной погрешностью 0,3 дБ.

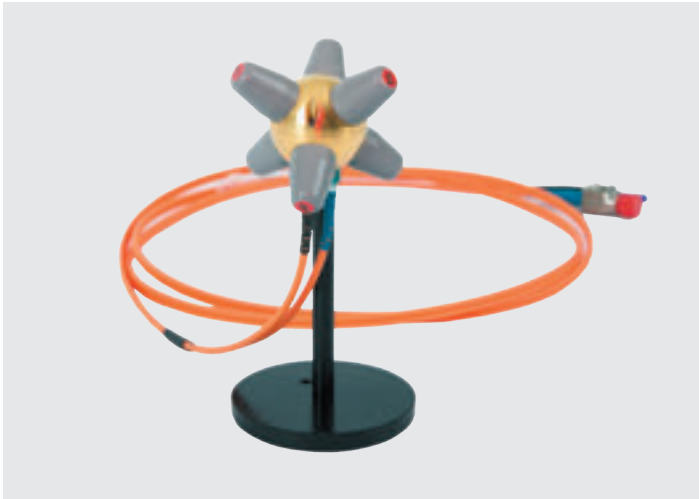
Потребность в аппаратуре для проведения испытаний бортовой аппаратуры стремительно возрастает. Так как на основе активных антенных решеток стало возможно проводить испытания на восприимчивость к излучаемому ЭМ-полю, специалисты Остек-Электро приняли решение разработать комплекс собственного производства, который дополнял бы данную систему генераторами для проведения испытаний на восприимчивость к кондуктивным помехам (по стандарту MIL-STD-461G):

- НЧ-синусоидальное воздействие (раздел CS101);
- ВЧ-синусоидальное воздействие (раздел CS114);
- импульсное воздействие (раздел CS115);
- импульсное затухающее синусоидальное воздействие (раздел CS116).

Совмещение данных генераторов с генераторами поля и системами для CS114 DARE!! Instruments (выполняющими требования раздела RS103 «Восприимчивость к излученному электрическому полю» и CS114) позволяет полностью соответствовать проведению испытаний по отечественным стандартам ЭМС к бортовой авиационной аппаратуре.

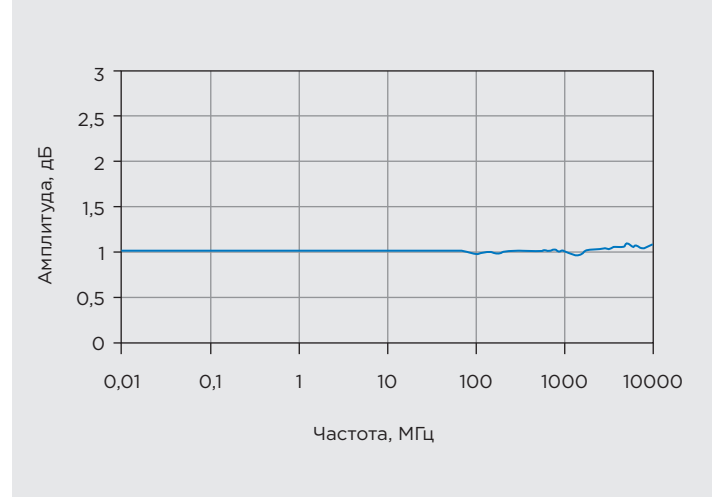
Выполнение испытаний по разделам CS101, CS115 и CS116 осуществляется модульной системой собственной разработки и производства – генератором импульсным комбинированным ГИК3000 (рис 1 3). Помимо MIL-STD-461G стандарта система также отвечает требованиям других отечественных и зарубежных стандартов, таким как: DO-160, КТ-160D (разделы 17 и 19).

Испытания по разделу CS114 возможны благодаря оборудованию системы DARE!! Instruments CIT Bundle (рис 1 4), представляющей собой полностью укомплектованный комплекс для выполнения испытаний на устойчивость к кондуктивным высокочастотным помехам в соответствии с требованиями стандартов IEC/EN 61000-4-6 (ГОСТ 51317.4.6-99), MIL-STD-461G, КТ-160D, ISO11452-4. Высо-



1 1

Внешний вид датчика серии RSS2010



1 2

График АЧХ-датчика поля серии RSS2010

кочастотный генератор и высокочастотный усилитель мощности, входящие в комплекс, позволяют формировать выходные сигналы мощностью до 200 Вт и выше в диапазоне частот от 9 кГц до 400 МГц. Также возможно понижение диапазона до 4 кГц для моделирования токов общего режима, которые присутствуют на силовых кабелях переменного тока аппаратуры, установленной на платформах с питанием от статических генераторов, таких как корабли и подводные лодки.

С помощью вспомогательного внутреннего направленного ответвителя система может измерять мощность в прямом и в обратном направлениях (отраженная мощность), используя датчики мощности собственной разработки RPR2006CR (рис 1 5), которые в диапазоне частот 4 кГц – 6 ГГц регистрируют мощность со скоростью до 10 млн отсчетов/с. Комплекс обеспечивает выполнение тестов в полностью автоматическом режиме в заданном диапазоне частот. Также с комплектом поставляются дополнительные опции: устройства связи/развязки, базовое шасси, программное обеспечение.

Используя уникальные возможности активных антенных решеток и другой продукции DARE!! Instruments во взаимодействии с различной измерительной аппаратурой на ЭМС, можно решать самые различные задачи проверки устойчивости радиоэлектронного оборудования к мощным электромагнитным воздействиям, позволяя экономить как бюджет, так и время на проведение испытаний.

Подробнее с характеристиками аппаратуры можно ознакомиться на сайте www.ostec-electro.ru



1 3

Генератор ГИК3000



1 4

Система DARE!! Instruments CIT Bundle



1 5

Датчик мощности RPR2006CR

ГЕТЕРОГЕННАЯ ИНТЕГРАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ГРУППОВОЙ СВАРКИ КРИСТАЛЛ-ПЛАСТИНА - ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К 3D-ИНТЕГРАЦИИ МИКРОСХЕМ

Текст: Дмитрий Суханов
Владимир Команов

До недавнего времени основной целью совершенствования микроэлектронных устройств было наращивание их возможностей в области хранения и обработки данных. Эти возможности достигались уменьшением топологических норм и, соответственно, увеличением плотности упаковки элементарных ячеек в монолитном кристалле микросхемы. Теперь же на первый план выходят потребности таких областей применения электроники, как информационно-коммуникационные технологии, дополненная реальность, автономные транспортные средства, среды для обработки больших данных и т. п. Эти приложения требуют создания электронных компонентов нового типа, в которых акцент делается не на емкость памяти и скорость вычислений, а на рас-

ширение функционала единичной микросхемы. Такие устройства соединяют в себе материалы и структуры, которые невозможно или проблематично объединить средствами обычных для сегодняшнего дня технологических процессов и установок. При этом не снимается традиционная задача ускорения циклов разработки и развертывания массового производства, что создает дополнительные проблемы как для проектировщиков микросхем, так и для технологов, и для производителей оборудования.

Отвечая на новые потребности, электронная отрасль продвигается по пути интеграции отдельных технологий в единый производственный процесс. Возникают новые подходы к построению многокристалльных микросхем с одновременным измене-

нием конструкции составляющих их кристаллов, а реализация этих подходов становится возможной благодаря появлению все более прецизионного оборудования, росту скорости обработки информации и внедрению в управление процессами элементов искусственного интеллекта. Сегодня можно говорить об очередной революции, произошедшей в полупроводниковой промышленности – о внедрении в практику разработки и производства микроэлектроники принципа гетерогенной интеграции, что означает вытеснение традиционного литографического масштабирования новыми типами и способами межсоединений и передовыми технологиями сборки микроэлектронных устройств.

Гетерогенная интеграция как новая ступень развития в конструировании и производстве микроэлектронных устройств опирается на совокупность нескольких технологических новаций последнего десятилетия. Речь идет, в частности, о технологиях 3D-интеграции, появившихся сравнительно недавно, но уже широко применяемых в крупносерийном производстве. Также к этапу массового применения переходят некоторые передовые технологии корпусирования, такие как корпусирование с разветвлением на уровне пластины (FOWLP) и интерпозеры. В зависимости от архитектуры устройства и желаемого уровня интеграции ведущую роль будут играть несколько методов интеграции, реализуемых на разных производственных уровнях. В частности, повышение требований к минимальной задержке и низкому энергопотреблению подтолкнет индустрию к новым концепциям проектирования микросхем, где решающее значение будет иметь объединение в одном кристалле нескольких функций: сенсорики, фотоники, радиочастотной связи и даже устройств питания. Другими словами, ключевой тенденцией в конструировании чипов будет функциональная интеграция.

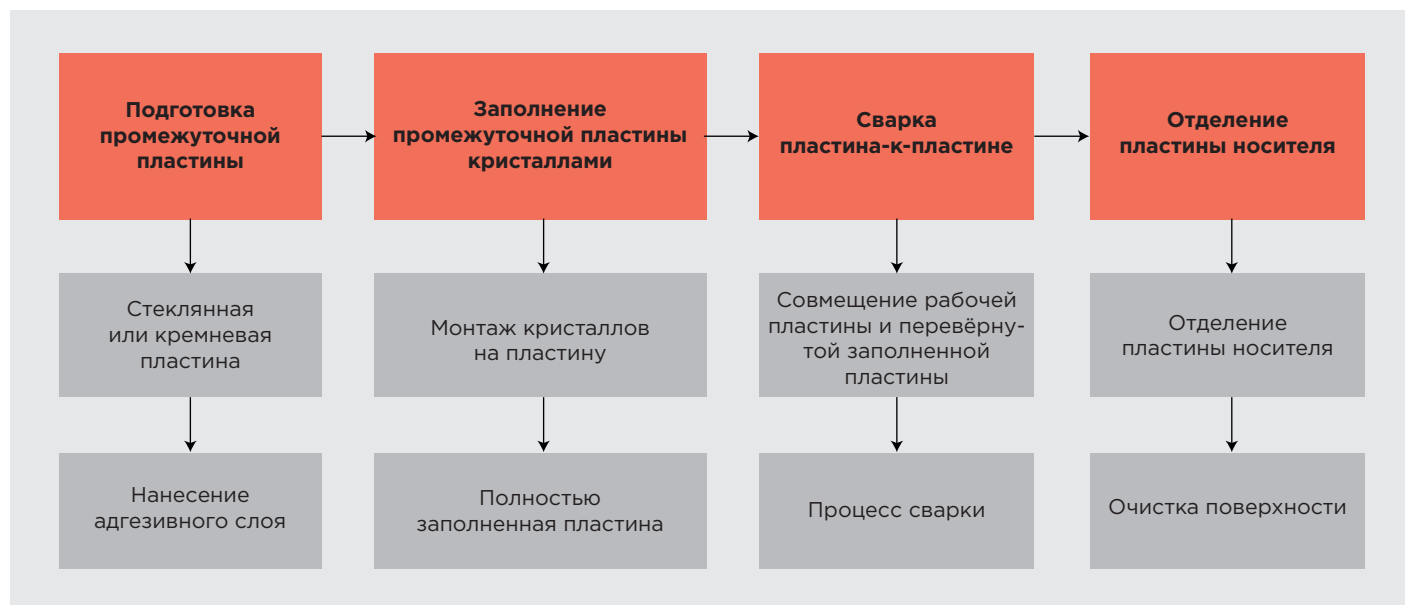
Безусловно, основную роль в новых производствах, как и прежде, будет играть обработка кремния. Однако кремний сам по себе не способен обеспечить всей необходимой функциональности, ради которой появилась и воплощается идея гетерогенной интеграции. Поэтому обязательными и все более важными станут технологии передачи материалов и функциональных микроэлектронных узлов между этапами общего технологического процесса, в котором обработка кремния соединена с нанесением слоев из иных материалов и сборкой структур, решающих вычислительные задачи, с другими структурами, предназначенными для их питания, коммутации и обеспечения первичными сигналами в рамках единой полностью функциональной системы на кристалле (SoC).

Одним из важнейших процессов при объединении составляющих элементов гетерогенно интегрированной конструкции является сварка. Это не новый

процесс для микроэлектронной индустрии – изготовители полупроводниковых пластин, а также производители устройств, выполненных по уже освоенным интеграционным технологиям, используют в массовом производстве сварку пластин: прежде всего такие ее разновидности, как сварка сплавлением и гибридная сварка; в последнее время она начинает применяться и в корпусировании.

Однако отработанная технологическая цепочка процесса сварки пластина-к-пластине (W2W, wafer-to-wafer) не может быть прямо применена к задачам, которые должны решаться при помощи гетерогенной интеграции. Она возможна лишь в том случае, когда согласованы размеры кристаллов, сформированных на свариваемых пластинах, или согласован шаг их расположения по обеим осям поверхности пластины. Это требование легко выполнимо для многих классов микроэлектронных устройств, например, для стекловых сборок запоминающих устройств или для датчиков изображения. Но гетерогенная система по самой своей сути должна объединять на одной базовой кремниевой подложке разные кремниевые узлы, составные полупроводники для фотонных и силовых устройств или ВЧ-фильтры, поступающие с разных заводов на пластинах различного размера. В этом случае мы имеем дело с интеграцией на уровне микросхемы: на каждый кристалл в неразрезанной еще базовой пластине надо установить один, а часто – несколько кристаллов других размеров, созданных по другой технологии из других материалов. Этим определятся и иной, по сравнению с W2W, тип процесса сварки. Теперь это процесс типа кристалл-к-пластине – по-английски die-to-wafer (D2W).

Такой процесс существует и успешно применяется преимущественно на начальном этапе производства микросхем (front-end), где он организован как последовательный монтаж одиночных кристаллов к пластине с использованием сварки сплавлением или гибридной сварки. Его недостаток в том, что во многих случаях обработка D2W занимает несколько часов производственного процесса, в течение которых поверхность пластины подвержена возможным загрязнениям, что делает затруднительным применение чувствительных к ним технологий, таких, как сварка сплавлением. Эту опасность можно предупредить, если все критические операции производятся в единой технологической установке с контролируемой атмосферой, где могут быть выполнены требования по содержанию загрязняющих частиц, предъявляемые в стандарте ISO 1. Однако проблема окончательно не решается и в этом случае: длительный процесс последовательной установки кристаллов на пластину и затем последовательные перемещения сварочной головки над пластиной неизбежно окажут негативное влияние на выход годных.



1

Последовательность операции процесса групповой сварки D2W

Таким образом, обычное оборудование для процесса типа D2W непригодно для реализации гетерогенной интеграции. Так как же решить эту задачу?

Групповая сварка кристалл-к-пластине

Единственное логичное решение – комплексный подход, в рамках которого процесс должен быть разделен на этап размещения кристаллов и этап групповой сварки. Это позволит обеспечить высокую производительность процесса сварки, не увеличивая чрезмерно сложность оборудования. Последовательность операций процесса групповой сварки D2W показана на рис 1.



2

Автоматизированный производственный комплекс EVG GEMINI®

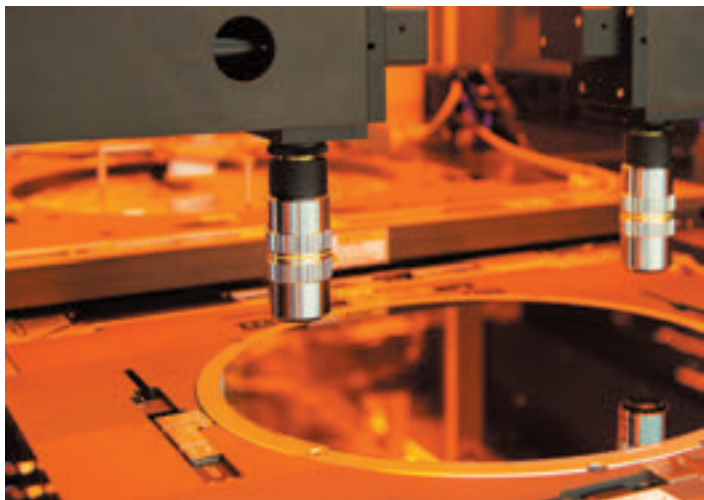
Первым этапом является подготовка и защита специальной пленкой поверхности пластины с кристаллами, предназначенными к переносу. Защищают ту поверхность, на которой будет проводиться сварка методом сплавления; назначение защиты – предотвращение засорения пластины при резке, в ходе которой обильно образуются механические частицы, которые могут стать причиной поверхностных дефектов нанометровых структур. Помимо того, что защитная пленка должна быть гладкой и иметь однородную толщину, она должна легко удаляться и не оставлять после себя никаких органических остатков.

После резки каждый кристалл при помощи оборудования, используемого в освоённых сегодня процессах D2W, помещается на оснастку – промежуточный носитель. В зависимости от конструкции собираемого изделия и характера процесса сборки требуемая точность совмещения может варьироваться от долей до нескольких единиц микрометров.

По окончании этих подготовительных операций базовая пластина и промежуточный носитель с закрепленными кристаллами загружаются в полностью автоматизированный производственный комплекс EVG GEMINI® (рис 2). Таким образом, все этапы их совместной обработки проходят в атмосфере с контролируемой концентрацией частиц.

После удаления защитной пленки пластина и кристаллы на промежуточном носителе проходят одинаковую процедуру активации и очистки перед процессами совмещения и сварки, которые, так как теперь кристаллы собраны в единую сборку с нужным шагом, могут проводиться в оборудовании для сварки W2W – пластина-к-пластине.

Промежуточный носитель переворачивается, об-ращая кристаллы свариваемой поверхностью к ба-



3 Система совмещения последнего поколения EVG SmartView® NT3

зовой пластине, после чего выполняется процесс совмещения пластин при помощи системы последнего поколения EVG SmartView® NT3 (рис 3).

Приведенные в соприкосновение кристаллы на носителе и базовая пластина подвергаются небольшому нагреву и сжатию, чем достигается выравнивание кристаллов по высоте, необходимое для корректного выполнения последующих операций. Проводится сварка, после чего промежуточный носитель отсоединяется от сваренного пакета, и обе пластины очищаются и выгружаются из сварочного кластера, переходя на следующие этапы обработки.

В Т1 представлен обзор параметров, определяющих характеристики группового процесса соединения D2W.

Практическая отработка описанного процесса с применением различных комбинаций материалов доказала эффективность применения этой техноло-

гии для кристаллов различной формы с размерами, лежащими в пределах от 800 × 800 мкм до 10 × 10 мм. Кристаллы больших размеров из этого диапазона обычно кремниевые, меньшие размеры кристаллов характерны для составных полупроводников, таких как InP, GaAs, GaN или SiC.

Рассмотрим некоторые существенные особенности отдельных этапов процесса групповой сварки D2W в основном в той части, где он отличается от уже хорошо известных процессов W2W и последовательного D2W.

Подготовка промежуточного носителя

Основной проблемой подготовки к внедрению групповой сварки D2W является создание эффективного группового носителя кристаллов. Помимо безусловного обеспечения безопасного удержания кристаллов во время очистки и подготовки к последующему этапу сварки, при его проектировании необходимо учитывать несколько других аспектов, значимых для успешного прохождения всего процесса в целом.

С самого начала должен быть выбран один из нескольких методов снятия кристаллов с промежуточного носителя, так как в первую очередь им определяется материал, из которого этот носитель должен быть изготовлен. Тип и толщину клеевого материала для монтажа кристаллов выбирают с таким расчетом, чтобы гарантированно обеспечить их прилегание к базовой пластине. Именно этим требованием определяется выбор клея в качестве материала для установки кристаллов на подложке-носителе: деформация эластичного и достаточно толстого слоя этого материала скомпенсирует разницу высот отдельных кристаллов и дефекты плоскостности базовой пластины в момент их соприкосновения. Очень важно также, чтобы клеевой слой был оптимизирован в соответствии с требованиями к точности совмещения,

Т1 Параметры, определяющие групповой процесс D2W

<p>Свойства кристалла:</p> <ul style="list-style-type: none"> • шероховатость поверхности • размер • качество кромки • неравномерность толщины 	<p>Базовая пластина:</p> <ul style="list-style-type: none"> • шероховатость поверхности • неравномерность медного слоя (при использовании гибридного процесса сварки) • размер контактных площадок 	<p>Установка кристаллов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • точность монтажа (X, Y) • поворот кристалла • температура прихватки
<p>Процесс сварки:</p> <ul style="list-style-type: none"> • активация поверхности пластины и кристаллов • совмещение • очистка • температура, усилие прижима и время 	<p>Свойства кристалла:</p> <ul style="list-style-type: none"> • шероховатость поверхности • размер контактных площадок • качество кромки • неравномерность толщины 	<p>Демонтаж и очистка:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбор технологии демонтажа • очистка растворителем • время очистки • применимость растворителя



4

Система автоматического монтажа компонентов T-8000-G

поскольку при групповой сварке может происходить смещение кристаллов, которое необходимо контролировать.

Заполнение носителя

После подготовки промежуточного носителя его заполнение осуществляется с помощью обычного оборудования для монтажа кристаллов D2W, в частности, системы автоматического монтажа компонентов с гранитным основанием Tresky T-8000-G (рис 4).

Операция выполняется с использованием общего или местного совмещения – в зависимости от требуемой точности позиционирования перемещаемых кристаллов на базовой пластине. Точность общего совмещения, определяемая точностью позиционирования столика установки монтажа кристаллов, обычно бывает достаточной для тех случаев, когда речь идет о монтаже полупроводникового кристалла на структурированную подложку микросхемы, так как формирование рисунка на ней выполняется с помощью литографии на более позднем этапе процесса.

При 3D-интеграции со сборкой стеков с помощью сплавления и гибридного соединения допустимая ошибка совмещения не должна превышать 1 мкм (3σ), что возможно только при использовании промежуточного носителя с литографическими метками, указывающими расположение каждого кристалла, и процесса совмещения при помощи этих меток.

Сварка пластина-к-пластине

После заполнения промежуточного носителя сварка кристаллов с базовой пластиной выполняется с исполь-

зованием стандартного оборудования для сварки W2W. Общий процесс D2W допускает широкий выбор материалов и методов сварки, включая применение любых адгезивов, низкотемпературных паяных соединений, которые обычно используются для установки выводов из припоя (бампов), а также для термокомпрессионного соединения металлов, таких как золото-золото или медь-медь, тем самым позволяя избежать недостаточного заполнения поверхности. Для получения высокого выхода годных при термокомпрессионном соединении требуется минимальная шероховатость поверхности металла.

При осуществлении 3D-интеграции методом групповой сварки сегодня используют методы сварки сплавлением или гибридной сварки. В этом случае кристаллы на промежуточном носителе и базовая пластина должны быть очищены и активированы плазмой до процесса сварки.

