

# Тренд на комплексные услуги контрактного производства

Ю. Ковалевский



Контрактные производства в России, а вероятно, и во всем мире, можно разделить на две группы исходя из того, как они появились. Одну группу составляют компании, изначально создавшие производства для изготовления собственной продукции, а уже впоследствии начавшие предлагать услуги контрактной сборки, поскольку их мощности оказались недогружены. Вторая же группа – это компании, изначально ориентированные на контрактную сборку и, иногда, смежные сервисы.

Компания «Резонит» относится ко второй группе. Причем спектр услуг компании уникален для отечественного рынка: помимо традиционной сборки печатных узлов, компания выполняет изготовление печатных плат на собственных мощностях, а также трафаретов для нанесения паяльной пасты.

Кроме того, эта компания интересна тем, что она специализируется как на срочном изготовлении прототипов и опытных образцов, так и на серийном производстве. Именно специализируется, то есть не просто способна работать и с тем и с другим видом заказов, а обладает специально подобранным под каждый из этих вариантов оборудованием и соответствующим образом выстроенными техпроцессами.

Одна из площадок ООО «Резонит», расположенная в подмосковном поселке Зубово и ориентированная преимущественно на серийное производство, недавно обзавелась новым оборудованием – передовыми автоматами установки компонентов Kulicke & Soffa и новой установкой селективной пайки.

О сборочном производстве на этой площадке, а также о том, как развивается компания в целом, нам рассказал Вячеслав Сергеевич Пушкарёв, руководитель сборочно-монтажного производства в Технопарке «Резонит» в поселке Зубово.

**Вячеслав Сергеевич, компания «Резонит» хорошо известна на нашем рынке не только как контрактный производитель, но и как поставщик печатных плат. Какое направление появилось первым?**

Изначально компания «Резонит», основанная в 1997 году, занималась размещением заказов на изготовление печатных плат на производствах России, Республики Беларусь, стран Балтии, а в начале 2000-х – в Китае.

После того как был накоплен определенный опыт и сформировался пул клиентов, в течение нескольких лет мы открыли первые сборочные участки и запустили собственное производство печатных плат в Зеленограде.

В конце 2008 года был начат проект по реконструкции здания зубовской фабрики, где в 2013 году было запущено более современное и технологичное производство печатных плат. На текущий момент технопарк в поселке Зубово является нашей основной площадкой, где находится завод по изготовлению печатных плат и монтажно-сборочное производство, ориентированное прежде всего на средние и крупные контрактные серии. На площадках в Зеленограде в настоящий момент в основном выполняются срочные заказы небольшого объема. В Санкт-Петербурге работает офис и сборочное производство преимущественно для заказчиков Северо-Западного региона.

С 2019 года мы реализуем проект строительства нового завода на площадке «Алабушево», где планируем сосредоточить срочные сервисы по производству печатных плат, монтажу и изготовлению трафаретов, а также предоставить комплексные решения для выпуска срочных спаянных модулей для наших заказчиков. Выпуск первых изделий на этой площадке запланирован на 2022 год.

**Таким образом, у вас существует некоторая специализация площадок по серийности. Начиная с какого объема вы считаете заказ крупным, выполняете его на серийной площадке?**

Здесь сложно назвать конкретную цифру: это зависит не только от количества плат, которые нужно собрать, но и от их сложности, от количества монтируемых типонаименований и других факторов. Всё это необходимо рассматривать в совокупности. Но если брать усредненные значения, то, наверное, крупными можно считать заказы, начиная с 1000 изделий средней сложности.

**Насколько распространены такие заказы? Высока ли загрузка производства здесь, на зубовской площадке?**

Таких заказов достаточно много. На данной площадке у нас три автоматические сборочные линии с суммарной производительностью более 175 тыс. комп./ч, при этом производство, работая в две смены, стабильно загружено примерно на 80%.

**Названная вами производительность реальная или паспортная?**

Когда мы говорим о производительности, всегда называем реальные значения, которые мы получаем из нашей статистики. Паспортная производительность оборудования, как правило, существенно завышена.



