

# Полный цикл, мировой уровень

## Визит в Группу компаний «Диаконт»

Ю. Ковалевский, В. 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 заинтересовали 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 является 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 станций.

#### 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. 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-элек-

тронщики, 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.

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 Doimак, предназначенные для круглошлифовальных и резьбошлифовальных работ, оборудование ионно-плазменного



Евгений Завалин



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

азотирования ELTROPULS или станок вихревого резьбо-нарезания 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 высокоточным оборудованием. В частности, у нас есть два станка немецкой компании EMAG: КОЕPFER200 и КОЕPFER300. На них можно

изготавливать шестерни цилиндрического, конического, червячного зацепления. Станок КОЕPFER300 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 в вашем производстве?

Для изготовления деталей такой формы, которую невозможно воспроизвести механическими методами, у нас имеется пять единиц электроэрозионного оборудования. Одна из них – прецизионный электроискровой станок Sodick AG60L. Принцип его действия основан на методе копирования фасонной поверхности электрода на обрабатываемой заготовке; эффект достигается за счет расплавления металла заготовки в момент приближения электроинструмента. Этот метод особенно полезен



Оборудование для механической металлообработки: а – Masturn 550 CNC1500 – токарный станок для малосерийного производства; б – 5-осевой универсально-фрезерный обрабатывающий центр DMG DMU60 topoBLOCK; в – 8-осевой зубофрезерный станок EMAG КОЕPFER200; г – резьбошлифовальный 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 КОЕPFER. Слева у стены – спутник планетарно-цевочного редуктора с зубцами особого профиля

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 высокой точности?

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 Precimag и ряд другого контрольного оборудования, позволяющего подтвердить со



а)



б)



в)



г)



д)

Электроэрозионное оборудование:  
а – электроискровой координатно-прошивной 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



Иван Веретехин

сто процентной 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 автоматизиро-

ванная линия по сборке роторов; кроме того, имеется линия лазерной гравировки, участок заливки полимеров и вулканизации кабельных соединений, а также участок, на котором 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 2011–12 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 – всё 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.



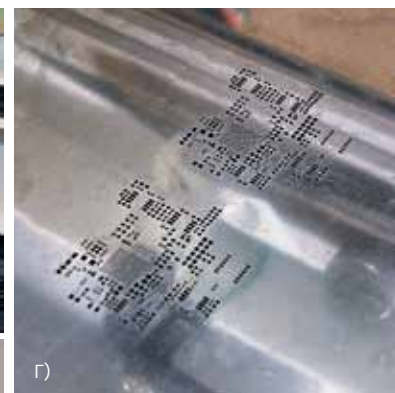
а)



б)



в)



г)

Нанесение паяльной пасты:  
а, б – дозатор Аxiom X-1010;  
в, г – полуавтоматический  
трафаретный принтер  
TWS Automation SR2600  
и трафарет крупным планом

Дозатор уверенно справляется с компонентами 0201, а наш массовый минимальный типоразмер – 0402. Скорость работы дозатора достигает 12 тыс. доз в час, что полностью покрывает 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 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.



Автомат поверхностного монтажа Essemtec FLX 2011 V



а)



б)

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

#### 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 пользовательский интерфейс. Мы не видим пока необходимости в его замене.

#### Вы применили для пайки парофазную 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. 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 обыкновение просматривать под рентгеном практически все 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 вызвало 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 существует 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



Денис Кулицкий





#### Семинар по автоматической линии нанесения влагозащитных покрытий

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 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 ч 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 мин, а при каких-то задержках вряд ли займут больше часа.



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 перестыковать при переходе с одного типа покрытий на другой; г – АОИ Viscom S3088 CCI

### 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 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, недостаточную толщину.

### 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.