Плазменная активация необходима для понижения температуры, которая потребуется для соединения кристаллов с базовой пластиной. Процесс низкотемпературной плазменной активации модифицирует поверхность кристаллов и пластины, и в ходе очистки с участием воды на них образуется большое количество гидроксильных групп, являющихся основой для образования водородных связей между материалом кристаллов и пластины; так достигается их начальное скрепление, что важно для обеспечения высокого уровня выхода годных после сварки. Однако водородные связи сравнительно непрочны, поэтому, получив это предварительное соединение, следует сразу переходить к термической обработке. Фактически, эта обработка является промежуточным этапом процесса сварки: при нагреве до температуры в пределах 250 °C связь между кристаллами и базовой пластиной заметно упрочняется, но адгезионный слой на промежуточном носителе еще сохраняет свои свойства. После этой стадии проводится отсоединение носителя, после чего следует переход к завершающему этапу сварки – финальной термической обработке, включая приложение механического усилия в процессе гибридной сварки.

Отделение промежуточного носителя

Для процесса отделения промежуточного носителя доступен обширный спектр методов, использующих световое, силовое либо тепловое воздействие. Применительно к групповому процессу D2W надо иметь в виду, что в момент отделения сварка еще не завершена, сварное соединение не имеет финальной прочности; поэтому демонтаж промежуточного носителя должен производиться мягко: сила, приложенная в вертикальном направлении, должна быть небольшой, чтобы избежать повреждения соединений и отрыва кристаллов от базовой пластины.

Понятно, что прямой механический демонтаж создает значительные риски. В ходе отработки технологии

хорошие результаты были получены при термическом демонтаже методом сдвига, а также при использовании для отделения носителя излучения ультрафиолетовых твердотельных лазеров с диодной накачкой.

Для реализации первого из этих процессов роль адгезионного слоя на промежуточном носителе играют термопластичные клеи. Стекло нагревают выше температуры размягчения клея, после чего носитель и базовую пластину горизонтально сдвигают относительно друг друга при непрерывном контроле и управлении скоростью и усилием сдвига.

Если для отделения промежуточного носителя планируется использовать лазерное излучение, то носитель должен быть изготовлен из стекла и покрыт специальным адгезивным слоем, который обеспечивает разделение пластин с малым усилием. Гальво-сканер осуществляет точный контроль луча, что позволяет лазеру избирательно обрабатывать определенные участки пластины; таким образом можно засвечивать лазером ограниченные области носителя, вплоть до участков под единичными кристаллами. Следует отметить, что перед тем, как поступить на второй этап групповой термической обработки, необходимой для завершения процесса сварки, в обоих вариантах выполнения демонтажа промежуточный носитель и базовая пластина очищаются для удаления любых органических загрязнений.

Рекомендации по совмещению

В процессах сварки пластина-к-пластине уже достигнута точность совмещения менее 100 нм (3σ). Точность установки кристаллов на базовую пластину при групповой сварке по описанной здесь технологии в основном определяется двумя операциями, одна из которых отсутствует при сварке пластин, а другая носит существенно отличный характер: операцией размещения кристаллов на промежуточном носителе и совмещением промежуточного носителя с базовой пластиной по принципу W2W, но при возможном индивидуальном сдвиге кристаллов во время температурного воздействия (отжига). При этом доминирующее значение имеет точность выполнения первой из этих двух операций, влияющая на формирование производственного брака.

Как уже сказано, установка кристаллов на промежуточный носитель выполняется на оборудовании для процессов D2W. Типичным значением точности совмещения для представленного сегодня на рынке оборудования этого класса является значение в 1 мкм. Эту величину следует рассматривать как ограничение, но степень ее значимости не всегда одинакова, она зависит от задач, которые ставятся перед технологией в конкретных случаях ее применения.

Так, если говорить о таких задачах, как корпусирование микросхем памяти или процессоров, или изготовление интерпозеров, когда шаг контактов обычно

находится в диапазоне от 5 до 10 мкм, то значения допустимой суммарной ошибки совмещения лежат в пределах возможностей технологии групповой сварки D2W. Для других применений, где необходимо совмещение с погрешностью значительно ниже 1 мкм – таких, например, как производство датчиков изображения, – необходимо использовать либо сварку методом сплавления или гибридную сварку, либо установка кристалла должна быть передвинута на более ранние стадии технологического процесса, следовательно, межсоединения будут выполнены после процесса монтажа кристаллов. Более того, субмикронная точность совмещения переходных отверстий может быть получена, если использовать совмещение по индивидуальным литографическим меткам, что позволит повысить точность совмещения на доступных установках монтажа кристаллов. Наконец, для компонентов, которые используются в телекоммуникационных или фотонных устройствах, структурирование подложки может быть произведено после переноса и сварки интегрируемых кристаллов, что даст наилучшее совмещение межсоединений с их контактными площадками.

Заключение

В полупроводниковой промышленности продолжается переход к гетерогенной интеграции для увеличения производительности и возможностей устройств. Это повышает уровень сложности конструкций и производственных процессов, требуя дальнейшего развития технологий трансфера материалов и функциональных кристаллов.

Процесс групповой сварки D2W – это идеальный подход, обеспечивающий высокую производительность при сохранении сложности сварочного оборудования пластин на приемлемом уровне. Активация поверхностей с помощью плазменной обработки, процессы переноса и сварки кристаллов с пластиной, а также отделение кристаллов от промежуточного носителя и очистка полученной 3D-интегрированной структуры – все это реализовано в автоматической кластерной системе, гарантирующей прохождение процесса в атмосфере с контролируемым содержанием загрязняющих частиц и за счет этого позволяющей достичь высокого значения выхода годных изделий.

Коллективный процесс сварки D2W может быть реализован для различных размеров кристаллов и материалов, таких как кремний или составные полупроводники, в нем могут быть использованы различные методы сварки, что делает этот процесс универсальным подходящим для известных и перспективных задач гетерогенной интеграции.

В статье использованы материалы «Heterogeneous integration by collective die-to-wafer bonding» By Thomas Uhrmann, Jürgen Burggraf, Mariana Pires, Martin Eibelhuber [EV Group]. http://fbs.advantageinc.com/chipscale/nov-dec_2018/index.html#12

КАЧЕСТВО

ПОЛНЫЙ ЦИКЛ, МИРОВОЙ УРОВЕНЬ.

ВИЗИТ В ГРУППУ КОМПАНИЙ «ДИАКОНТ»

Текст: Юрий Ковалевский
Владимир Мейлицев

”

Группа компаний «Диаконт» – высокотехнологичное российское предприятие полного цикла, входящее в десятку лидеров рейтинга «ТехУспех» по категориям инновационности и экспортного потенциала. Производимые Группой компаний (ГК) радиационно-стойкие телевизионные системы, технологическое и грузоподъемное оборудование, прецизионные электромеханические приводы, робототехнические комплексы, а также работы по внутритрубной диагностике и другие виды услуг нашли спрос в 23 странах Европы, Азии и Северной Америки.

Практически все изделия ГК «Диаконт» имеют в своем составе управляющую электронику, поэтому производственный комплекс включает и подразделения по сборке электронных узлов. Они интересовали нас в первую очередь, но хотелось также получить общее представление о технологическом оснащении такого успешного предприятия, как «Диаконт». Разговор с руководителем производственного департамента Группы компаний «Диаконт» Евгением Алексеевичем Завалиным начался в его кабинете, а продолжился уже на участках механического производства.

Евгений Алексеевич, расскажите, пожалуйста, с чего начиналось предприятие.

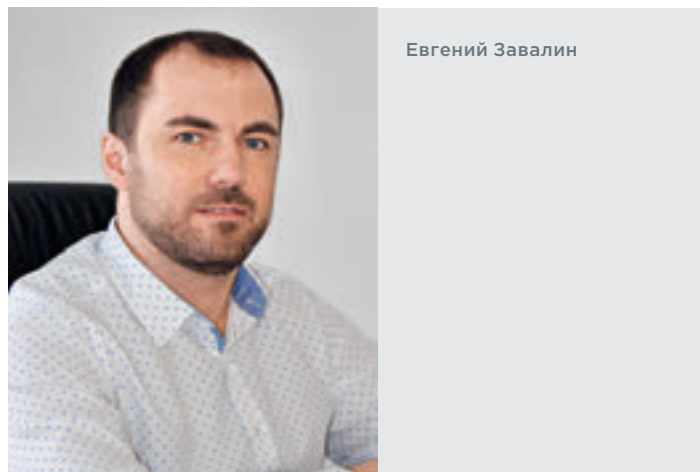
Компания основана в 1990 году, а в 1991-м уже был создан первый образец радиационно-стойкой телевизионной камеры для контроля на атомных электростанциях (АЭС). Первая система телевизионного контроля перегрузки ядерного топлива, изготовленная в 1994 году, была впоследствии внедрена на 30 реакторных блоках.

В следующем году мы предложили принципиально новую технологию телевизионного измерительного контроля корпуса реактора, позволившую в дальнейшем выявить более 40 дефектов, не обнаруженных другими методами, а в 1997-м вышли на международный рынок, заключив контракт на разработку и изготовление робототехнического комплекса со шведской компанией ABB TRC. С тех пор производственные мощности несколько раз наращивались, постоянно создавались новые типы и модификации изделий. Сегодня одним из главных направлений нашей деятельности являются создание радиационно-стойких систем промышленного телевидения и специализированных манипуляторов и проведение с их помощью текущего обслуживания и восстановительных работ на энергоблоках АЭС.

Хорошим примером технического уровня нашей продукции может служить многолетнее сотрудничество с Ленинградской АЭС, для которой мы сделали робототехнический комплекс для восстановления телескопических соединений трактов реактора. Задача состояла в том, чтобы наложить на эти соединения специальные скрепляющие хомуты и закрепить их резьбовыми крепежными деталями. Результатом стало неоднократное продление срока службы станции.

Все, что нужно, вы изготавливаете сами?

У нас нет только производства оснований печатных плат, а в остальном – да, мы все делаем сами. Обычно от заказчика мы получаем формулировку задачи, и наша работа начинается с идеи, позволяющей ее решить.



Евгений Завалин

Дальше – разработка конструкторской документации (КД), изготовление деталей, механическая и электронная сборка, создание программ и методик испытаний и их проведение, в необходимых случаях – шеф-монтажные работы, наладка и запуск на территории заказчика.

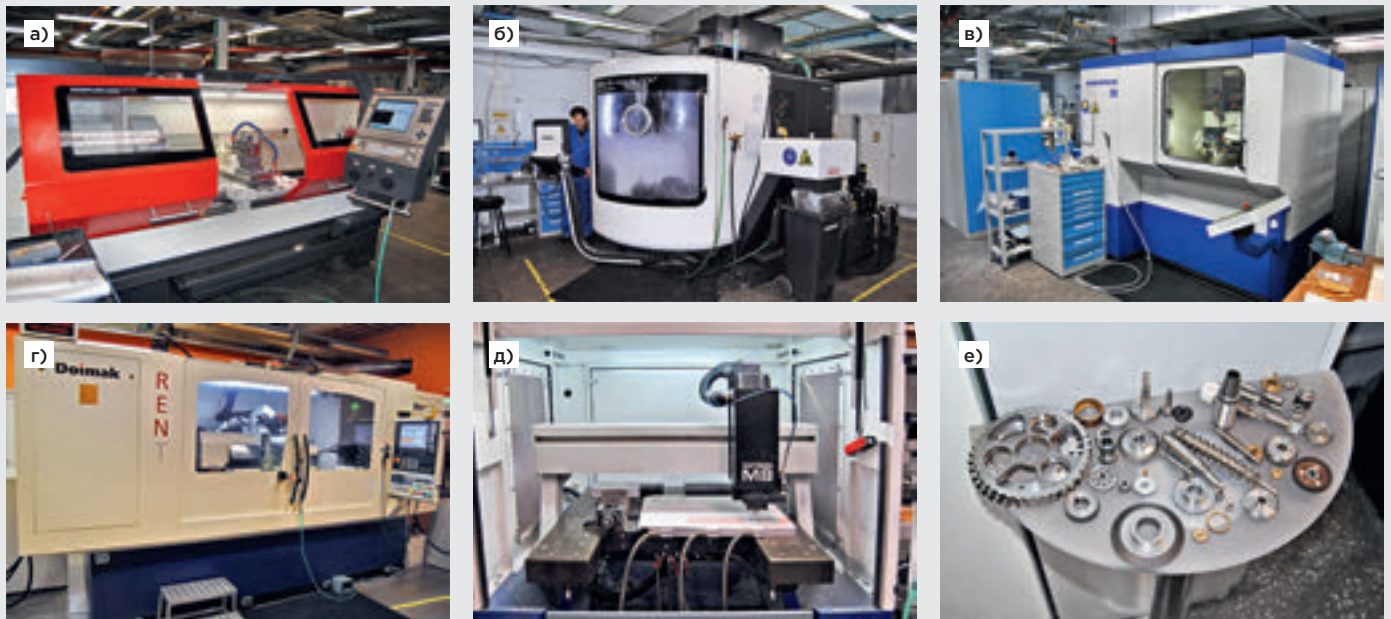
Соответственно, в штате компании имеются проектировщики комплекса, определяющие функционал и структуру будущего изделия, конструкторы и инженеры-электронщики, технологи, программисты и, конечно, развитое и хорошо оснащенное производство с сопутствующими службами.

Опишите, пожалуйста, станочный парк вашего механического производства.

Нам приходится выпускать и единичные изделия, и серии того или иного объема, поэтому мы используем оборудование, ориентированное на различные производственные циклы. На предприятии обрабатывается широкая номенклатура материалов, начиная с различных пластиков, цветных металлов и заканчивая труднообрабатываемыми сталями и сплавами.



Производство ГК «Диаконт»: а – электромагнитные приводы различных типов; б – взрывозащищенное средство доставки, оснащенное визуальной камерой измерительного контроля



Оборудование для механической металлообработки: а – Masturn 550 CNC1500 – токарный станок для малосерийного производства; б – 5-осевой универсально-фрезерный обрабатывающий центр DMG DMU60 monoBLOCK; в – 8-осевой зубофрезерный станок EMAG KOEPFER200; г – резбошлифовальный станок Doimak REN-T; д – рабочая зона Datron M8 – высокоскоростного фрезерного станка для обработки корпусов и профилей из алюминия, других цветных металлов и композитов; е – детали, изготовленные на зуборезных станках KOEPFER. Слева у стены – спутник планетарно-цевочного редуктора с зубцами особого профиля

В нашем парке – оборудование известных производителей из Германии, Швейцарии, Японии, Чехии, Италии. Почти всё – современные образцы с числовым программным управлением (ЧПУ) – будь то небольшой токарный станок или высокопроизводительный обрабатывающий центр. Некоторые наши станки уникальны для России, например, обрабатывающие центры Doimak, предназначенные для круглошлифовальных и резбошлифовальных работ, оборудование ионно-плазменного азотирования ELTROPULS или станок вихревого резбонарезания Leistritz LWN120 IW.

Какие типы металлообрабатывающих станков вы применяете?

Наиболее популярный тип оборудования представляют токарные станки и многокоординатные фрезерные и токарно-фрезерные обрабатывающие центры. Их типаж разнообразен – в соответствии с разнообразием деталей, которые на них изготавливаются. Есть высокопроизводительные установки для больших серий и небольшие станки для единичных образцов; некоторые имеют скорость вращения шпинделя до 40 тыс. об / мин и специализируются на обработке алюминия, других цветных металлов и их сплавов, тогда как другие, с меньшей скоростью резания, способны сделать деталь из любого материала; на одних станках изготавливаются небольшие детали, в других могут быть использованы заготовки длиной до 1,5 м.

В ваших изделиях, должно быть, широко применяются зубчатые передачи?

Да, причем для некоторых изделий зубчатые колеса должны быть изготовлены не просто точно, а прецизионно. Поэтому мы пользуемся высококласным оборудованием. В частности, у нас есть два станка немецкой компании EMAG: KOEPFER200 и KOEPFER300, на них можно изготавливать шестерни цилиндрического, конического, червячного зацепления. Станок KOEPFER300 способен сформировать специализированный профиль зацепления, применяемого в планетарно-цевочных редукторах, этот станок также оснащен конвейерной системой.

Заканчивая тему механической металлообработки, хочу упомянуть, что окончательная доводка формы и размеров деталей реализуется в ходе операции шлифования; мы имеем всю необходимую номенклатуру шлифовальных станков. Кроме того, имеется оборудование вихревой обработки, применяемое для формирования высокоточной внутренней и наружной резьбы, и станки для целого ряда других механических операций, необходимых для изготовления нашей продукции, – всего более 70 единиц современного оборудования.

Какие еще виды металлообработки используются на вашем производстве?

Для изготовления деталей такой формы, которую невозможно воспроизвести механическими методами, у нас имеется пять единиц электроэрозионного оборудования. Например, прецизионный электроискровой станок Sodick AG60L. Принцип его действия основан на методе копирования фасонной поверхности электрода на обрабаты-

Электроэрозионное оборудование:

а – электроискровой координатнопрошивной станок Sodick AG60L;

б – прецизионный линейный проволочно-вырезной электроискровой станок Sodick SLC600G Premium;

в – КИМ DEA Global CLASSIC;

г, д – КИМ ZEISS DuraMax и ее зонд



мой заготовке; эффект достигается за счет расплавления металла заготовки в момент приближения электроинструмента. Этот метод особенно полезен при создании сложных фасонных поверхностей изделий из труднообрабатываемых материалов.

В других станках, также японской компании Sodick, роль электрода-инструмента выполняет проволока. Мы используем проволоки диаметром 0,3, 0,2 и даже 0,1 мм. Этим диаметром определяется минимальный радиус скругления контуров внутренних поверхностей детали – понятно, что получить столь малые радиусы методом фрезерования практически невозможно.

Наши проволочно-вырезные станки 5-осевые: верхний и нижний ролики, между которыми натянута проволока, могут двигаться независимо друг от друга, что позволяет наклонять проволоку под необходимым углом к вертикали и таким образом получать наклонные поверхности как снаружи, так и внутри обрабатываемой детали.

Каким образом вы подтверждаете получение столь высоких точностей?

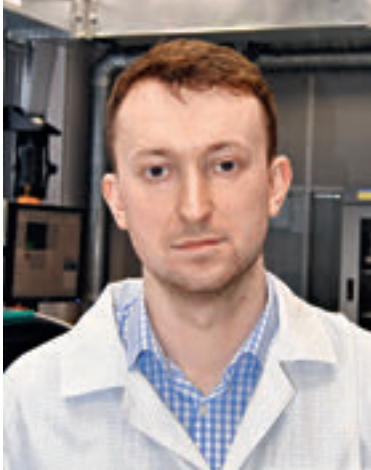
Большинство измерений мы выполняем при помощи координатно-измерительных машин (КИМ). Парк КИМ

представлен машинами Global, Zeiss, Mitutoyo, работать на которых можно как в ручном режиме, так и с использованием заранее разработанных управляющих программ.

Достоверность контроля гарантируется тем, что при выявлении отклонений на одной из машин мы обязательно подтверждаем эту информацию с использованием другой. Также в нашем парке контрольного оборудования представлены системы измерения точностных параметров тел вращения Hommel Etamic Roundscan, спектрометр MAX LMF16, длинномер Precimar и ряд другого контрольного оборудования, позволяющего подтвердить со стопроцентной уверенностью качество изделий, выходящих из этих стен.

Следующий этап – сборочные операции?

Механосборочные участки разделены по специфике выпускаемой продукции: сборка оптических систем и телевизионного оборудования, сборка электромеханических приводов, в том числе новая автоматизированная линия по сборке роторов; кроме того, имеется линия лазерной гравировки, участок заливки полимеров и вулканизации кабельных соединений, а также участок, на котором



Иван Веретехин

продукция изготавливается с использованием аддитивных технологий.

Отдельное направление – электрическая и электронная сборка. Эти работы выполняются на участках поверхностного и объемного монтажа; на первом собираются электронные узлы, на втором изготавливается кабельная продукция и монтируются блоки систем управления.

После окончательной сборки изделие подвергается испытаниям. Если наша компания имеет соответствующие компетенции, оснащение, подтверждающую разрешительную документацию, то испытания выполняются в стенах АО «Диаконт», в противном случае мы прибегаем к услугам подрядных организаций.

В четвертом квартале 2018 года вы установили автоматическую линию нанесения влагозащитных покрытий (ВЗП). Подрядчиком для этого проекта была выбрана компания «Остек-СМТ». Почему?

Сотрудничество с компанией «Остек-СМТ» началось в 2011 году, когда мы выбирали партнера для организации линии поверхностного монтажа. Остек заявлял о готовности не только поставить и запустить оборудование, но и полностью отладить технологию, и опыт показал, что у этой компании слово не расходится с делом: в проблемных ситуациях мы всегда получаем их поддержку. Это стало весомым аргументом в пользу «Остек-СМТ» при выборе партнера для проекта автоматизации процесса нанесения ВЗП. Конечно, свою роль сыграли и технические характеристики предложенного оборудования, в первую очередь, минимальное время и простота подготовки к выполнению того или иного заказа – в наших условиях этот показатель очень важен.

Подробнее о сборке электронных узлов нам рассказал руководитель сборочно-монтажного производства ГК «Диаконт» Иван Александрович Веретехин.

Иван Александрович, каковы общие характеристики участка монтажа электронных узлов?

Этот участок был организован на рубеже 2011–2012 годов. Перед нами стояла нестандартная задача: создать максимально гибкое и эффективное производство электронных узлов. От момента поставки оборудования для поверхностного монтажа до ввода участка в эксплуатацию прошло не больше полутора месяцев, и в этом немалая заслуга нашего партнера – компании «Остек-СМТ». Затем начался непростой и трудоемкий этап внедрения автоматического монтажа в производственный цикл – переработка КД на печатные платы и конструктивы, формирование требований по сборке, по комплектации, изменение существовавших технологических маршрутов.

Сегодня все проблемы позади, линия устойчиво работает и хорошо освоена персоналом. В месяц мы собираем до 300 типов печатных узлов. Серийность очень разная: это могут быть и единицы, и сотни изделий. Исходя из этого, мы вместе со специалистами «Остек-СМТ» и подбирали состав и типаж оборудования, а также конструировали приспособления и оснастку для каждого из этапов процесса сборки, применимую для изделий разной серийности.

Давайте рассмотрим сборку по этапам. Как вы решаете задачу обеспечения гибкости производственной линии применительно к этапу нанесения паяльной пасты?