Вячеслав Пушкарёв

**Значит, еще есть запас мощностей для увеличения объема производства? Ведь можно увеличить количество смен до трех.**

В условиях контрактного производства всегда необходимо иметь запас на случай пиковой загрузки. Поэтому постоянно работать в три смены нежелательно. Кроме того, при сборке печатных узлов так или иначе остаются ручные операции, а организовать их выполнение в ночь сложно.

**Как часто производится переналадка на этих линиях?**

Контрактное производство, естественно, связано с достаточно частыми переналадками. На флагманской, самой производительной линии, где выполняется монтаж крупных серий, переход на новое изделие осуществляется примерно раз в две смены, а на линии, где собираются относительно небольшие серии, переналадки выполняются более двух раз в смену.

**Исходя из каких соображений вы выбирали оборудование для линий поверхностного монтажа? Какие основные требования к нему вы предъявляли?**

Мы позиционируем наше контрактное производство как универсальное. Нет какого-либо сектора электроники, который мы считали бы своей специализацией. Мы собираем устройства и для автомобильной промышленности, и для медицины, и для промышленной автоматики, и телекоммуникационное, и охранно-пожарное оборудование, и другие изделия. Не работаем мы только с изделиями военного назначения. А на гражданском рынке у нас нет каких-либо ограничений по конечному применению собираемых устройств.

Поэтому на первом месте среди наших требований к оборудованию – универсальность и обеспечение стабильно высокого качества при работе практически со всеми существующими на сегодняшний день конструкциями печатных узлов и типами компонентов.

Если компания специализируется, допустим, на светотехнических изделиях, ей может подойти оборудование,

способное работать с заготовками большого размера, специальными питателями, насадками для захвата светодиодов, обладающее высокой производительностью, но при этом точность монтажа может быть не столь высока.

У нас же другая ситуация: к нам приходят очень разные заказы, изделия каждый раз новые.

Я думаю, на любом производстве одной из самых затратных статей является доработка и ремонт выпускаемых изделий. Чем выше качество работы оборудования, чем больше выход годных с первого прохода, тем меньше объем ремонта, а следовательно, ниже стоимость изготовления. Поэтому для нас очень важно, чтобы оборудование обеспечивало стабильно высокое качество сборки вне зависимости от сложности и специфики изделий.

Сборочное оборудование на нашем производстве обеспечивает качество монтажа, одно из лучших на рынке. На самых новых установках dpm (количество дефектов на миллион возможностей) составляет меньше единицы.

Еще одним важным требованием является гибкость оборудования. Мы уже обсуждали количество переналадок на наших линиях. Поскольку в контрактном производстве оно достаточно велико, нам нужно, чтобы оборудование обеспечивало простоту и минимальное время переналадки.

#### Сколько времени занимает переналадка линии?

Опять же, это сильно зависит от сложности изделия и применяемой компонентной базы. В среднем переналадка занимает порядка 50 мин, но если на плате достаточно много специфических компонентов, этот процесс может занимать больше времени.

Здесь очень важно, что каждый должен заниматься своим делом. У нас есть отдел, который готовит

программы для оборудования; есть склад комплектации, где выполняется прием, пересчет и маркировка ЭКБ; есть участок маркировки печатных плат. Каждая плата маркируется штрихкодом, причем, если монтаж двусторонний, то на каждой стороне платы. Это необходимо для корректной работы инспекционного оборудования и систем статистического управления процессами (SPC) и производством (MES).

Данные штрихкоды впоследствии считываются не только автоматизированным оборудованием, но и на рабочих местах, в том числе контролеров ОТК. Таким образом обеспечивается полная прослеживаемость процесса изготовления, и мы всегда можем предоставить заказчику данные о том, как собирались его изделия.

В результате на производство комплектация и плата поступают с уникальной маркировкой, и остается лишь зарядить питатели и привязать к ним соответствующие типономиналы с помощью считывания штрихкодов с упаковки. Это делается вне линии, в специально выделенной зоне, поэтому данная операция не требует остановки работы автоматического оборудования. Наконец, питатели устанавливаются в устройства групповой замены, с помощью которых осуществляется быстрая их установка на автоматы. Все установщики в наших линиях позволяют производить замену питателей таким групповым способом. То есть делается всё для того, чтобы свести к минимуму простой линии.