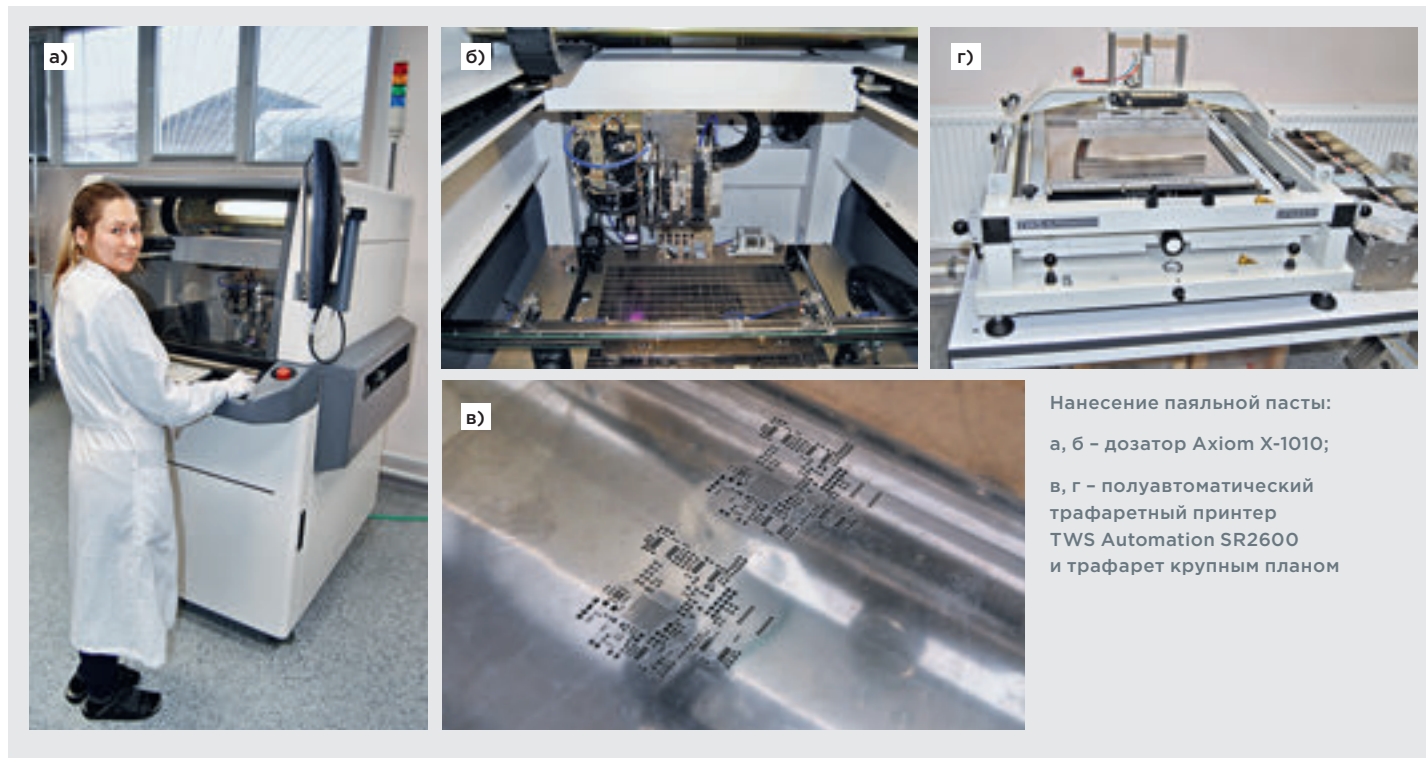
Для этого установлены две машины: дозатор Axiom X-1010, минимальная партия для которого составляет две единицы, и трафаретный принтер TWS Automation SR2600.

Поскольку в числе наших изделий есть и технически сложные электронные узлы, мы включили в комплектацию дозатора шнековый аппликатор с прецизионными иглами. Высокоточный – до 1 мкм – механический датчик высоты позволяет учесть перекосы и коробление платы, наплывы финишного покрытия на контактных площадках – все это в определенных пределах допускается стандартами, но крайне критично для процесса дозирования.

Другой важнейший для точного нанесения процесс – распознавание реперных знаков. Система считывания реперных знаков этого принтера имеет подсветку с настраиваемым спектром, позволяющую надежно различать реперные знаки любого качества на любой поверхности. Дозатор уверенно справляется с компонентами 0201, а наш массовый минимальный типоразмер – 0402. Скорость работы дозатора достигает 12 тыс. доз в час, что полностью закрывает потребности компании. При необходимости в эту модель дозатора может быть установлена вторая головка любого известного типа.

Используется ли в ваших изделиях бессвинцовая технология?

Чаще всего мы паяем именно свинцовыми припоями, но для некоторых изделий применяем и бессвинцовые. Это зависит от требований заказчика.



В 2011 году, когда прорабатывался состав линии, автомат поверхностного монтажа FLX 2011 V был еще сравнительно новым образцом...

Эту модель можно уже считать легендой; с того времени, когда она появилась, компания Essemtec выпустила на рынок два новых поколения своих установщиков.

Однако в FLX 2011 V, при его весьма умеренных габаритах, можно установить до 16 блоков питателей, что согласуется с потребностями нашего производства, поскольку позволяет выполнять быструю переналадку оборудования, а зачастую и просто исключить ее.

Как показал себя установщик в процессе эксплуатации?

Основные проблемы связаны с тем, что периодически компоненты поступают в обрезках лент. Они застревают, приходится их извлекать – а это нештатное вмешательство в механику машины, что чревато поломками и выходом из строя питателей. Периодически приходится восстанавливать точность позиционирования, что обусловлено конструкцией привода монтажной головы. В целом же можно сказать, что автомат показал себя достаточно надежной «рабочей лошадкой». Он легко ставит компоненты типоразмера 0402, его несложно заряжать и обслуживать, у него удобный пользователь-



Автомат поверхностного монтажа Essemtec FLX 2011 V

ский интерфейс. Мы не видим пока необходимости в его замене.

Вы применили для пайки паровую систему. Чем обусловлен такой выбор?

Во-первых, к моменту внедрения автоматической сборки конструкция изделий не была адаптирована к технологии поверхностного монтажа с пайкой в конвейерной печи. Остановить производство для массовой переработки КД не представлялось возможным. Во-вторых, среди изделий были такие, которые потребовали бы очень сложной отработки температурного профиля и всего технологического процесса в целом. Наконец, в наших изделиях используется ряд компонентов, которые просто не переносят температур, характерных для конвекционного оплавления.

Оптимальным решением стал выбор немецкого оборудования для пайки в паровой фазе IBL VAC645, которое не требует температур выше 240 °С и обеспечивает более эффективную теплопередачу, что повышает гибкость процесса с точки зрения разнообразия конструкции изделий. IBL VAC645 позволяет выполнять оплавление припоя с использованием вакуума, что обеспечивает минимизацию пустот в паяных соединениях и, следовательно, повышение качества выпускаемой продукции.

Как здесь осуществляется преднагрев плат?

Эта функция реализована за счет разделения рабочего пространства на зоны с разной температурой пара. Объем над ванной, расположенный ниже контура охлаждения, заполнен насыщенным паром – самым горячим. Часть пара проходит в верхний объем печи, образуя, снизу вверх, зону мягкого пара и зону преднагрева.

Плата, перемещаясь сверху вниз, проходит все необходимые стадии нагрева и оплавления припоя, а требуемый температурный профиль выстраивается

путем регулирования скорости ее движения и времени нахождения в зоне нагрева.

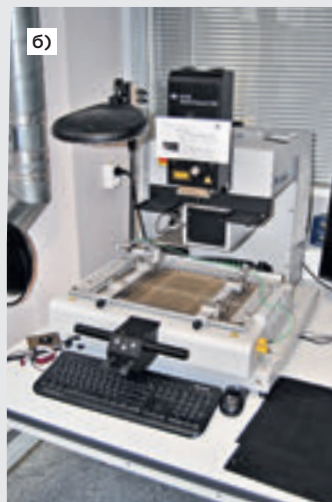
Надо полагать, в комплектацию ваших изделий входят не только компоненты поверхностного монтажа?

Конечно, применяются и выводные компоненты, и микросхемы с формованными выводами, а в некоторых случаях даже навесной проводной монтаж. Эти операции производятся после установки SMD-компонентов, их выполняют квалифицированные монтажники РЭА на современных, хорошо оборудованных рабочих местах. Кроме того, в составе оборудования участка есть прецизионный ремонтный центр ERSA HR550 – специальное рабочее место для сложного ремонта по результатам контроля и некоторых других работ, таких как установка компонентов со скрытым монтажом типа BGA, QFN, доработка опытных изделий по изменениям в КД и т. п.

Как контролируется изделие в процессе сборки?

Первый визуальный контроль проводится после установки компонентов на плату. Затем печатный узел таким же способом проверяется после пайки и отмывки; на этом этапе проводится также рентгеновский контроль. Далее узел поступает в настройку, затем – на линию нанесения влагозащитного покрытия (ВЗП). Теперь у нас есть автоматическая оптическая инспекция (АОИ), включенная в состав линии нанесения ВЗП, через которую проходят все платы; после этого их в обязательном порядке визуально проверяет на соответствие технической документации контролер ОТК. Теперь печатный узел считается готовым.

Надо сказать, что, приобретя полгода назад рентгеновскую установку, мы сразу почувствовали себя увереннее в вопросах качества. Рентген позволяет выявить многие типы дефектов заранее, пока узел еще не ушел в настройку и тем более к потребителю в составе конечного изделия. У нас вошло в обычное просматривать под рентгеном практически все



Участок монтажа электронных узлов:
а – рабочие места ручного монтажа;
б – ремонтно-сборочный центр ERSA Hybrid Rework 550

платы: заполнение установочных отверстий выводных компонентов, скрытые паяные соединения компонентов BGA, LGA и т. п.

Почему у вас на монтажном участке нет АОИ?

Прежде она была не нужна, поскольку при ручном монтаже не получается добиться такого уровня повторяемости паяных соединений, который позволил бы проверять их автоматически. Теперь, когда 90% компонентов монтируются на автоматическом оборудовании, эта причина устранена – но осталась другая. При нашей номенклатуре и незначительных сериях преимущества АОИ неочевидны. Время на составление и отладку программ инспекции, на обработку ложных срабатываний АОИ в большинстве случаев намного превысит время, которое затратит на проверку контролер ОТК. С другой стороны, на текущий момент инструменты, которыми мы располагаем – визуальный и рентгеновский контроль, – полностью удовлетворяют требованиям проверки электронных узлов.

Поэтому, прежде чем принимать решение о приобретении АОИ, надо очень хорошо подумать.

Рассказать о запущенной недавно автоматической линии нанесения влагозащитных покрытий мы попросили одного из основных участников этого проекта – начальника региональной группы направления производства радиоэлектронной аппаратуры ООО «Остек-СМТ» Дениса Анатольевича Кулицкого.

Денис Анатольевич, почему предприятию понадобилось создавать автоматическую линию нанесения влагозащитных покрытий?

Покрытие, нанесенное при помощи кисточки, часто вызывало нарекания со стороны отдела качества и вынуждало тратить средства на устранение брака. Главное, чего хотели от внедрения автоматической линии, – исключить негативные последствия, связанные с человеческим фактором. Вторая цель – ускорение процесса, что также способствует снижению себестоимости продукции.

Задачу по функционалу оборудования сформулировали исходя из того, что для продукции общепромышленного профиля в качестве ВЗП используются импортные однокомпонентные материалы ультрафиолетового (УФ) отверждения, а на часть изделий специального назначения требуется наносить только отечественное покрытие, конкретно – двухкомпонентный лак УР-231. Нужна была линия, способная работать с принципиально различными материалами и при этом быстро перенастраиваться с одного покрытия на другое.

Насколько трудным оказался проект?

Процесс оказался достаточно трудоемким. Вариантов обеспечения необходимой гибкости линии суще-



Денис Кулицкий

ствует множество, но нам надо было выбрать то, что наилучшим образом соответствует особенностям конкретного производства, номенклатуре продукции, устоявшимся подходам к разработке изделий. К тому же наше участие было шире, чем просто поставка и запуск оборудования. Мы всё делали вместе с предприятием: планировку размещения установок, трассировку коммуникаций и т. п. И сейчас мы совместно проводим не только внедрение оборудования, но и полноценную технологическую подготовку. Выяснилось, что ставить процесс нанесения ВЗП даже сложнее, чем автоматический монтаж: при ближайшем рассмотрении выявляются требования к качеству проведения предыдущих операций, нюансы программирования и многое другое.

Тем не менее, линейка работает, и как раз сегодня мои коллеги проводят на базе нового участка семинар по проблематике влагозащиты. Рассматриваются вопросы работы с теми или иными материалами, особенности оборудования, подготовки изделий к нанесению ВЗП, к полимеризации, автоматическому контролю. Оборудование включено, подготовлено к демонстрационному запуску.

В чем заключается уникальность новой линии?

Если говорить совсем коротко, то ее уникальность состоит в том, что такого комплекса в России и странах СНГ больше ни у кого нет: по отдельности такие или подобные машины есть у многих, но нигде они не связаны в единую автоматическую линию.

А если брать глубже, то следует признать если не уникальным, то во всяком случае оригинальным найденное техническое решение, позволившее добиться максимальной гибкости процесса по материалам и оперативности переналадки при вполне умеренных инвестициях.

Из каких установок состоит линия?

Перед нанесением покрытия изделия должны пройти отмывку и сушку. Поэтому первые две установки, не входящие в логистический контур автоматической



Семинар по автоматической линии нанесения влагозащитных покрытий



линии, но абсолютно для нее необходимые, – система струйной очистки (у нас это Super Swash с моющей жидкостью Vigon) и сушильный шкаф, в котором изделия выдерживаются в течение 2–3 часов при температуре 85 °С.

Собственно линия состоит из загрузчика, системы селективного нанесения влагозащитных покрытий Nordson Asymtek SL-940, установки ультрафиолетового отверждения Nordson Asymtek UV9, АОИ Viscom S3088 CII, разгрузчика и связывающих их конвейеров.

Наконец, необходимым завершением линии, также формально не входящим в ее состав, является сушильный шкаф, куда помещаются печатные узлы после покрытия лаком УР-231.

Сколько степеней свободы имеет головка дозатора системы SL-940?

Головка движется по трем осям и наклоняется в двух плоскостях. Последнее важно, так как позволяет качественно капсулировать компоненты без образования наплывов вдоль их граней, что неизбежно получается, когда гарантированного «закрытия» компонента приходится добиваться с вертикально расположенным аппликатором.

Машина имеет целый ряд датчиков и приспособлений, повышающих надежность процесса нанесения. Головка через заданные промежутки времени подходит к лазерной системе контроля ширины струи, и в случае необходимости специальный механизм прочищает насадку, либо повышается давление в системе подачи материала. Давление может изменяться и в зависимости от температуры материала и его вязкости, – за этим также следит специальный датчик.

Как же реализована возможность быстрой смены одного материала на другой?

Установка имеет два канала, основной и дополнительный, с картриджем меньшей емкости, – в нем

может быть второй материал. Для переналадки надо переключить подачу основного аппликатора на картридж дополнительного канала, промыть систему растворителем и перенастроить аппликатор. Все действия могут уложиться в 15 минут, и при каких-то задержках вряд ли займут больше часа.

Получается, что в картридже должен находиться материал, готовый к применению. Но ведь УР-231 – двухкомпонентное покрытие. Значит, перед применением его надо смешать вручную?

Мы могли бы укомплектовать систему смесителем, но не сделали этого по простой причине: тогда она уже не сможет работать с однокомпонентным материалом.

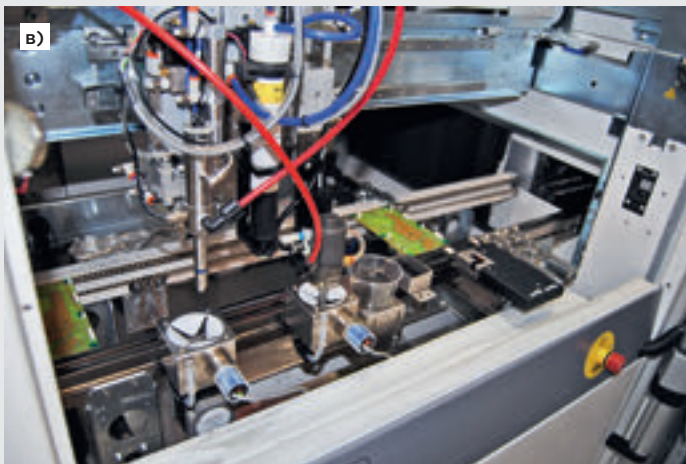
А УФ-покрытие – основное, им защищаются 95% продукции предприятия, если считать по количеству выпускаемых единиц. Поэтому, кстати, для УР-231 вполне хватает маленького картриджа дополнительного канала. А подготовить ручную лак для 5 % выпуска – это не проблема.

Какова длительность операции нанесения покрытия?

В моей практике самое большое время составило 8 мин – конструкция этого узла была очень сложна. Бывает достаточно и 10 с, а в среднем процесс длится примерно минуту.

Как осуществляется полимеризация разных типов покрытий?

Система УФ-отверждения установлена в линии, так что именно через нее идет основная масса продукции. Надо отметить, что в системе происходит только первая фаза полимеризации – отверждение «на отлип». Окончательно покрытие приобретает защитные свойства после трех-четырех дней пребывания



Линия нанесения влагозащитных покрытий: а – система струйной очистки Super Swash; б – система селективного нанесения ВЗП Nordson Asymtek SL-940 и установка ультрафиолетового отверждения Nordson Asymtek UV9. Справа – угловой конвейер к оптической инспекции; в – рабочая зона системы SL-940. Трубки красного цвета – линии подачи материала к аппликатору, которые надо перестыковывать при переходе с одного типа покрытий на другой; г – АОИ Viscom S3088 CCI

на воздухе за счет содержащейся в последнем влаги. Для нас главное, что из установки UV9 покрытие выходит уже прочным – иначе мы не могли бы встроить в линию оптическую инспекцию. Лак УР-231, как уже говорилось, отверждается в сушильном шкафу.

Чем был обусловлен выбор модели АОИ?

Прежде всего тем, что эта машина, в отличие от многих других инспекций аналогичного назначения, может не только контролировать качество нанесения покрытия, но и проверять собранные печатные узлы – полярность чипов, качество паек и т. д. Такая возможность была высказана в качестве пожелания заказчиками проекта. Второе основание – опыт многолетнего партнерства Остека с компанией Viscom, подтвердивший функциональность и надежность ее продукции.

Распознавание дефектов покрытия основано на традиционном для таких машин принципе: облучении объекта ультрафиолетом, под действием

которого покрытие начинает светиться. Области, где оно нанесено, воспринимаются как белые, где отсутствует – как черные. Благодаря тому, что программа анализа работает в градациях серого, АОИ «видит» все дефекты покрытия: пузырьки, отслоения, пропуски, недостаточная толщина.

Насколько длителен процесс обучения инспекции?

Строго говоря, эту систему вообще не надо обучать. Ее работа основана не на сравнении двух изображений, а на алгоритмическом задании границ покрытия и распределения его толщины по площади платы. Обработка визуальной информации в этом случае упрощается, и подготовка инспекции к работе с новым изделием не занимает много времени. Сам же процесс инспекции согласован со скоростью конвейера и продолжается меньше одной минуты.

Спасибо за интересный рассказ.

ОПТИМИЗАЦИЯ

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО 4.0



Текст: Андрей Шкодин

Сегодня существуют две сверхпопулярные концепции, которые непременно должны помочь нашему производству стать конкурентоспособным, эффективным и современным. Это «Бережливое производство» и «Индустрия 4.0». Адепты каждой из них считают именно себя спасителями отечественного производства и убеждают, что применение именно их методологий приведет нас в светлое будущее. Я уже неоднократно говорил о том, что успешность предприятия зависит от эффективной действующей на нем производственной системы, в рамках которой, конечно же, необходимо применять и передовой опыт, и лучшие практики, естественно, с адаптацией под определенные произ-

водство и задачи. Но если ставить конкретный выбор в пользу той или иной концепции? По моему мнению, инструменты Бережливого производства имеют полное право быть применимыми, но не стоит забывать, что в своих классических вариантах они представляют собой консолидацию опыта конкретной японской компании по производству автомобилей и появились в середине прошлого века. А концепция Индустрии 4.0 подразумевает использование, в первую очередь, современных цифровых технологий, что является вполне логичным шагом в развитии не только промышленности, но и общества и мира в целом. Возможен ли симбиоз этих двух концепций? Попробуем разобраться.

Муда и Big Data

Муда, что по-японски означает «потери», это любая деятельность, которая потребляет ресурсы, но не создает ценности для клиента.

Big Data – большие данные. Это различные инструменты, подходы и методы обработки как структурированных, так и неструктурированных данных для того, чтобы их использовать для конкретных задач и целей.

Борьба с потерями – это основная концепция Бережливого производства.

Напомню, что Тайити Оно, основоположник производственной системы «Тойота», которая является основополагающей в концепции Бережливого производства, определил семь основных типов потерь:

1. Потери из-за перепроизводства.
2. Потери времени из-за ожидания.
3. Потери при ненужной транспортировке.
4. Потери из-за лишних этапов обработки.
5. Потери из-за лишних запасов.
6. Потери из-за ненужных перемещений.
7. Потери из-за выпуска дефектной продукции.

Чтобы устранить потери, нужно для начала их выявить, причем не просто выявить, но и посчитать, т.е. получить конкретную цифру. После этого определить причины, а дальше уже заняться оптимизацией. Собственно, весь процесс, это: на входе получение исходных данных, их обработка, а на выходе – определенный набор действий и операций, которые будут способствовать тому, чтобы дальше исходные данные претерпели нужные изменения.

Ключевое слово здесь «данные». И количество этих данных на современном, даже небольшом, производстве достаточно велико, и было бы совсем неэффективно для их обработки использовать, например, калькулятор и блокнот, да и простые проверенные офисные программы тоже уже мало подходят для этих целей. Может быть я ошибаюсь, но в настоящее время на абсолютном большинстве предприятий пользуются специализированным программным обеспечением для обработки данных, по крайней мере, в системе бухгалтерского учета. Использование программного обеспечения для получения, хранения и обработки других данных (производство, логистика, склад, оборудование и т. д.) также необходимо и реализуется при

Три уровня АСУП

	Пользователь	Объект управления	Приложение
1	Руководитель	Предприятие	ERP
2	Начальник производства	Производство	MES
3	Оператор	Технологический процесс	SCADA

Вспомогательные системы АСУП

	Пользователь	Объект	Приложение
1	Продавец	Продажи	CRM
2	Бизнес-аналитик	Ключевые показатели эффективности (KPI)	BI
3	Менеджер	Бизнес-процессы	BPM
4	Механик	ТОиР	EAM
5	Энергетик	Энергоэффективность	CEM
6	Менеджер	Производственное планирование	APS
7	Конструктор	Изделие	PLM
8	Технолог	Лаборатория качества	LIMS

ERP (Enterprise Resource Planning) – система планирования и управления ресурсами предприятия.

MES (Manufacturing Execution System) – система управления производственными процессами.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – система диспетчеризации и сбора данных.

CRM (Customer Relationship Management) – система управления взаимоотношениями с клиентами.

KPI (Key Performance Indicators) – ключевые показатели эффективности.

BI (Business Intelligence) – система обработки данных для получения текущих показателей деятельности (от операционных до стратегических) организации и её отдельных подразделений.

BPM (Business Process Management) – система управления бизнес-процессами организации.

ТОиР – техническое обслуживание и ремонт.

EAM (Enterprise Asset Management) – система управления основными фондами.

CEM (Corporate Energy Management) – система управления энергоресурсами.

APS (Advanced Planning & Scheduling) – система производственного планирования.

PLM (Product Lifecycle Management) – система управления жизненным циклом продукта.

LIMS (Laboratory Information Management System) – система управления и контроля качества.

использовании Автоматизированных систем управления предприятием (АСУП). Современные АСУП состоят из трех уровней управления и могут включать в себя дополнительные (вспомогательные) системы.

Не будем подробно рассматривать функции каждой системы, отмечу лишь, что использование качественно настроенной под конкретное предприятие АСУП позволяет оптимизировать все семь типов потерь Муда, при этом за счет оперативной обработки данных способствуют своевременному и корректному принятию решений.

5С и Big data

5С (5S) система организации и рационализации рабочего пространства, прикладной инструмент Бережливого производства.

Включает в себя пять шагов:

1. СОРТИРОВКА. Отделить нужные предметы (инструменты, детали, материалы, документы) от ненужных, чтобы убрать последние.
2. РАЦИОНАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ. Рационально расположить то, что осталось. Поместить каждый предмет на свое место.
3. УБОРКА. Поддерживать чистоту и порядок.
4. СТАНДАРТИЗАЦИЯ. Соблюдать аккуратность за счет регулярного выполнения первых трех пунктов.
5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ. Превращение в привычку установленных процедур и их совершенствование.

В классической концепции бережливого производства данный подход применяется относительно рабочих мест. А что, если рассмотреть его с точки зрения применения к работе с данными?

Оказывается, что аналогичные требования установлены для управления данными в ITIL, своеобразной библии сотрудников IT-служб и подразделений.

ITIL (произносится как «айтіл», англ. IT Infrastructure Library – библиотека инфраструктуры информационных технологий) – библиотека, описывающая лучшие из применяемых на практике способов организации работы подразделений или компаний, занимающихся предоставлением услуг в области информационных технологий. В пяти томах библиотеки описан весь набор процессов, необходимых для того, чтобы обеспечить постоянное высокое качество ИТ-сервисов и повысить степень удовлетворенности пользователей.

Согласно ITIL управление данными включает в себя:

1. Управление информационными ресурсами, а именно:
 - › определение потребности в информации;
 - › построение реестра данных и модели данных предприятия;
 - › выявление дублирования и недостатков данных;
 - › поддержку каталога/индекса информационного контента.

Т.е. по сути выполняется сортировка и идентификация данных.

2. Управление технологиями данных, включающее такие процессы как проектирование баз данных и управления базами данных. Т.е. необходимо обеспечить рациональное расположение данных.
3. Управление информационными процессами, включая процессы создания, сбора, доступа, модификации, хранения, удаления и архивирования данных. Т.е. и на сервере нужно делать уборку и поддерживать его в порядке.
4. Управление стандартами и политикой данных, т.е. организация должна определить стандарты и политику в области управления данными.

Я не знаю, руководствовалась ли британская организация-разработчик ITIL принципами 5С, но налицо явное совпадение обозначенных требований в области управления данными с концепцией 5С. Скорее всего дело в том (и я об этом уже писал), что 5С не является каким-то уникальным инструментом, а всего лишь представляет собой набор универсальных, вполне логичных требований к организации рабочего пространства.

SMED и аддитивные технологии

Быстрая переналадка (Single-Minute Exchange of Dies – SMED – быстрая смена пресс-форм) – один из прикладных инструментов Бережливого производства, представляющий собой способ сокращения издержек и потерь при переналадке и переоснастке оборудования. Изначально эта система была разработана, чтобы оптимизировать операции замены штампов и переналадки соответствующего оборудования.

Аддитивные технологии – группа технологических методов производства изделий и прототипов, основанная на поэтапном добавлении материала на основу в виде плоской платформы или осевой заготовки.

В целом же переналадка – это замена инструмента, оснастки, заготовок на оборудовании, выполняемая для изменения параметров технологического процесса.

Методология SMED заключается в следующем.

Операции переналадки можно разделить на две категории:

- Внутренние действия по переналадке, то есть операции, которые выполняются после останова оборудования. Например, пресс-форму можно заменить только при остановленном прессе.
- Внешние действия по переналадке, то есть операции, которые могут быть выполнены во время работы оборудования. Например, болты крепления пресс-формы можно подобрать и отсортировать и при работающем прессе.



НАИМЕНОВАНИЕ	СКОРОСТЬ ШПИДЕЛЯ	УПРАВЛЕНИЕ	СМЕНА ИНСТРУМЕНТА	СМЕНА ЗАГОТОВКИ
1 Фрезерный станок середины 20 века	1600 об/мин	Ручное	Ручное, требует полной остановки станка	После остановки станка
2 Современный фрезерный обрабатывающий центр	12 000 об/мин и выше	ЧПУ	Автоматическая по управляющей программе	Установка на сменную паллету без остановки

2 Сравнение оборудования на примере фрезерных станков

Преобразование как можно большего числа внутренних операций переналадки во внешние позволяет в несколько раз сократить время переналадки оборудования.

Если сравнивать оборудование и технологии середины 20 века с существующими сегодня, то очевидно, что развитие машиностроения (в т. ч. и станкостроения) в этот период позволило:

- сократить технологическое время изготовления детали;
- увеличить машинное время относительно общего времени технологического цикла.

В первом случае: за счет применения более совершенных инструментальных материалов, совершенствования конструкций оборудования и технологических процессов, что позволило применять более производительные режимы обработки, использование систем ЧПУ; во втором – как раз за счет сокращения времени переналадки, за счет возможности выполнять её автоматически без остановки оборудования; возможности мультиоперационной обработки.

Дальнейшее развитие технологий привело к появлению аддитивного производства – перспективного

и активно внедряющегося на предприятиях во всем мире.

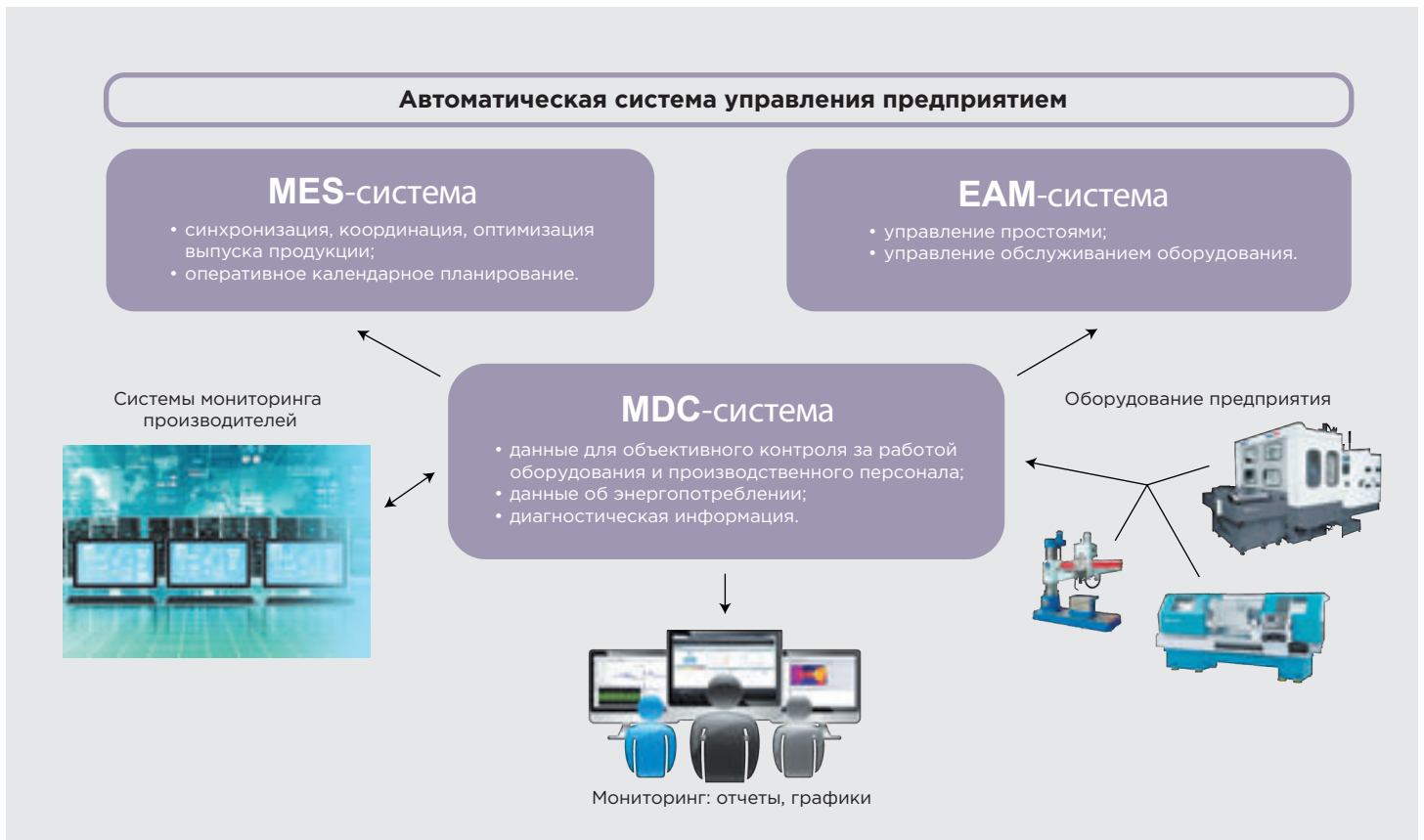
Говоря про аддитивное производство, мы, в первую очередь, имеем ввиду создание деталей или готовых изделий методом 3D-печати. Среди преимуществ аддитивных технологий над классическими называют:

- отсутствие необходимости использования технологической оснастки;
- гибкость производства за счет отсутствия переналадки оборудования под новое изделие;
- сокращение производственных издержек, отсутствие длинных технологических переделов.

Т.е. техническая и технологическая эволюции привели к значительному сокращению времени переналадки, и данный вопрос при использовании современного оборудования и технологий на текущий момент в большей части решается сам собой.

TPM и интернет вещей

Всеобщее производительное обслуживание (Total Productive Maintenance – TPM) – один из инструментов бережливого производства, применение



3

Схема построения системы передачи и обработки данных

которого позволяет снизить потери, связанные с простоями оборудования из-за поломок и избыточного обслуживания.

Интернет вещей (англ. Internet of Things – IoT) – концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой.

Основные принципы TPM:

- автономное обслуживание – производственный персонал выполняет несложные операции по техническому обслуживанию, мелкий несложный ремонт;
- помимо технического обслуживания выполняется диагностика оборудования, на основании которой проводится предупредительный ремонт.

Что касается автономного обслуживания, основной акцент обычно делается на смазку, чистку и уборку. Чаще всего процесс смазки основных узлов трения на современном оборудовании происходит за счет применения автоматических систем смазки, процесс уборки в некоторых случаях тоже автоматизирован (например, стружкоудалятели на фрезерных центрах).

Необходимым условием для организации на промышленном предприятии Цифрового производ-

ства является создание единого информационного пространства, с помощью которого АСУП, а также промышленное оборудование могут оперативно и своевременно обмениваться информацией. Ключевым условием является использование системы MDC (Machine Data Collection – сбор машинных данных), которая позволяет собирать данные о работе всех производственных объектов, в т. ч. непосредственно с оборудования.

Наличие оперативной информации, собираемой и обрабатываемой в режиме реального времени, позволяет спрогнозировать неисправность, выявить и устранить причину на ранних стадиях. Для получения информации используются:

- данные непосредственно с системы ЧПУ и контроллеров оборудования;
- данные по качеству электроэнергии;
- информация по электрическим нагрузкам на основные исполнительные органы оборудования (шпиндели, двигатели приводов, насосы и т. д.);
- данные с датчиков (например, вибродиагностики, теплодиагностики);
- видеорегистрация.

Также производители оборудования всё чаще используют системы самодиагностики и устанавливают MDC, потом при эксплуатации оборудования

достаточно подключить его к сети, чтобы информация о текущем состоянии поступала к производителю. В таких случаях возможна и интеграция системы мониторинга производителя с АСУП предприятия.

Всё это позволяет повысить эффективность обслуживания оборудования и значительно снизить его простой по причине аварийных ремонтов.

Канбан и виртуальная реальность

Канбан в переводе с японского обозначает: «кан» – «видимый/визуальный», а «бан» – «вывеска/доска» и по сути представляет собой карточку с информацией.

Такие карточки размещались на досках (стендах) и применялись для реализации информационного потока при организации производства. С одного производственного участка при помощи данных карточек информация передавалась на другой участок в производственной цепочке (например, о необходимости поставки нужного количества изделий), а внутри участка карточки использовались для постановки производственных задач на конкретном рабочем месте.

Сейчас Канбан в том или ином виде применяется не только для организации производственного процесса, но и в других направлениях деятельности, например, в управлении проектами.

По моему мнению, в век цифровых технологий использовать бумажные носители информации для обозначенных целей – это кощунство, и когда мы говорим о современном производстве, то если и использовать данную методологию, то в виртуальном (цифровом) виде. Тогда бумажные карточки будут заменены цифровыми документами, которые будут отображаться на мониторах или экранах мобильных устройств, а при необходимости возможна реализация визуального отображения производственных заданий, заказов в рамках применяемой на предприятии АСУП. Степень проработки визуализации зависит только от фантазии и финансовых возможностей конкретного предприятия.

Всеобщий Кайдзен

Кайдзен в переводе с японского – изменения к лучшему. Инструмент Бережливого производства, подразумевающий систему постоянных улучшений за счет практического применения рациональных предложений от сотрудников предприятия.


Расскажу одну историю. Некая корпорация решила повысить производительность труда. Резонно задались вопросом: как это сделать? На местах вопрос проработали и решение созрело: надо внедрять Бережливое производство и автоматизироваться. Руководители корпорации попросили конкретизировать: что значит Бережливое производство и что значит автоматизироваться? Им пояснили, что Бережливое производство это – 5С, ТРМ, Канбан и Кайдзен. А автоматизироваться будем путем установки программного обе-



4

Классический Канбан

спечения ERP. Благозвучные слова руководителям корпорации понравились и на предприятия корпорации полетело распоряжение: в такой-то срок внедрить Бережливое производство и повсеместно перейти на ERP. На предприятиях создали рабочие группы, пригласили консультантов, и работа закипела. Наступил обозначенный в распоряжении срок, была организована комиссия, которая поехала по предприятиям проверять как и что внедрено. И на какое предприятие не приезжали, везде и рабочие места по системе 5С организованы, и планы-графики обслуживания оборудования составлены, и карты смазки на каждом оборудовании по отдельности имеются, и ящики для рацпредложений висят, и программное обеспечение закуплено и установлено. Ставят они, значит, везде галочки в проверочных листах, обозначая незначительные замечания. Проверили всех и поехали к руководству на доклад. Приезжают, докладывают: на всех предприятиях и Бережливое производство внедрено, и автоматизация выполнена. А руководство им возьми, да и задай коварный вопрос: а что у нас с производительностью труда? А, действительно, что? Да непонятно что, ведь некогда было ею заниматься, мы ж Бережливое производство и автоматизацию внедряли.

Изменения нужны и должны происходить постоянно, ведь и мир, и все процессы в нем динамичны. Выстраивая свою производственную систему, можно и нужно использовать как проверенные временем методы и средства, так и современные технологии. Главное, не забывать о том, что любые изменения должны приносить необходимый результат. А результат изменений – это не сами изменения, а конкретные достижения, выраженные в финансовых показателях предприятия. 

И да придёт с нами Кайдзен!

ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В РУЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 4.0



Текст: Роман Лыско

Современное производство – это сложный механизм, который требует все более совершенных систем управления на разных уровнях. В управлении важно организовать взаимодействие всех подсистем как единого целого. Немалую роль здесь играет диспетчеризация производственных процессов – оперативный контроль и оперативная координация действий. Для большинства производств с высоким уровнем ручного труда диспетчеризация процессов в большой степени зависит от профессиональных качеств руководителей структурных подразделений. Несмотря на то, что подавляющее большинство руководителей производственных участков и цехов ответственно относятся к управлению вверенными им подразделениями, они не всегда могут оперативно отреагировать на определенные производственные ситуации и зачастую принимают решения, не владея в полной мере объективной информацией.

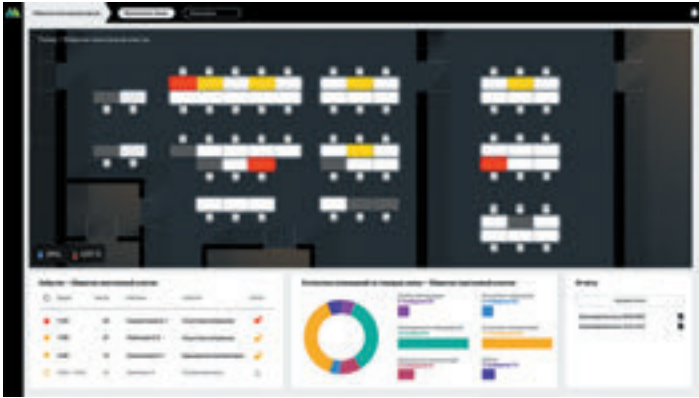
Это происходит по следующим причинам:

- переизбыток информации, которую невоз-

можно оперативно обрабатывать в условиях большой номенклатуры изделий и ПКИ, большого числа сотрудников, производственных операций и множества других факторов;

- динамично меняющиеся условия производства, существенно влияющие на техпроцесс и выполнение планов, вызванные сбоями в поставке комплектации, непредсказуемостью выхода людей на работу в условиях сезонных эпидемий, нестабильностью снабжения и т. д.;
- непрозрачность производственного процесса, связанная с ограниченностью информации с рабочих мест и участков о происходящих процессах, а также с отсутствием измеримых показателей, актуализируемых в реальном времени.

Программно-аналитический комплекс «Умное рабочее место», УРМ, позволяет минимизировать влияние этих причин и дает возможность на системном уровне организовать диспетчеризацию процес-



1
Схема производственного участка

сов на производственных участках. Рассмотрим, как это работает.

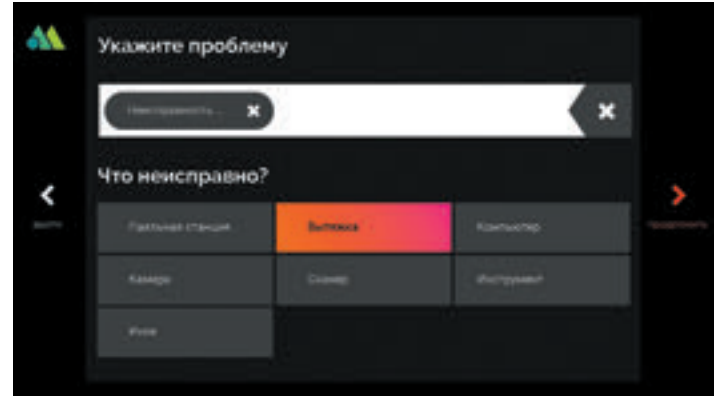
Возможности программно-аналитического комплекса позволяют отобразить на рабочем месте руководителя производственного подразделения интерактивную схему участка с отображением наиболее важной для руководителя информации (рис 1).

Картинка, отображаемая на мониторе, в режиме реального времени показывает оперативные данные о присутствии на рабочих местах сотрудников, информацию о внештатных событиях. Система может обработать накопленные данные за определенный период времени и вывести информацию в виде обобщенных графиков и диаграмм.

УРМ в Ручном производстве 4.0 подразумевает обязательное оснащение каждого рабочего места монитором для отображения или ввода информации. Сотрудник может оперативно проинформировать руководителя или смежные подразделения о возникших проблемах (рис 2).

Оповещение в режиме-онлайн дает возможность вовремя принять меры по устранению и исправлению проблемных моментов. Фиксация события в информационной системе позволяет минимизировать вероятность искажения информации при передаче на более высокий уровень или в другие функциональные подразделения. Такая фиксация практически исключает вероятность того, что между руководителем и подчиненным возникнут трения коммуникативного характера, что «кто-то вовремя не сообщил о проблеме, а кто-то не услышал». Руководитель, получая информацию о нарушениях производственной или технологической дисциплины, может предпринимать корректирующие или управленческие действия.

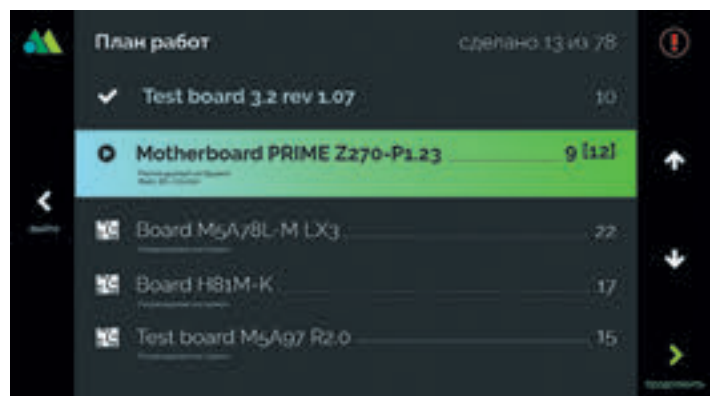
Уровень диспетчеризации процессов на промышленном предприятии во многом определяется возможностью оперативно реагировать на изменения. В современной ситуации быстрая адаптация к изменениям – это более высокий уровень конкурен-



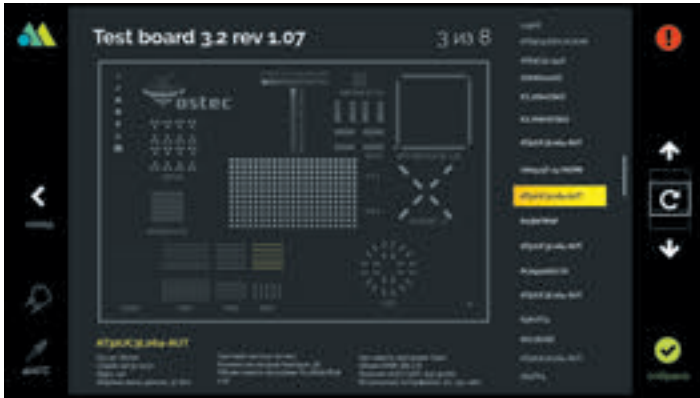
2
Интерфейс меню монитора по информированию о проблемных ситуациях на рабочих местах

тоспособности. Общие тенденции на предприятиях электронной промышленности – постоянное расширение номенклатуры и ассортимента, появление новых изделий и их новых модификаций, изменения в конструкторской и технологической документации. Также характерна определенная неритмичность размещения заказов, что приводит к неравномерной загрузке предприятия в течение года. Для повышения эффективности работы необходимо оперативно реагировать на все эти изменения. И здесь важную роль играет то, насколько быстро руководители структурных подразделений и сотрудники непосредственно на рабочих местах смогут адаптироваться к быстро меняющейся производственной среде. В УРМ есть ряд функциональных возможностей, которые позволяют сделать процесс адаптации наиболее комфортным. Сотрудник на каждом рабочем месте всегда может получить информацию по текущим планам работ (рис 3).