#### При запуске в производство нового изделия основное время уходит на подготовку программ для сборочного оборудования?

Пожалуй, подготовка программ для АОИ – наиболее длительный процесс. Но поскольку данная работа выполняется вне линии, существенного влияния на время переналадки она не оказывает.



Системы SPC (статистического управления процессами) и MES (управления производственными процессами)



Станция подготовки питателей офлайн с системой проверки катушек SA (setup assistant)

Что касается программ для установщиков, если нам передают файлы из современных САПР, то это происходит достаточно быстро. Однако некоторые заказчики присылают проекты в устаревших или эксклюзивных форматах, что, конечно, усложняет процесс. То же касается бумажной документации: есть заказчики, которые предоставляют чертежи и спецификации в соответствии с ЕСКД, но иногда приходят даже сканированные эскизы, практически наброски. Впрочем, второе обычно характерно для прототипного производства.

Вообще, идеально подготовленный проект – мечта любого производителя. Это касается не только формата файлов и качества документации, но и учета в конструкции изделия требований автоматизированного монтажа, в особенности для серийного производства.

### То есть проектирование с учетом технологичности остается проблемой?

Нужно сказать, что за последнее время чувствуется тенденция к тому, что разработчики в большей мере руководствуются принципами DfM и DfA в своих проектах, их компетенция в данном вопросе растет. Но проблема эта всё еще существует.

Поэтому мы ведем активную просветительскую деятельность. До 2020 года мы проводили большие семинары, первая часть которых состояла из докладов, посвященных вопросам конструирования печатных плат, выбора материалов, проектирования трафаретов, монтажа. В рамках этой части можно было задать вопросы и получить ответы от наших специалистов. Вторая часть представляла собой экскурсию на производство, где участники мероприятия могли увидеть производственные процессы вживую и также получить ответы на возникшие вопросы.

В прошлом году из-за пандемии COVID-19 мы перевели эти мероприятия в формат вебинаров.

Кроме того, мы опубликовали ряд видео о применяемых на нашем производстве технологиях и о том, как готовить проекты к производству, на нашем YouTube-канале. Эти видео пользуются большой популярностью, и мы получаем множество отзывов от наших заказчиков с благодарностью за представленную в них информацию.

### Вы упомянули про документацию по ЕСКД. Неужели она еще необходима для подготовки автоматизированной сборки?

Мы работаем с широким спектром форматов документации; требования, чтобы она была оформлена именно по ЕСКД, у нас нет. Нам важно, чтобы комплект включал файл САПР, схему монтажа или сборочный чертеж и спецификацию, и самое главное – чтобы они были однозначно читаемы, не противоречили друг другу. К сожалению, иногда это не так.

### Бывают ли случаи, когда из-за ошибок в конструкции изделия вы вынуждены отказать заказчику в его сборке?

Это единичные случаи. На самом деле, в том, чтобы спроектировать изделие с учетом требований автоматизированного монтажа, нет ничего особенно сложного.

Если говорить о поверхностном монтаже на линии, ключевых моментов всего три: подготовка мультиплицированной панели, технологические поля по краям заготовки для возможности ее перемещения по конвейеру и реперные знаки. Соблюдения этих правил в большинстве случаев достаточно. Более того, как правило, мы можем выполнить мультипликацию и добавить поля и реперные знаки своими силами.

Изделия, не подготовленные к автоматическому монтажу, приходится собирать вручную, а это сильно увеличивает как время выполнения заказа, так и его стоимость. Если речь о прототипе, это может быть допустимо. Но, к сожалению, некоторые заказчики не учитывают данных требований при постановке изделия на серийное производство, не вносят соответствующих изменений после успешной сборки прототипа.

В некоторых случаях невыполнение этих требований крайне усложняет процесс. Например, после ручной установки компонентов плата поступает в печь, и если на ней нет полей, нужно использовать сетчатый конвейер, а это накладывает ограничения для монтажа компонентов с двух сторон. Если монтаж двусторонний, плату можно спаять в печи с сетчатым конвейером, но потребуется специализированная оснастка. А это не только сложно и дорого: применение оснастки неизбежно сказывается на качестве пайки.

Автоматизация процессов позволяет значительно повысить качество и повторяемость, и мы стремимся, насколько возможно, уйти от ручных операций на нашем производстве. Смотрим в сторону полного отказа от ручных манипуляторов для поверхностного монтажа. Нами уже сделаны существенные шаги по автоматизации монтажа в отверстия: в 2019 году мы запустили первую установку селективной пайки, а в 2020-м добавили еще одну. Применение селективной пайки повышает качество и сокращает сроки изготовления, но и накладывает определенные требования на проект.

Таким образом, хорошая подготовка проекта – залог качества и надежности изделий. Поэтому мы ведем активную работу по донесению соответствующих требований до заказчиков, всегда подчеркивая, что это – не наши уникальные требования. Их соблюдение необходимо для качественной автоматизированной сборки, и от того, как будет подготовлен проект, будут зависеть и цена, и сроки монтажа, и, что особенно важно – качество изделия.

Мы готовы оказывать всестороннюю помощь заказчикам по подготовке проектов к производству и настоятельно

рекомендуем по возможности обращаться к нам не в самый последний момент. Если возникают какие-либо вопросы, лучше задать их производителю, а не пытаться найти ответ в Интернете.

Кроме подготовки, наши специалисты готовы помочь с подбором компонентов: мы предлагаем комплектацию заказов от одной позиции до крупной серии. Специализированный отдел работает с крупнейшими дистрибьюторами и производителями, помогая разработчику подобрать необходимые компоненты и оптимизировать сборку. Заказывая комплектацию у нас, клиент может не беспокоиться о дефиците: комплектация будет закуплена в полном объеме с учетом всех требований монтажа. Если у заказчика есть особенный, эксклюзивный компонент – не проблема: он может остаться «давальческим»; комбинированное комплектование заказа также возможно. Например, заказчик может поставить микросхемы, а мы доукомплектуем заказ пассивными компонентами с собственного склада. Естественно, в случае нашей поставки, все риски по срокам и качеству компонентов мы берем на себя.

#### **Производится ли оптимизация при подготовке программ для установщиков?**

Да, оптимизация выполняется с помощью специализированного ПО. Мы используем софт, который позволяет подготовить проект к монтажу и проверить параметры платы и компонентов. Непосредственно оптимизация программы выполняется интегрированными средствами, созданными производителями установщиков.

Важным моментом является то, что современное ПО позволяет с высокой точностью прогнозировать время выполнения операций. Отклонение реального времени цикла монтажа платы от расчетного на практике составляет всего около 5%.

#### **Приходится ли производить термопрофилирование при запуске нового изделия? Или вы пользуетесь некоторым набором уже отработанных профилей?**

На производствах, где выполняется сборка собственных изделий, действительно можно обойтись некоторым количеством стандартных профилей. Но у нас контрактное производство. Изделия, которые мы собираем, могут существенно отличаться и по конструкции, и по применяемой ЭКБ, и по массе и теплоемкости. У нас нет возможности подобрать единый рецепт, который подойдет для любого заказа. Поэтому мы выполняем термопрофилирование достаточно часто.

Однако использование современных инструментов для профилирования делает этот процесс не столь сложным. Можно сказать, что на рынке есть две лидирующие компании, предлагающие такие решения. С точки зрения аппаратной части отличия незначительны: по сути, это устройства, измеряющие температуру с помощью

термопар. Разница между решениями разных производителей заключается в основном в том ПО, которое анализирует полученные данные и оптимизирует термопрофиль. Именно исходя из функциональности софта мы выбрали решение от компании KIC. Его ПО позволяет не только измерять температуру и оптимизировать профиль, но и строить профиль виртуально на основе габаритов и массы изделия, что позволяет сократить время переналадки.