Также сотруднику доступна интерактивная документация на изделие (рис 4) с последовательностью выполняемых операций и описанием компонентов. Для управленческих процессов это ключевая информация, которую руководитель может передать на каждое рабочее место без какого-либо искажения.



3
Текущий план работ сотрудника с указанием наименования изделия



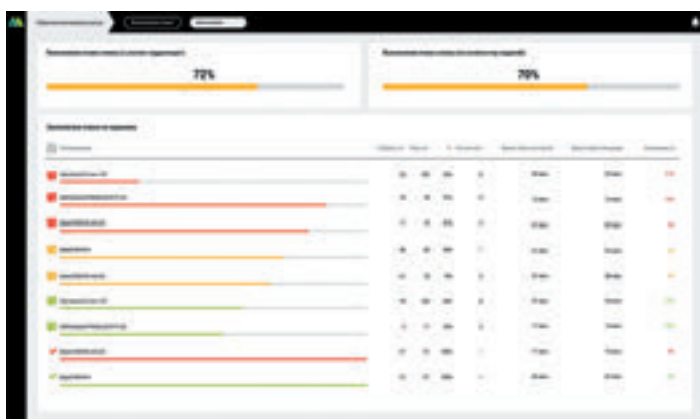
4

Интерактивный чертеж изделия



5

Статистика сборки изделий за смену с разбивкой частичная/полная сборка/брак



6

Статистика сборки изделий с детализацией фактической трудоемкости сборки

Важная составляющая повышения эффективности процессов диспетчеризации на производственных участках – сокращение времени на сбор и обработку текущей информации о выполненных работах и других производственных показателях. Руководителю необ-

ходимо понимать объем завершеного и незавершеного производства, бракованной продукции для корректировки текущих планов и заданий. В УРМ у сотрудника есть возможность с минимальными затратами времени зафиксировать частичную, полную сборку изделия или бракованную продукцию.

Мы уже говорили о сложностях на многих отечественных предприятиях со своевременностью поставок компонентов и других комплектующих для производства электронной аппаратуры. Сейчас вполне типична ситуация, когда изделия частично собраны и находятся в режиме «ожидания» поступления недостающих компонентов или комплектующих. А наличие у руководителя полной информации (рис 5) даст возможность оперативно распределить сборку изделий по рабочим местам и подкорректировать производственные планы.

Фиксация результатов выполнения операций позволяет получить обобщенную информацию по реальным трудозатратам на каждое изделие с разбивкой по каждому сотруднику (рис 6).

Обладая объективной картиной реальных трудозатрат можно более эффективно планировать производственную загрузку сотрудников подразделений и прогнозировать выполнение плановых показателей.

Функциональные возможности комплекса «Умное рабочее место» позволяют существенно повысить эффективность диспетчеризации процессов в производственных подразделениях на самых нижних уровнях. Важная составляющая эффективного оперативного контроля, координации и планирования – наличие актуальной информации по производственным показателям. УРМ позволяет собрать такие данные с минимальными временными затратами.

При использовании комплекса «Умное рабочее место» смещаются акценты в деятельности руководителей производственных подразделений в области диспетчеризации процессов. При традиционном ручном производстве руководитель ориентирован на оперативное реагирование и решение различных внештатных вопросов. Большой объем времени он тратит на поиск и сбор информации о текущем положении дел в подразделении. В Ручном производстве 4.0 поиск и сбор информации занимает минимальное количество времени. И акцент в работе руководителя смещается в область анализа и организации упреждающих мероприятий и действий. УРМ снижает влияние человеческого фактора не только непосредственно на рабочих местах монтажников, сборщиков и других специалистов, но и в деятельности сотрудников, связанных с управлением. Система позволяет в короткий промежуток времени распределить задачи, поступающие с верхнего уровня, и детализировать действия каждого сотрудника. Наличие объективной и оперативной информации непосредственно с каждого рабочего места повышает общую эффективность оперативного планирования и управления. ▢



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

Закажите производственный аудит цехов и участков ручного монтажа РЭА!

А также получите рекомендации и квалифицированные ответы на интересующие вопросы:

+7 495 788-44-44, доб. 5500
urm@ostec-group.ru



будущее
создается

Специальные условия

для предприятий с численностью
рабочих мест монтажников 100+

ВЛИЯНИЕ ЦСУП НА ОСНОВНЫЕ СТАТЬИ ЗАТРАТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ЦСУП LOGOS. ЧАСТЬ 2



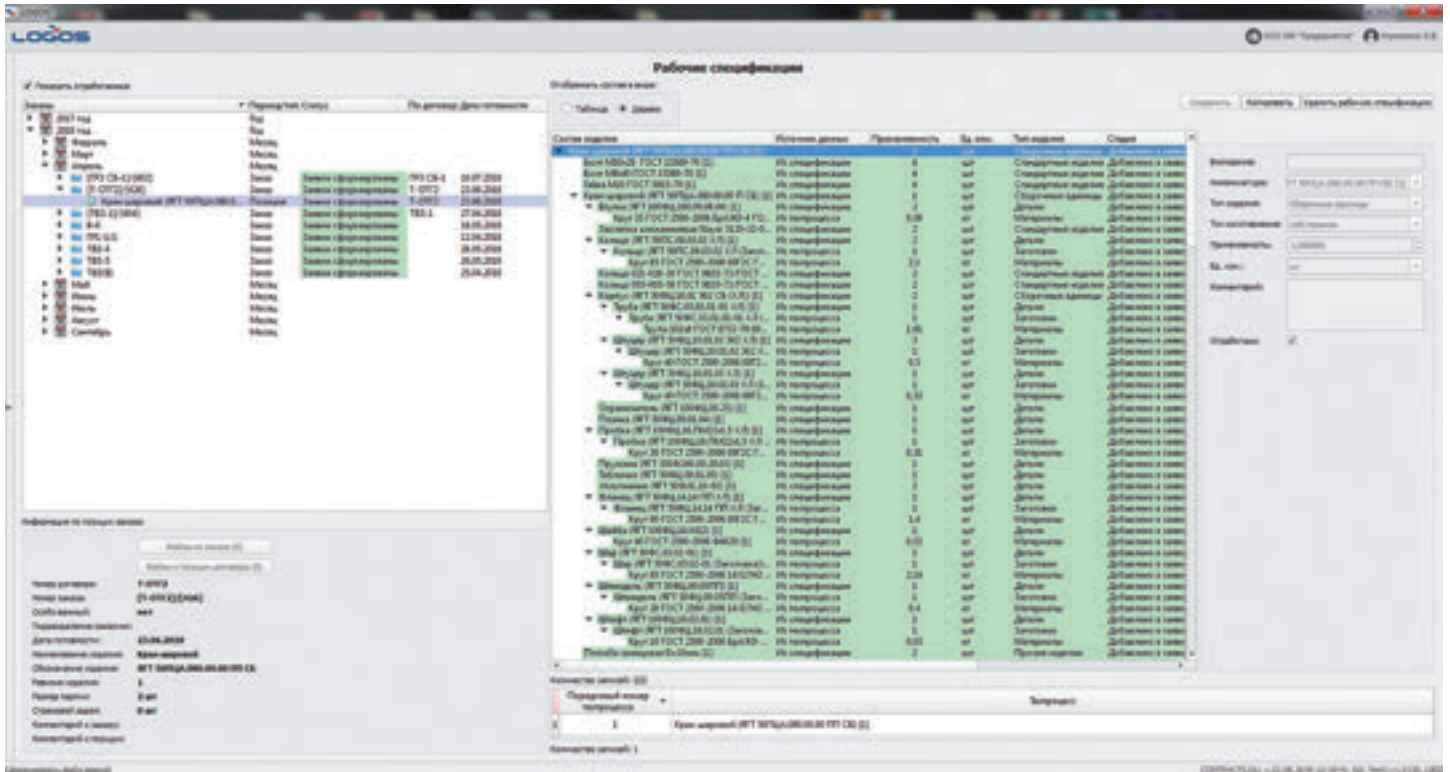
Текст: Юрий Смирнов



В предыдущем номере журнала «Вектор высоких технологий»¹ на примере ЦСУП Logos мы рассмотрели вопрос оценки эффективности внедрения Цифровых Систем Управления Производством на промышленном предприятии, отметили, что наиболее эффективно ЦСУП Logos позволяет контролировать расходы на приобретение сырья, материалов, комплектующих, полуфабрикатов, расходы на оплату труда производственного персонала и другие прямые затраты на выпуск продукции.

В этой статье мы подробно рассмотрим механизмы контроля и влияния ЦСУП на оптимизацию приобретения и использования материалов, комплектации, услуг, приобретаемых по кооперации, и инструмента, а также вопросы прозрачности расчета и начисления ЗП.

¹ «Вектор высоких технологий» № 1 (41) март 2019



1 Формирование заявок в производство и ОМТС на основании спецификации изделия и технологической документации

Механизмы ЦСУП Logos обеспечивают контроль расходования основных и вспомогательных материалов и комплектации, а также затрат на кооперацию и расходов на инструмент и оснастку в соответствии с объемом выпуска продукции. Приобретение материалов в объеме, превышающем потребности производства, приводит к росту складских запасов и расходов на хранение, замораживанию оборотных средств, а также увеличивает риск формирования неликвидных складских остатков. С другой стороны, приобретение недостаточного количества материалов может привести к срыву сроков исполнения заказов.

Для решения этих проблем в ЦСУП применяется механизм формирования заявок на кооперацию и приобретение ТМЦ, необходимых для производства, в строгом соответствии с конструкторской и технологической документацией и нормами расхода. Такой подход не допускает необоснованного увеличения объемов закупок ТМЦ, но позволяет проконтролировать и обеспечить наличие необходимых материалов и комплектации в запланированные сроки к моменту запуска заказа в производство.

При расчете количества и формировании заявок (рис 1) на приобретение ТМЦ ЦСУП Logos учитывает наличие свободных материалов, заготовок, комплектующих и полуфабрикатов на складах и в производственных подразделениях, в том числе на стадии производства. Также система резервирует ТМЦ под заказ, изменяя уровень свободных остатков в подразделении

ях хранения. Это позволяет избежать путаницы и снизить вероятность ошибок в работе отдела снабжения, которые могут привести к срыву сроков выполнения заказов в производстве и простоем персонала.

Встроенные механизмы ЦСУП Logos дают возможность контролировать не только количество приобретаемого материала и комплектации, но и закупочные цены (рис 2) на предмет соответствия ценам, заложенным в плановой калькуляции, что позволит контролировать себестоимость конечного изделия. Сотрудник отдела снабжения может видеть допустимый диапазон закупочных цен. А решение об увеличении стоимости закупки принимается ответственным сотрудником с учетом влияния изменения стоимости материала или комплектации на стоимость готовой продукции.

Прозрачность расходов на оплату труда основных производственных рабочих

Для основных производственных работников расходы на оплату труда – это цена трудовых ресурсов, задействованных в производственном процессе.

ЦСУП Logos имеет встроенные инструменты, позволяющие обеспечить прозрачность и справедливость расчета и начисления ЗП, обеспечить контроль соответствия уровня расходов на оплату труда объему выполненной сотрудниками предприятия работы за тот же период и исключить несправедливое

Анализ закупочных цен

№	Идентификатор	Наименование	Дата	Количество	Ед. изм.	Единица	Цена за единицу	Увеличение цены к предыдущему	Цена за закупку	Увеличение цены к предыдущему	Валютная цена	Изменение	Статус	Тип	Справочник	Ст. 1
267	753	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:13:54	9	шт	Корейская КСБ	5,50		50,00		Руб.		Одобрено директ	Директ	нет	Директ
268	754	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:14:12	11	шт	Корейская КСБ	4,57		50,00		Руб.		Одобрено директ	Директ	нет	Директ
269	755	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:15:25	2	кг	Корейская КСБ	22,50		50,00		Руб.		Одобрено директ	Директ	нет	Директ
270	821	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:15:25	1	кг	Корейская КСБ	400,00	42,7%	1 000,00	600,00	Руб.	3000	Принято	Материалы	нет	Материалы
271	822	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:15:25	2000	кг	Корейская КСБ	50,00	48,0%	40 000,00	20 000,00	Руб.	47128	Принято	Материалы	нет	Материалы
272	823	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:15:25	100	кг	Корейская КСБ	50,00	33,3%	5 000,00	1 500,00	Руб.	3000	Принято	Материалы	нет	Материалы
273	824	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:15:25	4,5	кг	Корейская КСБ	70,47	52,7%	600,00	440,00	Руб.	300	Принято	Материалы	нет	Материалы
274	825	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:15:27	5	кг	Корейская КСБ	100,00	57,1%	500,00	350,00	Руб.	24	Принято	Материалы	нет	Материалы
275	756	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:16:46	9	шт	Корейская КСБ	60,00	10,9%	1 000,00	240,00	Руб.	370	Принято	Материалы	нет	Материалы
276	826	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:16:59	10	кг	Корейская КСБ	60,00	11,1%	1 000,00	240,00	Руб.	370	Принято	Материалы	нет	Материалы
277	827	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:04	10	кг	Корейская КСБ	12,00	17,4%	120,00	57,00	Руб.	454	Зачислено	Директ	нет	Директ
278	828	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:04	5	кг	Корейская КСБ	31,00	17,7%	200,00	200,00	Руб.	20	Зачислено	Материалы	нет	Материалы
279	829	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:04	10	кг	Корейская КСБ	20,70	17,7%	200,00	37,70	Руб.	307	Зачислено	Материалы	нет	Материалы
280	830	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:04	10	кг	Корейская КСБ	18,00	18,0%	50,00	280,00	Руб.	240	Зачислено	Директ	нет	Директ
281	831	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:04	10	кг	Корейская КСБ	18,00	18,0%	50,00	50,00	Руб.	400	Зачислено	Директ	нет	Директ
282	832	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:17:07	10	шт	Корейская КСБ	10,00	10,0%	200,00	1 000,00	Руб.	400	Зачислено	Материалы	нет	Материалы
283	833	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:17:08	100	шт	Корейская КСБ	4,70	30,0%	470,00	2 000,00	Руб.	1 000	Зачислено	Специальный и...	нет	Крупа
284	834	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:17:08	1	шт	Корейская КСБ	10,00	17,4%	50,00	170,00	Руб.	123	Зачислено	Директ	нет	Директ
285	835	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:17:07	10	шт	Корейская КСБ	4,71	30,0%	200,00	400,00	Руб.	400	Зачислено	Специальный и...	нет	Крупа
286	836	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:17:04	9	шт	Корейская КСБ	23,78	17,4%	200,00	57,04	Руб.	307	Зачислено	Директ	нет	Директ
287	757	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:10	10000	кг	Корейская КСБ	9,40	33,3%	1 270,40	240 000,00	Руб.	120000	Зачислено	Специальный и...	нет	Крупа
288	758	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:10	10000	кг	Корейская КСБ	1,80	88,2%	8 000,00	70 500,00	Руб.	40000	Зачислено	Специальный и...	нет	Крупа
289	759	Шпатель 10 шт/шт/шт/шт (26.26.10) (2)	22.08.2018 12:17:10	1000	шт	Корейская КСБ	1,45	11,8%	1 000,00	42 000,00	Руб.	1 000	Зачислено	Специальный и...	нет	Крупа
290	760	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:10	1000	кг	Корейская КСБ	4,50	42,7%	30 000,00	140 000,00	Руб.	1 000 000	Зачислено	Материалы	нет	Материалы
291	761	Крупа 25 ГОСТ 2304-2004 (26.02.01) (2)	22.08.2018 12:17:10	10	кг	Корейская КСБ	30,00	50,0%	1 000,00	1 000,00	Руб.	40	Зачислено	Материалы	нет	Материалы

2 ЦСУП Logos. Пример интерфейса для контроля закупочных цен

распределение или необоснованные переплаты. ЦСУП Logos автоматически формирует наряды (рис 3а, б) на выполненные работы для основных производственных рабочих на основании информации о выполненных сотрудником технологических операциях, предусмотренных утвержденными технологическими процессами.

Данный механизм не позволяет внести в наряд рабочего информацию об операциях, не предусмотренных технологическим процессом, или операциях для изделий, не включенных в план производства, без корректировки соответствующих документов ответственными сотрудниками в ЦСУП Logos. Для внесения дополнительных операций в ЦСУП применяется механизм, контролирующий правомерность добавления технологических операций, например, технологическую или сотрудником ОТК с авторизацией сотрудника.

тренных технологическим процессом, или операциях для изделий, не включенных в план производства, без корректировки соответствующих документов ответственными сотрудниками в ЦСУП Logos. Для внесения дополнительных операций в ЦСУП применяется механизм, контролирующий правомерность добавления технологических операций, например, технологическую или сотрудником ОТК с авторизацией сотрудника.

Формат № Т-40

Дата наряда: 18.09.2017

Место: Аппарат КСБ

№	Ф.И.О.	Табельный номер	Сумма за месяц, часов	Сумма по сдельной оплате, руб.	Сумма по трудоемкости, руб.
1	Алексеев А.А.	55	140,02	0	16 287,10
2	Белова А.К.	17	152,89	0	21 545,12
3	Иванов С.П.	113	140,23	0	21 251,60
4	Королев О.Т.	66	132,28	0	17 623,96
5	Кудряков А.Б.	83	136,65	25 066,01	0
6	Лавров К.П.	23	154,23	0	26 734,78
7	Морозов Н.Г.	37	120,23	0	18 254,12
8	Сидоров К.П.	221	146,23	0	26 679,18
9	Смирнов В.Ю.	66	157,28	0	21 276,60
10	Шутов А.Б.	87	144,45	0	28 365,27

Сводный наряд (форма) Сентябрь 2017

Подразделение: ЦСУП Logos

Итого по подразделению	Сумма за месяц, часов	Сумма по сдельной оплате, руб.	Сумма по трудоемкости, руб.
	1 476,58	25 066,01	285 365,19

Итого по сотрудникам

№	Ф.И.О.	Табельный номер	Сумма за месяц, часов	Сумма по сдельной оплате, руб.	Сумма по трудоемкости, руб.
1	Алексеев А.А.	55	140,02	0	16 287,10
2	Белова А.К.	17	152,89	0	21 545,12
3	Иванов С.П.	113	140,23	0	21 251,60
4	Королев О.Т.	66	132,28	0	17 623,96
5	Кудряков А.Б.	83	136,65	25 066,01	0
6	Лавров К.П.	23	154,23	0	26 734,78
7	Морозов Н.Г.	37	120,23	0	18 254,12
8	Сидоров К.П.	221	146,23	0	26 679,18
9	Смирнов В.Ю.	66	157,28	0	21 276,60
10	Шутов А.Б.	87	144,45	0	28 365,27

3 а) Автоматически сформированный наряд на выполненные работы для каждого рабочего на основании данных ЦСУП Logos. Форма Т-40. б) Автоматически сформированный сводный наряд на выполненные работы по подразделению, ЦСУП Logos

Дополнительные технологические операции могут формировать значительный перерасход ФОТ, являясь при этом наименее прозрачной частью расходов на оплату труда. Потребность в выполнении дополнительных операций может быть вызвана объективными причинами и связана с производством продукции. Например, предусмотренные техпроцессом циклы контрольно-регулирующих операций.

Но чаще всего дополнительные операции являются следствием ошибок на предыдущих этапах производства или подготовки производства. Сюда можно отнести дополнительные ремонтные и контрольные операции при возникновении брака, дополнительные операции, которые не были предусмотрены на этапе технологической подготовки производства из-за недостаточной проработки. Необходимость в дополнительных операциях также может быть связана с незапланированной доработкой комплектации и материалов, закупленных с отклонениями от требований технологической документации. Например, отмывка листового металла от ржавчины, приобретенной в результате некорректной транспортировки или хранения, или приобретение электронных компонентов «россыпью» в непригодном для применения на автоматических установщиках виде, что приводит к замене эффективных автоматических операций на менее эффективные ручные и полуавтоматические.

Использование ЦСУП позволяет выявлять и анализировать все дополнительные операции, контролировать их целесообразность и принимать организацион-

ные меры, если выявленные проблемы имеют регулярный характер.

Механизм обязательного внесения в ЦСУП информации о дополнительных операциях для начисления ЗП работнику позволяет учитывать и анализировать информацию о дополнительной трудоемкости при анализе фактической себестоимости.

Кроме того, факт авторизации сотрудника (рис 4), принимающего решение о назначении дополнительных, непредусмотренных технологическим процессом операций, позволяет повысить ответственность и качество принимаемых решений на уровне руководителей производственных подразделений.

Так, в случае с материалами и комплектацией, имеющими отклонения от требований технологической документации, правильным решением будет вернуть материал и комплектацию поставщику или получить от него денежную компенсацию или скидку. А в случае, если это связано с плохой работой отдела материально-технического снабжения, применить организационные или дисциплинарные меры для недопущения таких ситуаций в будущем.

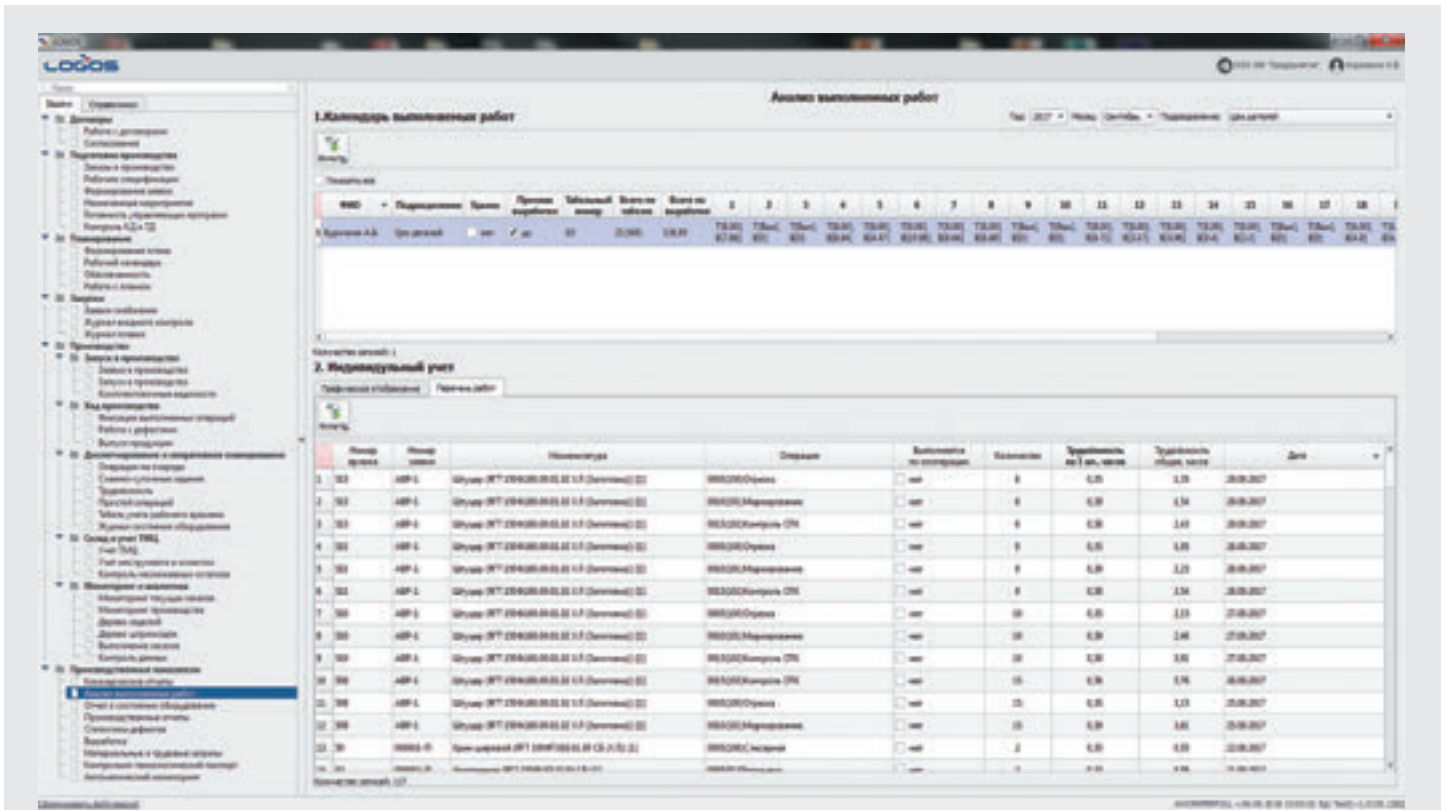
ЦСУП позволяет выявлять и устранять скрытые проблемы предприятия, негативно влияющие на экономическую эффективность и имеющие регулярный характер, что оказывает существенное долгосрочное влияние на эффективность производства.

Если дополнительные операции вызваны внешними причинами, например, низким качеством давальческой комплектации или ошибками в конструкторской доку-

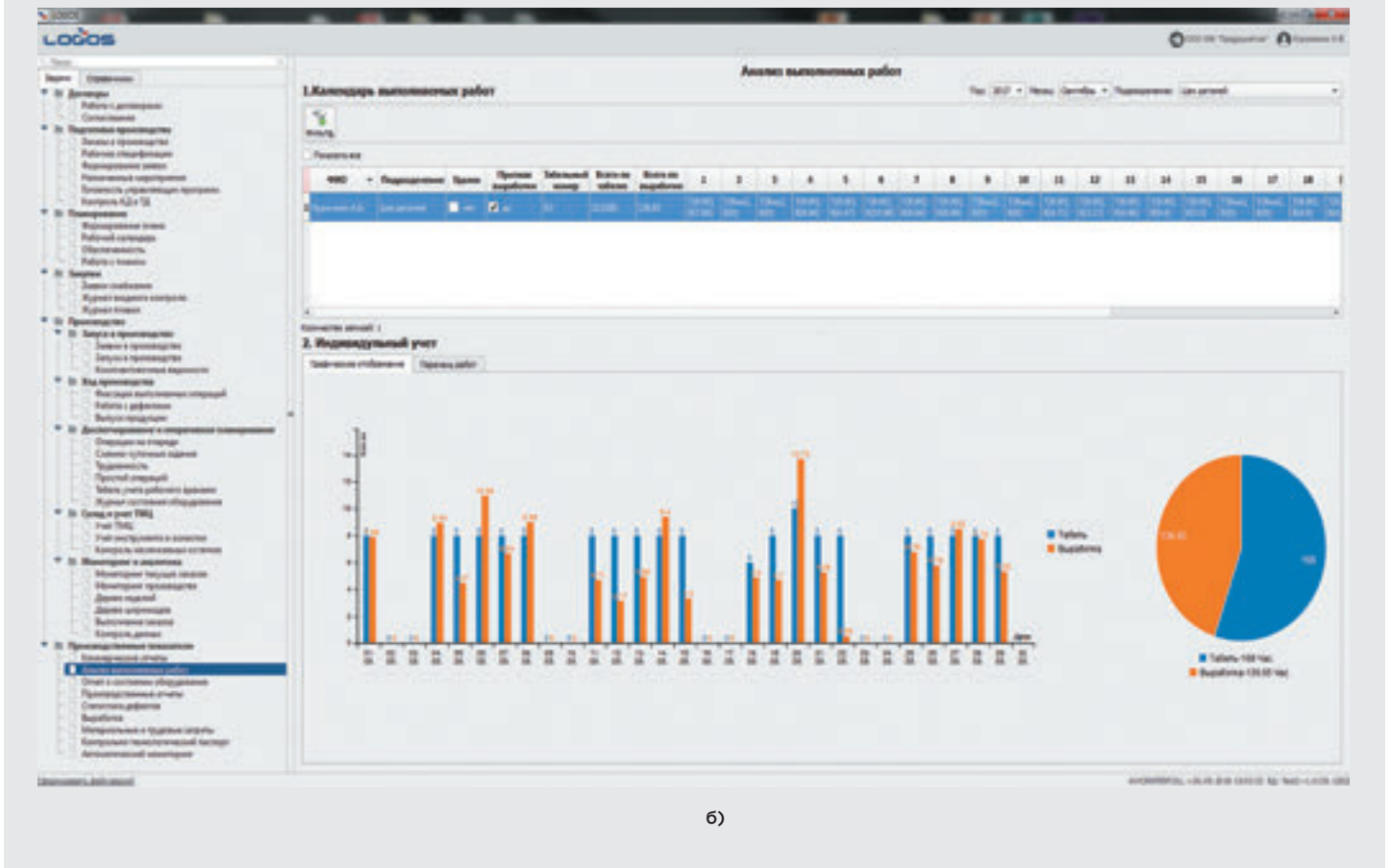
№	Код	Наименование операции	Вкл. в проект	№ проекта	Дата начала	Ф.И.О. исполнителя	Дата окончания	Ф.И.О. работника	Комментарий	Статус операции
0005	0418	Комплектация	00	12	30 мая 2017 14:45	Сидорова С.И.	30 мая 2017 14:45	Сидорова С.И.		
0010	000-2	Контроль комплектации	00	12	30 мая 2017 14:46	Петрова И.И.	30 мая 2017 14:46	Петрова И.И.		
0015	12-17	Автоматизированная сборка (линия)	00	12	30 мая 2017 14:47	Иванова С.Т.	30 мая 2017 14:47	Иванова С.Т.		
0020	0000	Контроль	0	12	30 мая 2017 14:47	Петрова И.И.	30 мая 2017 14:47	Петрова И.И.		
0025	140-98	Оформление комплектации	0	12	30 мая 2017 14:55	Иванова С.Т.	30 мая 2017 14:55	Иванова С.Т.		
0030	270-1	Контроль (ОКН)	0	12	30 мая 2017 14:56	Петрова И.И.		Петрова И.И.		
0035	090-1	Контроль (линия ОКН)	0	12						не завершена
0040	8501	Варианты контроля ЗРД	0	12						
0045	205-2	Установка КМО	0	12						
0050	45-12	Контроль (2)	0	12						
0055	19-19	Электронный контроль	0	12						
0060	190-1	Контроль (линия ОК)	0	12						
0065	401-8	Регистрация	0	12						
0070	145-09	Контроль ОТК	0	12						

4

Пример интерфейса терминала авторизованного ввода информации рабочим о выполненных операциях, ЦСУП Logos



а)



б)

5

а) Сравнение данных о выработке сотрудника в н/ч В[х.хх] и данных табеля учета рабочего времени Т[х.хх]. ЦСУП Logos

б) Сравнение данных о выработке сотрудника в н/ч В[х.хх] и данных табеля учета рабочего времени Т[х.хх]. Графическое представление, ЦСУП Logos

ментации заказчика, то описанные механизмы позволят выявить проблему увеличения себестоимости на ранней стадии. И в этом случае менеджмент предприятия будет иметь необходимые аргументы для обсуждения и пересмотра стоимости и сроков выполнения работ с заказчиком.

Этот простой механизм прозрачного формирования нарядов на выполненные работы в привязке к номенклатуре и технологическим процессам не позволит безответственно решать подобные проблемы за счет бесконтрольного назначения дополнительных операций и роста ФОТ. Также этот механизм не позволит ошибочно или умышленно включать в наряды выполнение одной и той же операции несколько раз для разных сотрудников или в разных периодах/месяцах, что характерно для длительных заказов. Для таких заказов процесс «процентования» выполненных работ и расчет соответствующего ФОТ за месяц также станет абсолютно прозрачным.

По оценке наших заказчиков, объем дополнительных технологических операций может достигать 30 % от затрат на оплату труда производственного персонала.

Не менее интересен анализ соответствия отработанного времени сотрудниками на повременной и сдельной оплате труда объему выполненных технологических операций с помощью ЦСУП Logos.

Данный анализ представляет собой сравнение объема в нормо-часах выполненных технологических операций с данными табеля учета рабочего времени (рис 5а, б).


Сопоставление данных о выработке сотрудника в нормо-часах и данных табеля учета рабочего времени в ЦСУП Logos:

1. Косвенный контроль норм. При значительном превышении выработки в нормо-часах над фактически отработанным временем целесообразно проанализировать нормы времени на технологические операции для корректировок.
2. При обратной ситуации, когда сотрудник выполнил значительно меньше технологических операций в нормо-часах, чем отработал по табелю учета рабочего времени, необходимо работать с его руководителем на предмет:
 - › снижения времени простоев;
 - › корректности заполнения табеля и начисления ЗП;
 - › неудовлетворительной подготовки запуска смены;
 - › оптимизации персонала, если данная ситуация носит регулярный характер.

3. Наличие у одного и того же сотрудника признаков недостаточной загрузки в одни дни при одновременном наличии отметок о сверхурочной работе или работе в выходные говорит о системных проблемах в планировании и организации работы. При этом фактические трудовые затраты увеличиваются кратно относительно плановых, заложенных в калькуляции.
4. Неравномерная выработка, увеличивающаяся в последние дни месяца, говорит об отсутствии регулярной работы, это влияет на актуальность информации в ЦСУП. Также это может говорить о непрозрачном и несправедливом перераспределении ФОТ руководителем подразделения между сотрудниками внутри подразделения без привязки к выработке, что плохо влияет на мотивацию сотрудников и оставляет место для злоупотреблений.
5. Скачки выработки по выходным и праздничным дням при отсутствии выработки в будни может свидетельствовать о злоупотреблениях для необоснованного формирования заработной платы с применением повышающих коэффициентов.
6. Отсутствие выработки у сотрудника, работающего на сдельной оплате труда, при наличии отметок в табеле может говорить о выпуске неучтенной продукции, так называемой «халтуре», или о проблемах с качеством.
7. Низкий коэффициент использования рабочего времени может быть связан с такими видами производственных потерь (бережливое производство) как перемещение и транспортировка. В этом случае целесообразно анализировать организацию, время и стоимость перемещения полуфабрикатов в производстве.

Это далеко не полный перечень вопросов и проблем, которые позволяет выявить такой анализ. Конечно, работать с этой информацией и интерпретировать ее должны квалифицированные сотрудники, понимающие специфику конкретного предприятия.

Такой анализ должен дополняться работой с другими инструментами ЦСУП Logos, предназначенными для работы с информацией о простоях сотрудников и ремонтах оборудования, о соблюдении сроков обеспечения производства материалами и комплектующими, соблюдении сроков подготовки производства, достаточности уровня заказов, корректности планирования и других аспектов.

Возможность такого анализа средствами ЦСУП Logos позволяет контролировать и повышать эффективность использования рабочего времени основных производственных рабочих, актуализировать нормы трудоемкости, а также выявлять и не допускать ошибки, снижать возможность злоупотреблений при расчете ЗП. 

Продолжение в следующем номере.

ТЕХПОДДЕРЖКА

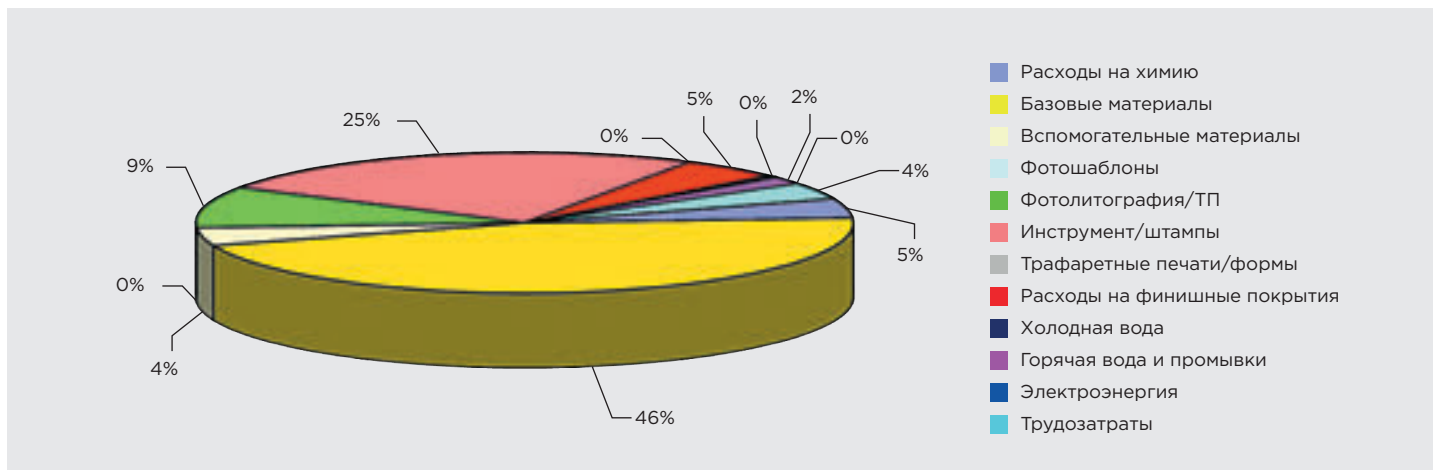
НОВАЯ СЕРИЯ МАТЕРИАЛОВ для HI-TECH ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Текст: Игорь Крупенин
Аркадий Медведев
Оксана Семенова
Петр Семенов
Аркадий Сержантов



Развитие технологии печатных плат (ПП) подчинено общей тенденции развития электроники – увеличению функциональности и производительности. От ПП необходимо увеличение плотности компоновки электронных компонентов и межсоединений, уменьшение конструктивных задержек в линиях передачи информации. В свою очередь, это требует использования базовых материалов с хорошей размерной устойчивостью и уменьшенными значениями диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь. Работоспособность гигабитной электроники во многом зависит от состояния поверхности печатных проводников, так как на высоких частотах на ней сказывается скин-эффект¹. Производители базовых материалов, стараясь удовлетворить этим требованиям, остаются в области композиционных материалов, чтобы не менять структуру сложившегося производства, основанного на использовании базовых технологий печатных плат. В статье представлены материалы и их свойства, соответствующие новым современным требованиям, от компаний Panasonic (Япония), Hitachi (Япония) и Isola (Германия).

¹ А. Медведев. Перспективный материал для изготовления печатных плат устройств СВЧ-диапазона//Электроника: НТБ № 8, 2017



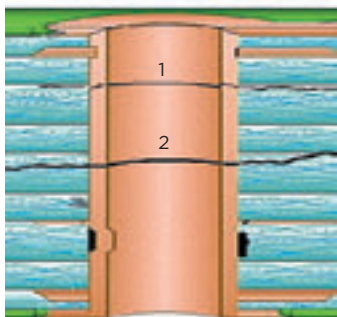
1 Структура формирования себестоимости печатных плат

Обычно в формировании себестоимости печатных плат стоимость базовых материалов является первоочередной. Новые материалы с улучшенными свойствами, очевидно, дороже обычных. Оправдано ли использование дорогостоящих материалов с позиций ценовой политики? Оказалось, что да, оправдано! Если обычные многослойные печатные платы (МПП) имеют структуру себестоимости, показанную на рис 1, т.е. 46 %, то сложные МПП – около 15 %. Снижение доли стоимости материалов в цене МПП достигается не только с помощью перераспределения доли затрат на операциях изготовления сложных МПП, но и, главным образом, на существенном увеличении выхода годных в основном благодаря высокому качеству материалов.

Давайте рассмотрим, благодаря чему достигаются высокие характеристики фольгированных композиционных материалов.

Связующие – система полимеров

Связующие – самое слабое звено в композиционных материалах. Как правило, они определяют такие

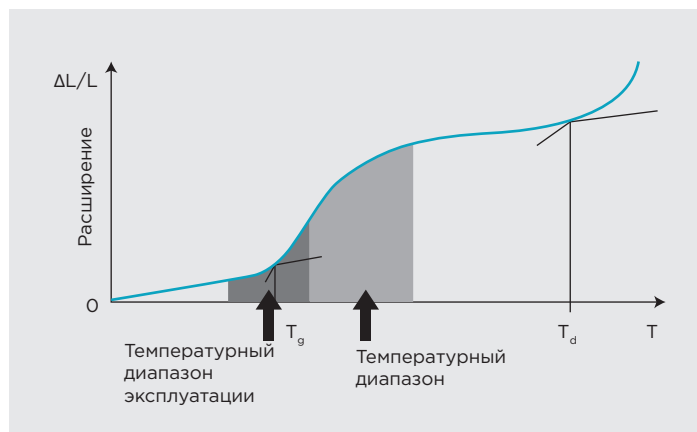


2 Схема разрушения металлизированного отверстия при нагреве выше температуры стеклования T_g (1) и расслоения (2) в результате интенсивного испарения влаги при пайке

важные параметры как нагревостойкость МПП и размерную устойчивость слоев МПП, необходимую для точного совмещения элементов межсоединений в трехмерной структуре МПП. Нагревостойкость нужна для обеспечения устойчивости плат к групповому нагреву плат для пайки компонентов поверхностного монтажа. При нагреве до температур пайки

металлизация отверстий испытывает большие напряжения, которые создаются из-за расширения основания печатных плат по оси Z. При недостаточной пластичности медных гальванических осадений металлизация отверстий под действием расширяющегося диэлектрика деформируется вплоть до разрушения (рис 2)^{2,3}. Нагревостойкость в данном случае характеризуется температурой стеклования, выше которой деформация основания платы особенно высока (рис 3). Отечественные материалы, разработанные 50 лет назад применительно к ручному монтажу, сегодня не приспособлены для групповой пайки, так как их температура стеклования (T_g) не превышает 105 °С. Современные материалы имеют T_g не более 140 °С. А новые материалы отличаются

² A. Medvedev. A Metalized-Hole PCB as a Strain Gauge//Instruments and Experimental Techniques, 2016/ № 6
³ А. Медведев. Исследования термостойкости соединений металл-композит в многослойных печатных платах авионики//Конструкции из композиционных материалов, № 4, 2013.



3 Зависимость температурного расширения композиционного основания ПП по оси Z: T_g – температура стеклования, T_d – температура начала деструкции полимера

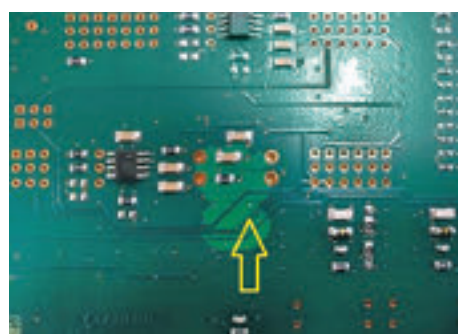
Т 1

Основные свойства связующих различных фирм, поставщиков базовых материалов ПП

ПАРАМЕТР	МЕТОД	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ	HITACHI MCL-BE-67G	PANASONIC MC-100MS/EX	ISOLA DE-104
Температура стеклования, Tg, °C	Термогравиметрический (ТГА)	°C	Лучше больше	140	137	135
	Термомеханический анализ (ТМА)		Лучше больше	220	147	Не норм.
Коэффициент термического расширения	По оси X, 30–120 °C	ppm	Лучше меньше	15	15	16
	По оси Y, 30–120 °C		Лучше меньше	17	15	16
	По оси Z	Ниже Tg	Лучше меньше	40	65	70
		Выше Tg	Очень критично	170	210	250
Влагопоглощение	E-24/50+D-24/23	%	Лучше меньше Очень критично	0,02	0,1	0,8

большим разнообразием и могут иметь Tg вплоть до 220 °C (Т 1).

Такой параметр как влагопоглощение особенно важен для СВЧ-устройств: относительная диэлектрическая проницаемость воды $\epsilon_r = 81$ может сказаться на работоспособности линий связи МПП⁴. К тому же, если печатные платы перед пайкой не подсушивают



4 Вспучивание (расслоение) печатной платы в результате интенсивного испарения влаги при групповом нагреве во время пайки

(так бывает^{5,6}), интенсивно испаряющаяся влага при температурах пайки расширяет композиционное диэлектрическое основание, что может приводить к необратимому расслоению плат (рис 4).

Стекло – материал стеклоткани

В качестве стеклянных нитей традиционно использовалось электроизоляционное (бесщелочное) стекло на основе алюмосиликата. Оно хорошо вытягива-

лось в нити и выдерживало без разрушения процессы образования пряжи и ткани. Однако в последнее время это стекло перестало удовлетворять требованиям формирования высокочастотных электронных устройств: его относительная диэлектрическая проницаемость слишком велика, $\epsilon_r = 9$. В композиции со связующим ($\epsilon_r = 3,2$) его суммарная диэлектрическая проницаемость составляет от 5 до 6 в зависимости от содержания смолы⁷. Для уменьшения диэлектрической проницаемости (ϵ_r) и тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) предлагают использовать другой состав стекла – E-glass (безборное алюмосиликатное с легкими присадками окислов щелочноземельных металлов) с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_r = 6$ и $\text{tg}\delta \leq 0,004$. В сочетании со связующим свойства такого композита на гигагерцовых частотах: $\epsilon_r = 3,5\text{--}4,0$, $\text{tg}\delta \leq 0,002$ ⁸.

Плетение стеклоткани

Обычно стеклянные нити скручивают в пряжу, из которой ткют ткань. Сортамент стеклотканей зависит от толщины и плотности пряжи (Т 2).

Но нужно иметь в виду, что в процессе прессования материала при переходе смолы связующего из стадии «В» в стадию «С», смола испытывает полимеризационную усадку, а при остывании – термическую усадку. Возникающие при этом напряжения фиксируются припрессованной фольгой и переплетениями стеклоткани. Потом происходит усадка (изменением линей-

⁴ А. Медведев. Перспективный материал для изготовления печатных плат устройств СВЧ-диапазона//Электроника: НТБ, № 6, 2017.