#### **Итак, когда все программы подготовлены, платы промаркированы, а питатели загружены, начинается процесс сборки. Как организован поверхностный монтаж компонентов в ваших линиях?**

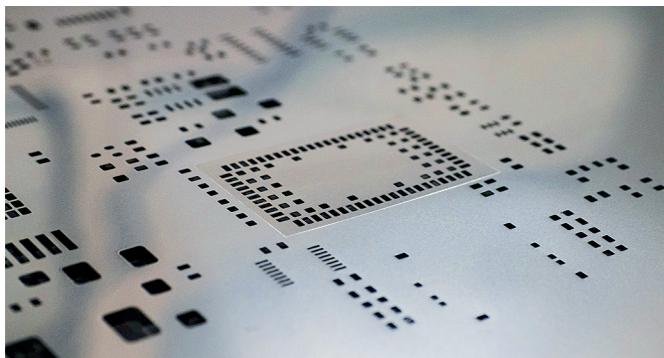
Нанесение паяльной пасты у нас осуществляется трафаретной печатью. В линиях этой площадки установлены автоматические принтеры одного производителя, но разных поколений: MPM Momentum, MPM Momentum Plus и MPM 100. В скором времени мы планируем заменить наш самый старый MPM на новую установку фирмы Yamaha, которую мы уже заказали в компании «АссемРус». У нас уже есть один принтер Yamaha – он работает на зеленоградской площадке, и мы им вполне довольны. Новый принтер уже на подходе.

На площадках, где мы изготавливаем прототипы, у нас также используются принтеры, но ручные и полуавтоматические. Дозирование мы применяем только в особых случаях.

Имея собственный цех лазерной резки трафаретов, мы можем обеспечить трафаретами в том числе наше производство. Это одно из преимуществ компании, в особенности учитывая тренд на комплексные услуги. «Резонит» – одно из немногих контрактных производств в России, способных не только выполнить сборку печатных узлов, но и изготовить для них платы и трафареты, причем, как производитель трафаретов, мы – один из лидеров на отечественном рынке.

Для заказчиков это очень удобно: во-первых, им не нужно искать производителей плат и трафаретов, прежде чем передать изделие на сборочное производство, а во-вторых, мы можем учесть все нюансы монтажа при подготовке к производству печатных плат, проектировании, изготовлении трафаретов, и все связанные с этим риски мы берем на себя. Зачастую встречаются ситуации, когда плата заказывается в мультиплицированном виде, а трафарет для единичной заготовки и наоборот. Если же заказ на трафарет «привязан» к заказу на платы, то вероятность такой ситуации стремится к нулю, так как мы подготавливаем файлы для резки после того, как заказ на платы пошел в работу.

Разработка трафарета для сборки современных изделий может быть достаточно сложной задачей, требующей определенного опыта. Некоторые заказчики проектируют трафареты сами и делают это вполне профессионально, но, как и в случае разработки печатных плат с учетом



### Многоуровневый трафарет с финишной полировкой

DfM, это происходит не всегда. Хотя существуют различные методики расчета и рекомендации по конструированию трафаретов, они носят в большой степени справочный характер. Особенно когда речь идет о многоуровневых трафаретах.

### А многоуровневые трафареты востребованы на нашем рынке?

Не могу сказать, что эта услуга пользуется массовым спросом, но и номинальной для нас она не является. Мы изготавливаем многоуровневые трафареты как с уменьшением, так и с увеличением толщины – Step-Down и Step-Up, но востребованность их небольшая.

Вероятно, главная причина небольшой частоты таких заказов заключается в том, что в России разрабатывается не так много изделий высокой сложности. Вторая причина может быть связана с тем, что некоторые производители с настороженностью относятся к многоуровневым трафаретам, как ко всему неизведанному, и другими способами решают проблему нанесения на плату отпечатков с существенно отличающимися объемами. Например, могут применяться припойные преформы. Это не очень распространенный в России метод, но вполне работоспособный. Также можно наносить дополнительную пасту точно с помощью дозатора – тоже неплохой выход из ситуации, но более подходящий для мелкосерийного производства. Наконец, некоторые производители в тех местах, где нужен большой объем пасты, просто увеличивают апертуру настолько, что отпечаток выходит за пределы контактной площадки, с расчетом на то, что паста при оплавлении соберется на площадку с маски. Но этот способ рискованный с точки зрения качества и, кроме того, накладывает ограничения на расстояние между площадками.