⁵ А. Медведев, А. Сержантов. Кинетика влагонабора композиционных материалов//Технологии в электронной промышленности, № 4, 2014.

⁶ А. Медведев. Когда дело не в плате. Рекомендации для технологов сборочно-монтажного производства// Электроника: НТБ, №10, 2017.

⁷ А. Медведев. Печатные платы. Конструкции и материалы. М.: Технофера. 2005. – 304 с.

⁸ Каталоги материалов ООО «Остек-Сервис-Технология». 2018.

Т 2

Параметры пропитанной стеклоткани (препрега)

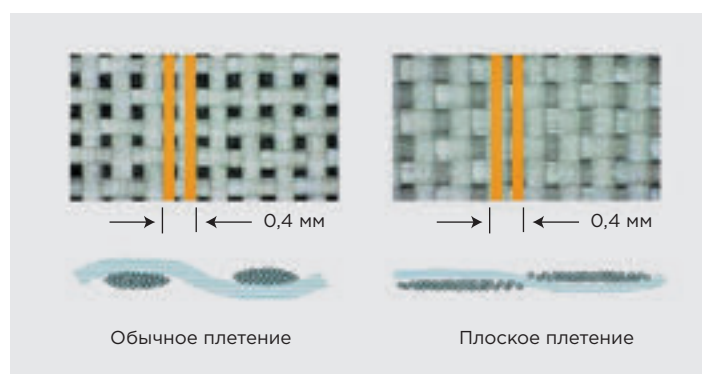
ОБОЗНАЧЕНИЕ СТЕКЛОТКАНИ	СОДЕРЖАНИЕ СМОЛЫ, %	ТИПИЧНАЯ ТОЛЩИНА, МКМ	ЧАСТОТА, ГЦ			
			1	20	40	50
1027	75	49	3,2	3,2	3,2	3,2
1035	70	60	3,3	3,3	3,2	3,2
1080	64	76	3,4	3,4	3,4	3,4
1078	75	118	3,4	3,4	3,4	3,4
3313	54	98	3,6	3,6	3,6	3,6
2116	56	132	3,6	3,6	3,6	3,6

ных размеров) после вытравливания рисунка (удаления части фольги). Скрученная пряжа и плетение стеклоткани как пружины берут на себя часть напряжений и дают определенную долю усадки материала слоев МПП. Для предотвращения этого явления нити стекла не скручивают в пряжу и получают плоское плетение, как показано на рис 5.

Существует еще одно преимущество плоского плетения: однородность диэлектрика для линий связи (рис 6).

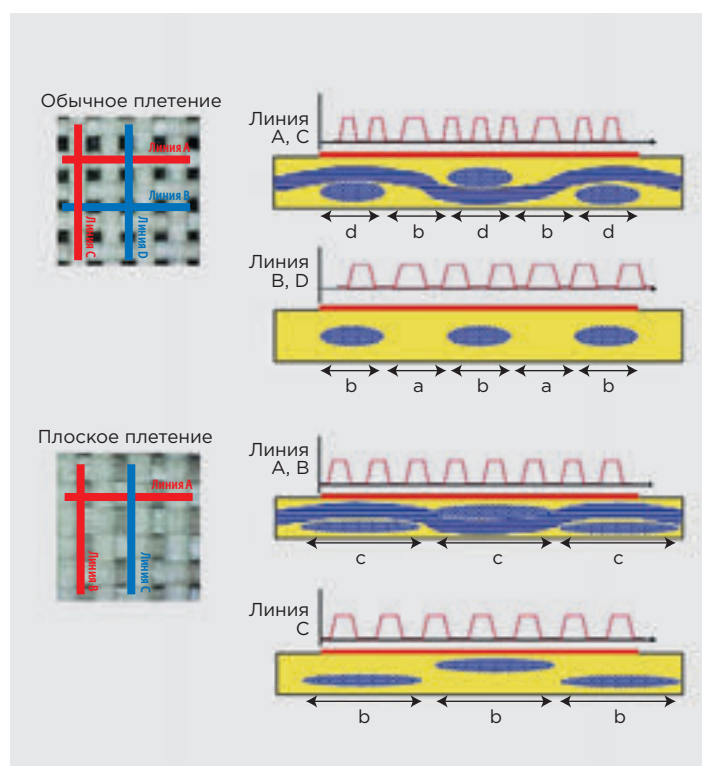
Миграция

Для долговременной работоспособности электронных устройств очень важно обеспечить полное отсутствие на поверхности и в объеме композиционного материала процессов электрохимической миграции – выстраивание токопроводящих дорожек между разнопотенциальными цепями (рис 7). Для их образования необходимо сочетание двух факторов: влаги и напряжения. От поверхностной влаги более-менее успешно защищают влагозащитные лаки⁹. Но поскольку влага имеет уникальное свойство проникать повсюду, она может конденсироваться в капиллярах композиционных материалов¹⁰. В этом смысле слабое место в композиционных диэлектриках – поверхность стекловолкна в адгезии со связующим. Когда эта адгезия слаба, образуются тонкие капилляры, в которых конденсируется влага даже в условиях, близких к нормальным. Для мобильных устройств источником влаги может служить испарение человеческого тела, конденсат при переходе от холода к теплу (например, внос холодных устройств в теплое помещение) и т. п. Автомобильная электроника, авионика – это устройства, постоянно испытывающие стресс от ув-



5

Разновидности плетения стеклоткани

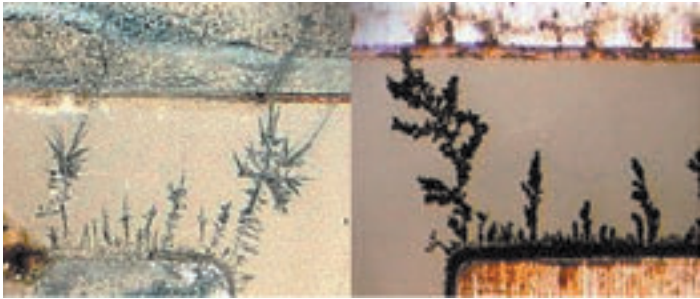


6

Иллюстрация однородности сигнала в линии при плоском плетении стеклоткани

⁹ Н. Левкина, С. Ванцов, А. Медведев. Влагозащитные покрытия печатных плат // Электроника: НТБ, № 6, 2018.

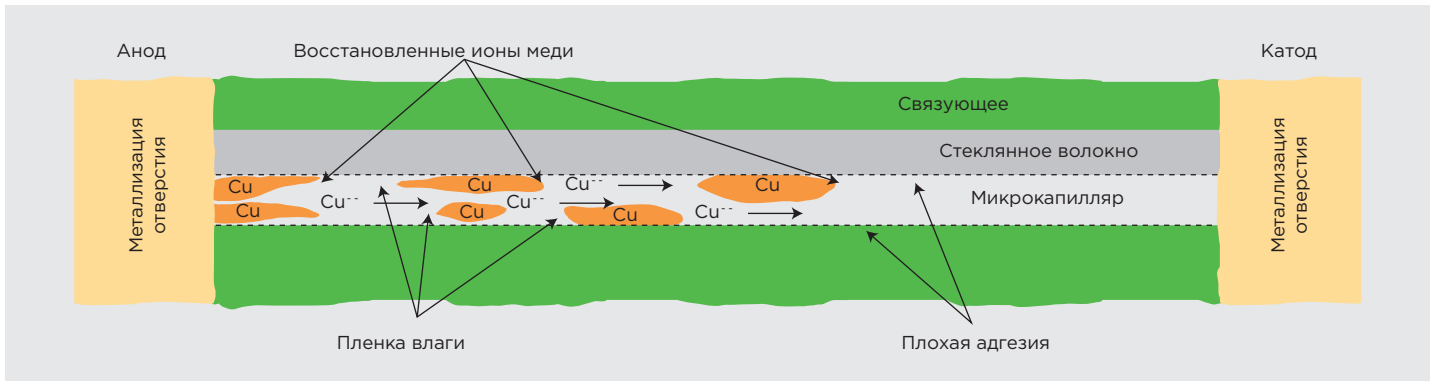
¹⁰ А. Бекишев, А. Медведев, А. Сержантов. Надежность электроизоляционных конструкций на основе композиционных диэлектриков // Производство электроники, № 1, 2009.



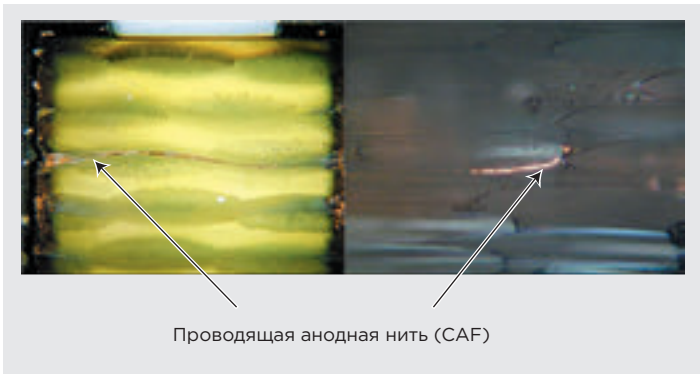
7
Токопроводящие дорожки – дендриты – на поверхности печатных плат

лажнения. Так что одна из причин отказов аппаратуры – влага – естественно сопровождает эксплуатацию электронных устройств. Избавиться от процессов деградации изоляции можно, используя материалы, в которых отсутствуют микропоры и микрокапилляры.

Явление, которое характеризует устойчивость композиционных диэлектриков к процессам электромиграции, в международных стандартах назвали CAF: Conductive Anodic Filament – проводящая анодная нить (рис 8).



8
Механизм образования токопроводящих дорожек в объеме печатных плат – токопроводящие анодные нити



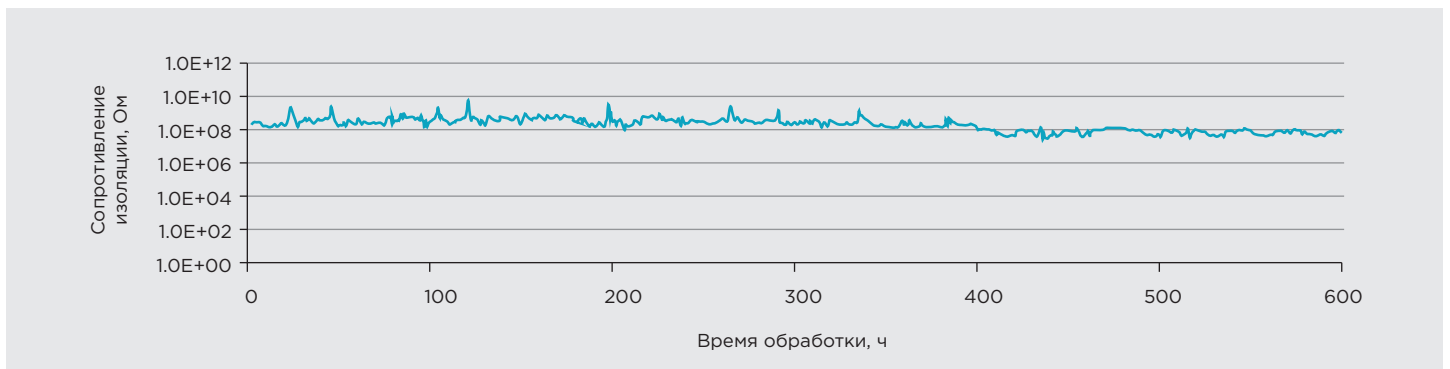
9
Микрошлифы отказавших на влаге печатных плат

Как это выглядит на самом деле можно увидеть на металлографических шлифах отказавших печатных плат (рис 9).

Композиционные материалы, в которых созданы условия для хорошей пропитки стеклянной пряжи и хорошей адгезией связующего со стеклом, показывают хорошие результаты на долговременную устойчивость к воздействию влажной среды (рис 10).

Фольга

Поскольку технологии всё дальше уходят в область высоких частот (высокая производительность электронных устройств), приходится считаться с таким



10
Результаты испытаний композиционных фольгированных материалов фирмы Panasonic на воздействие сочетаний параметров среды: температура 85 °С, относительная влажность 85 %, напряжение поляризации – 100 В постоянного тока

Т 3


«Грубое» представление скин-эффекта

ЧАСТОТА	ТОЛЩИНА ПРОВОДЯЩЕГО СЛОЯ, МКМ
10 кГц	660
100 кГц	210
1 МГц	65
10 МГц	21
100 МГц	6,6
1 ГГц	2,1
10 ГГц	0,7

явлением как скин-эффект – перемещение проводимости высокочастотных сигналов в поверхностную область (рис 1 1)¹¹. В Т 3 этот эффект показан в цифрах. Видно, что при работе на гигагерцовых частотах, свойственных сегодняшнему дню, скин-эффект уже существенен.

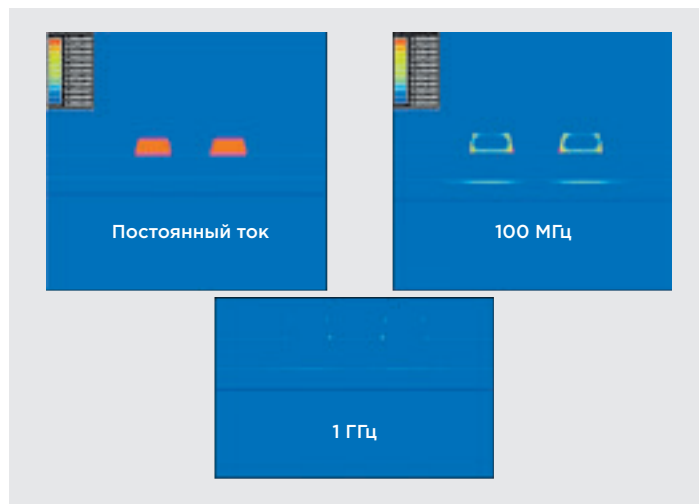
Можно видеть, что на высоких частотах размер скин-эффекта соизмерим с неровностями (шероховатостями) фольги (рис 1 2). На распространение сигнала это влияет отрицательно. Очевидно, что создать фольгу совсем без шероховатости очень трудно, к тому же шероховатость создает лучшие условия для обеспечения прочности сцепления фольги с диэлектриком. Тем не менее, применительно к материалам для СВЧ-устройств шероховатость фольги нормируют. Максимальные значения высоты профиля медной фольги согласно стандарту IPC 4562¹² указаны в Т 4.

Заключение

Электронные устройства всё больше перемещаются в область СВЧ-диапазона, что требует применения соответствующих материалов. Последние разработки и предложения для рынка композиционных материалов с улучшенными диэлектрическими свойствами в сторону СВЧ позволяют производителям печатных плат оставаться в рамках базовых технологий, т.е. работать, не перестраивая существенно производство. А использование высококачественных, но более дорогих материалов снижает издержки производства, делая конечный продукт дешевле. 

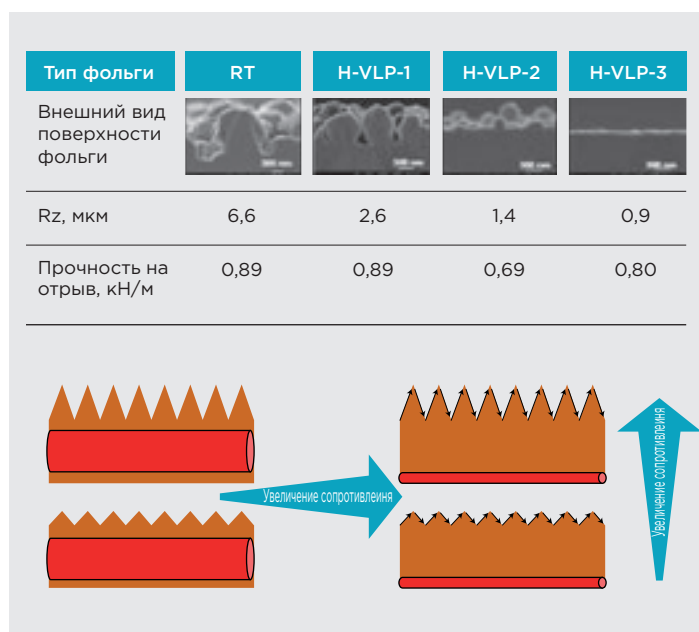
¹¹ А. Медведев. Перспективный материал для изготовления печатных плат устройств СВЧ-диапазона

¹² IPC 4562. Metal Foil for Printed Wiring Applications



1 1

Иллюстрация скин-эффекта



1 2

Влияние скин-эффекта на распространение сигнала

Т 4

Нормы на шероховатость фольги для материалов СВЧ-устройств по IPC 4562

ТИП ПРОФИЛЯ	МАКСИМАЛЬНАЯ ВЫСОТА ПРОФИЛЯ, МКМ
Стандартный профиль (S)	не обозначается
Низкий профиль (L)	10,2
Очень низкий профиль (V)	5,1

БЕЗМАСОЧНАЯ ФОТОЛИТОГРАФИЯ – ПОТРЕБНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Текст: Игорь Дегтярев
Владимир Бабкин

”

При разработке нового полупроводникового изделия всегда большой проблемой является создание маски для литографии шаговым экспонированием. Создание изделия и отработка его производства окупаются только при выпуске большой серии, производство единичных изделий или небольшой серии неоправданно затратны, особенно если разработка проходит через несколько этапов, каждый из которых требует создания своего прототипа. Разработчикам мелкосерийной продукции часто приходится идти на ухищрения, объединяться для размещения нескольких заказов на одной маске. Также работу затрудняет необходимость размещения заказов на производство за границей, что дополнительно увеличивает сроки выполнения и затраты, составляющие многие месяцы и миллионы долларов.

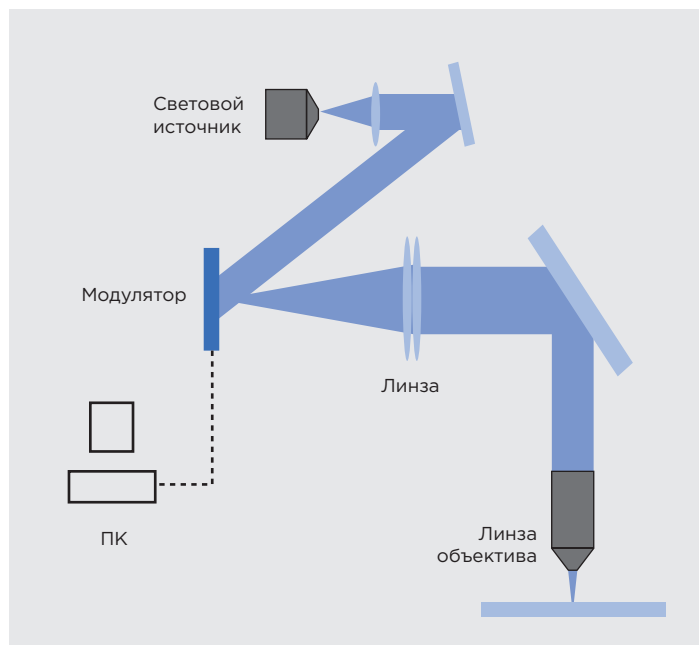
Решение этой проблемы – применение технологии безмасочной фотолитографии. Эта технология включает в себя несколько способов выполнения литографии, отличающихся по производительности и достижимой точности. Их объединяет отсутствие необходимости создания фотошаблона, что часто является решающим преимуществом при производстве. Используя технологию безмасочной литографии, разработчик полупроводникового изделия может без чрезмерных затрат создавать тестовые версии своей продукции, осуществлять рентабельное единичное или мелкосерийное производство.

В 2018 году в ООО «Остек-ЭК» обратился клиент в поисках оптимального решения для обновления оборудования процесса литографии. Имеющееся на предприятии оборудование имело выработанный ресурс и не отвечало требованиям к качеству процесса и надежности работы. Проанализировав потребности клиента, номенклатуру продукции и предполагаемые объёмы производства, мы предложили для перевооружения производственной линии использовать технологию безмасочной литографии.

В конце 2018 года в рамках выполнения договора клиенту была поставлена система лазерного прямого экспонирования SVG MiScan 200 производства SVG Optronics, Китай. Специалисты Остека совместно с инженерами компании SVG Optronics успешно запустили оборудование и выпустили тестовые образцы продукции. SVG MiScan200 использует технологию литографии методом непосредственного формирования рисунка. Данный метод в сравнении с другими методами безмасочной литографии представляет собой баланс между высоким разрешением и производительностью. Принцип работы заключается в использовании вместо маски пространственного модулятора света – плоского экрана для вывода изображения (рис 1). Отраженный от модулятора луч света проходит через систему линз и попадает на заготовку. Система, контролируя выводимое на монитор изображение и управляя движением столика с заготовкой, выполняет нанесение

SVG TECH GROUP

Компания SVG Optronics основана в 2001 году, базируется в городе Сучжоу, Китай. Является крупным разработчиком технологий и оборудования для нанесения тонких плёнок, создания микро- и наноструктур. На базе компании действует национальный научно-исследовательский центр.