Несмотря на небольшой текущий спрос на многоуровневые трафареты, мы ожидаем, что в ближайшее время он вырастет, и в 2020 году инвестировали достаточно серьезные средства в это направление. В настоящее время мы обладаем пожалуй самой современной технологией производства многоуровневых трафаретов.

В то же время у нас всё большим спросом пользуются трафареты для сборки изделий с миниатюрными корпусами. Мы всё чаще работаем со сталью толщиной 80 мкм, необходимой для печати пасты под компоненты 0201 и менее. Еще совсем недавно экзотикой была толщина 100 мкм, а сейчас она – уже практически стандарт.

Вместе с тем сейчас очень востребованы трафареты с финишной полировкой. В области резки всегда возникают заусенцы или окалины, которые негативно сказываются на качестве нанесения отпечатков под компоненты с очень малым шагом выводов, например 0,4 мм, а также под миниатюрные BGA-корпуса. Полировка позволяет удалить эти заусенцы и окалины, что обеспечивает лучший перенос пасты.

### Какой самый миниатюрный компонент встречается в изделиях, которые вы собираете?

Это компонент в корпусе 01005. Но такие компоненты встречаются редко. Пожалуй, это лишь единичные случаи.

### А какой компонент самый сложный из тех, что могут быть смонтированы на ваших линиях?

Здесь, думаю, ограничений нет. Современные сложные компоненты в принципе не предназначены для ручного монтажа, поэтому в их конструкциях учтены требования современного сборочного оборудования. А наши установщики – одни из лидеров на рынке. Как я уже говорил, мы их выбирали в большой степени из соображений универсальности, и они способны ставить все распространенные корпуса для поверхностного монтажа.

За установку компонентов у нас отвечает оборудование Kulicke & Soffa – наследник компании Assembleon, которая, в свою очередь, некогда выделилась из Philips. Когда мы начали оборудовать наше сборочное производство автоматическим оборудованием, мы сделали ставку на установщики от Philips – Oral и Toraz. На тот момент они были очень распространены, так как отличались высокой надежностью, хорошими техническими характеристиками и приемлемой стоимостью владения, в особенности учитывая тот факт, что для них выпускалась дешевая, но вполне качественная оснастка в Китае. Любой автомат установки компонентов состоит из двух основных частей: самого робота-установщика и оснастки – питателей, насадок и т. п. Питатели порой могут стоить дороже, чем база автомата, поэтому возможность сэкономить на них может быть очень привлекательной, особенно на начальном этапе развития производства.

Далее, расширяя и модернизируя наше производство, мы стали внедрять более новые машины той же компании. Первые установщики мы закупали напрямую, но когда компания «АссемРус» стала официальным дистрибутором Assembleon на российском рынке и начала оказывать поддержку как при закупке и наладке оборудования,



Гибкая линия с чип-шутером iX 302 и двумя установщиками iFlex от Kulicke & Soffa

так и в дальнейшем сопровождении, мы начали закупать установщики у них. Сейчас «АссемРус» поставляет нам также принтеры, установки селективной пайки, конвейерные системы. Одна установка отмытки у нас тоже была закуплена в «АссемРус».

В настоящее время у нас работают установщики разных поколений, начиная от Opal и Emerald и заканчивая сериями iFlex и iX на самой современной платформе Kulicke & Soffa. Были моменты, когда мы смотрели на автоматы других производителей, но в результате всегда останавливались на установщиках этой компании.

В линиях на зубовской площадке – только автоматы серий AX, iX и iFlex. Самая производительная из них укомплектована тремя автоматами. Первый из них – чип-шутер iX 302. Далее расположен iFlex T2, универсальный автомат, способный с высокой скоростью установить как миниатюрные компоненты, в том числе 01005, которые не были установлены iX 302, так и достаточно габаритные



Автоматы установки компонентов серии iFlex

корпуса. Третий – прецизионный автомат iFlex H1, который ставит сложные компоненты из поддонов и пелалов с высокой точностью. По сути, два автомата iFlex могут рассматриваться как модули единой установки, что соответствует современной концепции Kulicke & Soffa.