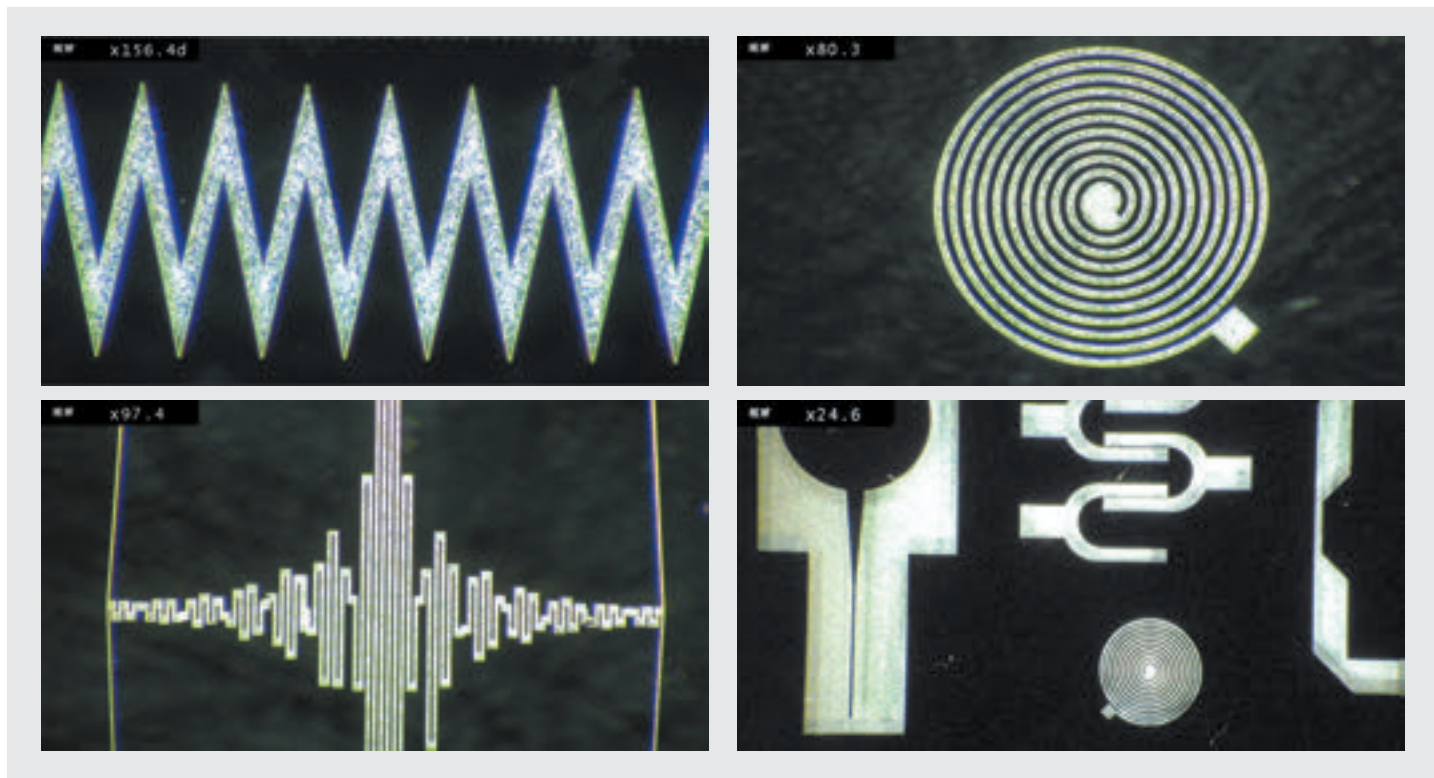


1
Схема оптической системы

Т 1

Технические характеристики MiScan200

ОБЪЕКТИВ (АПЕРТУРА)	NA=0,15	NA=0,3	NA=0,45	NA=0,8
Разрешение (размер структуры), мкм	5	2	1	0,5
Равномерность 3-σ, нм	800	300	150	70
Скорость, мм ² /мин	1200	600	300	100
Рабочий стол	Линейный привод, поле: от 100 × 100 мм до 250 × 250 мм, разрешение позиционирования по осям X, Y, Θ: 3 нм			
Точность совмещения, мкм	± 0,5			
Толщина подложки, мм	0...15			
Формат файлов данных	BMP, DXF, GDSII			



2

Сформированные микроструктуры, MiScan200

рисунка стежковым методом. Таким образом, меняя рисунок для вывода на экран, можно менять рисунок, получаемый на образце. Это осуществляется прямо с компьютера оборудования, переналадка под выпуск другой продукции выполняется парой кликов в программе, затраты на смену оснастки отсутствуют.

Длина волны источника света устройства MiScan составляет 365 нм или 405 нм, ее можно применять с такими литографическими материалами, чувствительными к длинам волны голубой области видимого спектра, как фоторезист AZ6000, Ристон (сухой пленочный фоторезист, разработанный фирмой Du Pont) и т. д. Разрешение зависит от выбранного объектива и может достигать 0,5 мкм.

SVG MiScan 200 был специально разработан для производства микрографических конструкций. Оборудование позволяет сочетать режимы непосредственного и интерференционного формирования структуры (рис 2). Режим непосредственного формирования используется для таких нестандартных микроструктур, как микросхемы, а режим интерференционного формирования – для таких периодических структур, как цифровая решетка. Особым способом применения интерференции является производство оптических вариативных приборов высокого разрешения, оптических приборов систем безопасности и цифровых голограмм. Также MiScan можно применять для производства микрооптики, МЭМС, ОСД, биочипов, оптических приборов систем безопасности, дисплеев и т. д.

Установленное оборудование позволило заказчику не только наладить рентабельное мелкосерийное производство собственной радиоэлектронной продукции, но и создать качественные фотошаблоны для литографии на уже имеющемся оборудовании. ▣

Запуск стал первым результатом партнерства компаний ООО «Остек-ЭК» и SVG Optronics для реализации технического перевооружения российских предприятий. Приход на российский рынок китайского производителя оборудования безмасочной литографии и его сотрудничество с Остеком открывает перед разработчиками и производителями полупроводниковых устройств возможности запуска рентабельного производства их изделий в сжатые сроки, выполнения требований по локализации производства.

Новые возможности



и не только

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

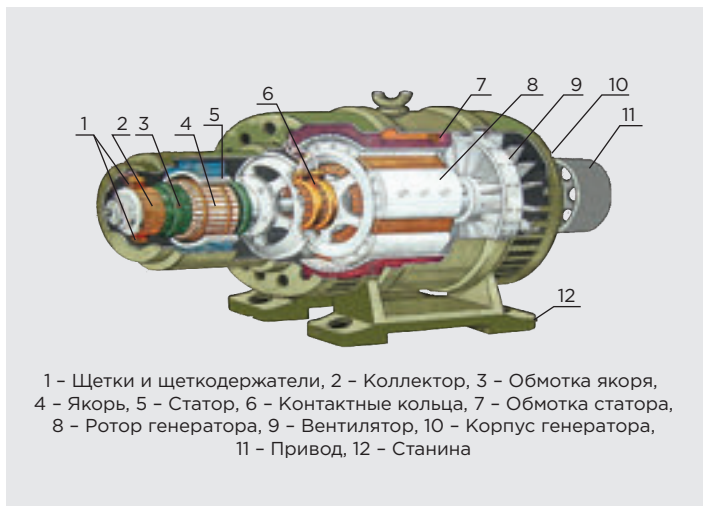
АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ для ПРОИЗВОДСТВА И СБОРКИ КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ



Текст: Александр Туренко



Коллекторные электрические двигатели (КД) малой мощности, обладающие хорошими энергетическими показателями и регулировочными характеристиками, находят все большее применение в различных сферах современной жизни. Например, КД используют в автомобильной промышленности, в производстве «белой техники» – стиральные и сушильные машины, пылесосы, в производстве электроинструмента и т. д.



1 - Щетки и щеткодержатели, 2 - Коллектор, 3 - Обмотка якоря, 4 - Якорь, 5 - Статор, 6 - Контактные кольца, 7 - Обмотка статора, 8 - Ротор генератора, 9 - Вентилятор, 10 - Корпус генератора, 11 - Привод, 12 - Станина

1 Принципиальная схема коллекторного электродвигателя

Изготовление КД с применением ручного труда не позволяет достигать их высокого качества и однообразия электромеханических параметров, что важно при массовом производстве. Технологический процесс производства КД должен соответствовать уровню современной технологии, который, прежде всего, обеспечивается необходимыми технологическим оборудованием и оснасткой (рис 1).

К достоинствам коллекторных двигателей можно отнести: компактные размеры, большой пусковой момент, быстроходность и отсутствие привязки к частоте сети, возможность планового регулирования оборотов в очень широком диапазоне: от 0 до номинального значения при изменении питающего напряжения, а также возможность их работы как на постоянном, так и на переменном токе. К недостаткам – наличие коллекторно-щёточного узла (КЩУ), из-за которого КД имеют относительно малую надёжность (срок службы), искрение, возникающее между щётками и коллектором из-за коммутации, высокий уровень шума, большое число деталей двигателя.

Даже в исправном двигателе между щётками и коллектором может возникать искрение, которое довольно сильно нагревает его ламели. А при стачивании щёток до предела и из-за их плохого прижима к коллектору искрение порой достигает кульминационного момента, представляющего собой электрическую дугу. В этом случае ламели коллектора сильно перегреваются и иногда отслаиваются от изолятора, образуя неровность, после чего даже при замене изношенных щёток двигатель будет работать с сильным искрением, выходя из строя. Для решения этой проблемы необходима тщательная конструкторская проработка КЩУ и всего КД с использованием 3D-проектирования, «know how», а также современных материалов.

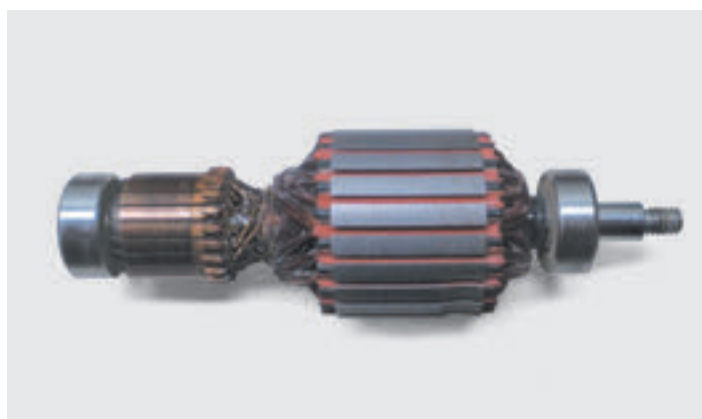
В КД может возникать межвитковое замыкание обмотки ротора (рис 2, 3) или статора (это происходит нечасто), что также проявляется в сильном искрении КЩУ (из-за повышенного тока) или ослаблении магнитного поля двигателя, при котором ротор двигателя не развивает



2 Ротор коллекторного электродвигателя

полноценный крутящий момент. Установлено, что 85–95 % отказов КД в работе происходит из-за повреждений изоляции обмоток, распределяемых следующим образом: 90 % межвитковых замыканий и 10 % повреждений и пробоев изоляции на корпус. Кроме того, происходит износ подшипников, деформация стали ротора или статора и изгиб вала. Поэтому при изготовлении КД необходимо подбирать качественные материалы для его деталей и узлов.

Надёжность коллекторного двигателя во много зависит от того, насколько грамотно производители подходят к технологическому процессу его изготовления и сборки. На многих предприятиях России используют ручную сборку КД, в том числе ручную намотку полюсов ротора, ручную прокладку изоляции пазов якоря, проточку коллекторов после намотки и сварки коллекторов. При этом качество КД оставляет желать лучшего: имеется существенный разброс параметров, не достигаются требуемые объёмы производства. А в силу большого количества деталей и узлов КД, а также высоких требований по точности сборки и допускам изготовления отдельных деталей технологический процесс их производства является довольно сложным.



3 Ротор коллекторного электродвигателя в сборе

Итальянская компания TEAM S.r.l – успешный европейский производитель автоматических и полуавтоматических линий. Основана в 1998 году в Италии в городе Поджибонси (Poggibonci). TEAM предлагает большой выбор машин и линий для производства и сборки коллекторных и асинхронных электродвигателей.

TEAM поставляет свои автоматические производственные линии в компании автомобильной промышленности, производителям «белой техники» (холодильники, стиральные машины и т. д.), в компании, производящие электро- и пневмоинструменты.

Среди покупателей продукции компании Brose, Technik fur Automobile, Johnson Electric, Valeo, Crouzet, ELECTROLUX, FESTOOL, BOSCH, STANLEY, Black&Decker, HILTI и многие другие. За последние несколько лет TEAM поставила в Россию четыре большие автоматические производственные линии для изготовления электродвигателей: две линии в Тольятти (рис 4) и две в Калугу.



4 Автоматическая линия TEAM по производству КД в Тольятти

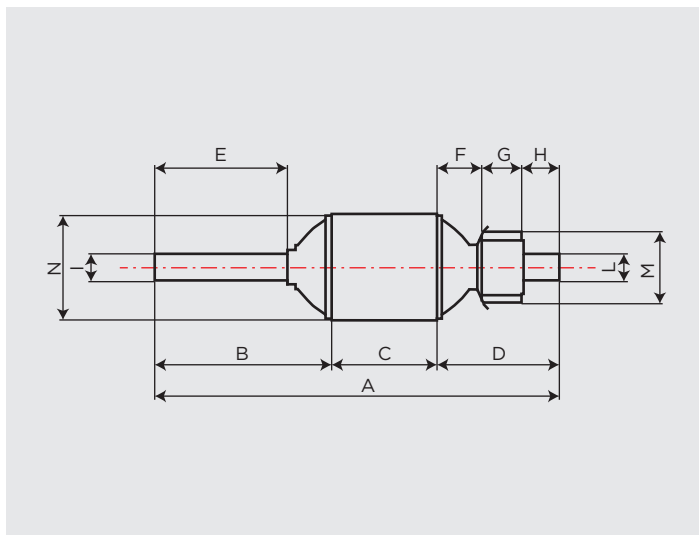
Сборка КД на автоматических производственных линиях в силу однородности и оптимизации технологического процесса позволяет избежать перечисленных недостатков. Однако стоимость таких линий довольно высока. Подобные капиталовложения можно оправдать только при массовом производстве уровня 350 тыс. – 1 млн двигателей в год. Линии объединяют ряд машин, управляемых с помощью компьютера, для их эксплуатации требуется, как правило, не более 2–3 рабочих. Если технологический процесс отлажен, то эффективность работы линии может достигать 95–100 %, она может эксплуатироваться в 2–3 рабочие смены.

К сожалению, наша промышленность еще не освоила производство таких линий. На предприятиях, в основном, используют отдельные машины для последующей комплектации из них полуавтоматических линий, что ведет к снижению качества готовой продук-

ции. Например, проблема одного из наших заказчиков заключалась в невозможности достижения требуемых допусков при обработке коллекторов роторов КД на существующем оборудовании. По техническому заданию максимальный перепад между ламелями коллектора не должен был превышать 5 микрон, но заказчик не мог обеспечить величину данного параметра ниже 10–12 микрон и обратился к нам за помощью в подборе нового оборудования.

ООО «Остек-ЭТК» для решения таких задач своих заказчиков сотрудничает с итальянской компанией TEAM, которая разрабатывает и производит автоматические линии по производству различных типов электродвигателей, в том числе и коллекторных.

Как уже отмечалось, при массовом производстве КД требования к точности изготовления его элементов и узлов многократно возрастают. Например, для обеспечения



5 Чертеж ротора коллекторного электродвигателя

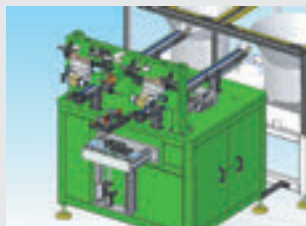
Т 1

Значения пределов размеров роторов, которые могут изготавливаться на линии TEAM

ЗНАЧЕНИЕ	МИНИМАЛЬНОЕ, ММ	МАКСИМАЛЬНОЕ, ММ
A	45	270
B	15	-
C	8	70
D	22	-
E	7	-
F	8	-
G	8	45
H	6	-
I	3	15
L	3	15
M	8	45
N	15	85



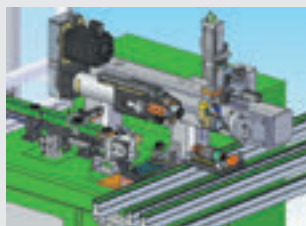
Машина TEAM для сборки вала с пакетом пластин ARAM2000



Машина TEAM для установки конечных листов изоляции



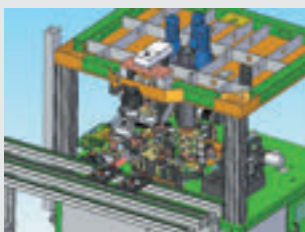
Машина TEAM для укладки пазов изоляции AIM2000



Машина TEAM для установки коллектора ACPM2000



Машина TEAM для намотки и сварки якоря AWFM2000



Машина TEAM для обработки коллектора ACTM20004ST



Машина TEAM для тестирования готовых изделий AATM20004ST



Готовые роторы электродвигателя на выходном конвейере

высокой повторяемости и точности намотки полюсов ротора КД, сварки выводов полюсов ротора с элементами коллектора ротора согласно электрической диаграмме, последующей проточке и шлифовке коллектора ротора до требуемого в ТЗ размера с точностью до нескольких мкм, балансировки и тестирования готового ротора требуется автоматическая компьютеризированная линия.

Одна из проблем при производстве КД – обеспечение диаметра обработанного коллектора и перепад между лапелями коллектора с точностью до 3–5 мкм. Как правило, такую точность, заложенную в ТЗ, не удастся обеспечить с помощью полуавтоматических машин, объединённых в линию. По результатам тестовых испытаний готовых роторов КД, изготовленных на автоматических линиях компании TEAM, требуемая точность обеспечивается практически в 100 % случаев.

Для примера приведем состав линии производства компании TEAM для изготовления роторов коллекторных двигателей для исполнительного механизма рулевой колонки автомобилей. На линии изготавливают два типа роторов в широком диапазоне размеров. Переналадка линии занимает всего несколько десятков минут, производительность составляет до 2000 роторов в смену.

Линия выполняет следующие операции:

- сборку вала ротора с пакетом пластин якоря;
- установку конечных листов изоляции якоря;
- укладку пазов изоляции якоря;
- установку коллектора на вал ротора;
- намотку полюсов якоря и сварки его выводов с коллектором ротора;
- финишную обработку коллектора;
- балансировку ротора;
- тестирование готовых роторов.

Рамы машин, входящих в линию, изготовлены из высококачественной стали (электроплавка стали, упрочняющая прокатка швеллеров в вальцах).

Сегодня в ООО «Остек-ЭТК» поступает много запросов на поставку высококачественного оборудования для изготовления коллекторных двигателей. При необходимом объёме выпуска электродвигателей на уровне 350 тыс. – 1 млн двигателей в год – а такие объёмы реально востребованы нашей промышленностью – не существует другой альтернативы, кроме автоматических производственных линий, которые способны выпускать продукцию самого высокого качества с однородными электромагнитными и механическими параметрами. Наш партнер, компания TEAM, разрабатывает и изготавливает такие линии, обеспечивая качество оборудования и продукции, удовлетворяющее самым высоким требованиям заказчиков.



Новый язык управления производством

LOGOS

Цифровая
система
управления



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

Протестируйте систему бесплатно!*

Преимущества системы

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

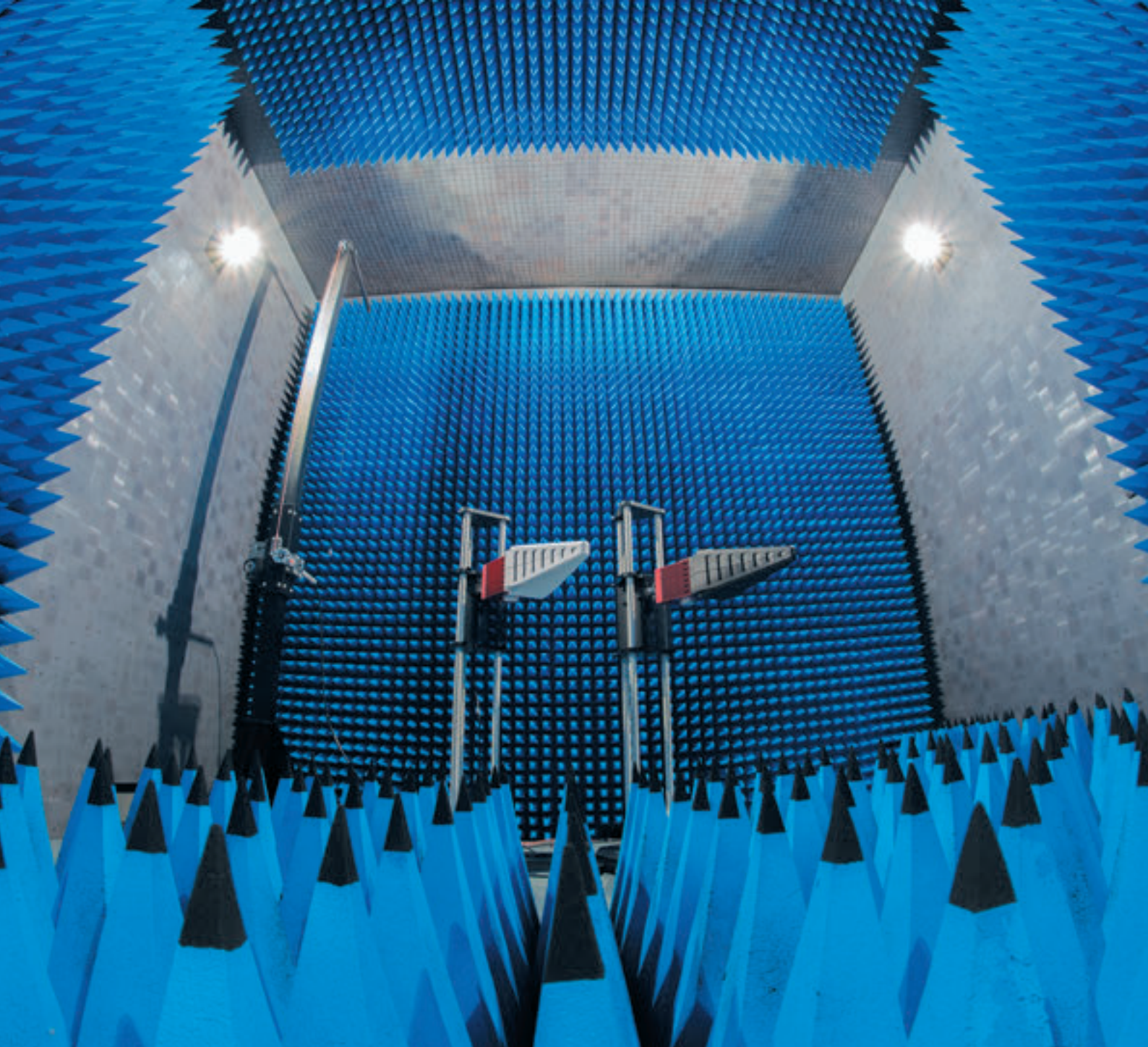
* Скачайте бесплатную демонстрационную версию ЦСУП LOGOS на сайте www.logos-system.ru.



будущее
создается

www.logos-system.ru
(495) 788 44 44
logos@ostec-group.ru





Полное погружение в проект*

Спроектируем. Построим. Аттестуем.

Безэховые камеры и измерительные комплексы

- для измерения параметров антенн
- для испытания на ЭМС
- для акустических измерений
- для работы в полевых условиях

* Узнай о **БЭК в Остек** на сайте www.ostec-electro.ru
Эксклюзивный дистрибьютор в РФ и странах Таможенного союза
(Киргизия, Белоруссия, Казахстан, Армения)
ООО «Остек-Электро»

Что скрывается за масштабным проектом?

Умение видеть главное



Инжиниринговая компания не может себе позволить ошибаться в теории, потому что это слишком дорого обойдется на практике. Чем сложнее проект, тем выше требования к внимательности и компетентности разработчика на каждом этапе — от плана на бумаге до ввода в эксплуатацию на деле. 27-летний опыт позволяет нам с уверенностью утверждать, что масштабный проект не обязан быть сверхдорогим. Он обязан быть продуманным. В этом — суть ответственного инжиниринга. Мы погружаемся в него с головой.



ostec
группа компаний

будущее
создается

ostec-group.ru | (495) 788 44 44