Эта линия введена в эксплуатацию совсем недавно, в прошлом году.

Вторая линия, которая по своей производительности примерно равна первой, имеет в своем составе чип-шутер AX-501 и прецизионный автомат AX-201. В третьей линии также два автомата: роль чип-шутера играет AX-301, а прецизионный установщик –

такой же, как во второй линии.

#### Новая линия была закуплена сразу вся, полностью?

Нет, процесс модернизации у нас непрерывный на всех площадках, и происходит он постепенно. Так, эту линию мы сначала дооснастили системой автоматической инспекции нанесения паяльной пасты (АИП), затем были приобретены новые установщики, заменен принтер. В скором времени мы планируем заменить в ней систему АОИ и печь, которая уже на подходе.

#### Какой будет новая печь? Чем она превосходит ту, что используется сейчас?

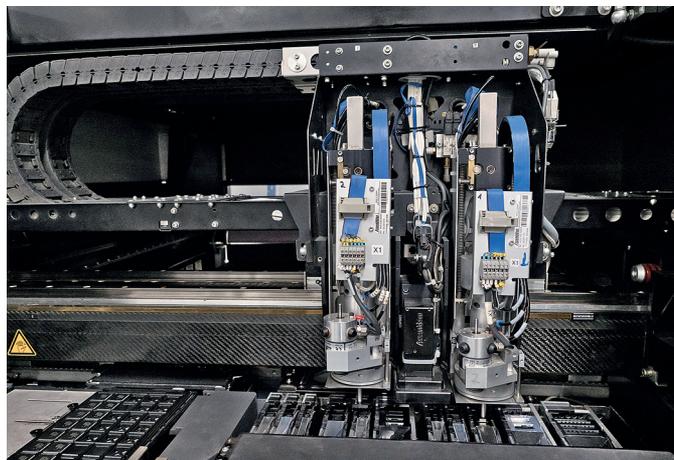
На данный момент на нашем производстве применяются печи различных производителей: Ersa, Heller, есть даже отечественная печь от АО «ЗЕНЧА-Псков». В линиях на этой площадке количество зон нагрева печей варьируется от 6 до 8.

Новая печь Heller заменит достаточно старую печь Ersa. Это будет топовая модель с 13-ю зонами нагрева.

#### Увеличение количества зон связано с бессвинцовой технологией?

Нет. Наши печи и сейчас успешно справляются с бессвинцовой пайкой. Увеличение количества зон – это наш ответ на рост сложности изделий, как и приобретение установщиков iFlex. Новые изделия требуют другого уровня качества установки, универсальности в отношении типов компонентов, что обеспечили автоматы данной серии. Теперь, чтобы составить «линию мечты», нам не хватает самой передовой печи.

Мы смотрим на шаг вперед. Хотя печи, которые мы сейчас используем, позволяют построить необходимые профили для того, чтобы спаять практически любое изделие, которое поступает к нам на производство, большее количество зон позволит строить более плавные профили, что



#### Монтаж компонентов на прецизионном установщике AX-201

повысит качество пайки. При этом не придется замедлять конвейер печи, что иногда требуется для построения плавного профиля и лучшего прогрева заготовки, если зон относительно немного.

Следует отметить, что, помимо количества зон, важную роль играет их размер. Бывают печи с узкими зонами, но в печи, которую мы ожидаем в ближайшем будущем, – полноценные, широкие зоны.

#### Вы говорили, что иногда из-за неправильной подготовки изделий их необходимо паять на сетчатом конвейере. У вас есть такие печи?

Да, но только на прототипном производстве. В серийных линиях все печи оборудованы пальчиковым конвейером с центральной поддержкой.

#### В ваших линиях собрано оборудование от разных поставщиков. Не возникает ли проблемы отсутствия «единого окна» при их обслуживании?

Такой проблемы не возникает. У нас есть своя сильная сервисная команда, которая проводит плановое ТО и мелкий ремонт. Более объемное обслуживание сложного оборудования осуществляется соответствующими поставщиками.

Я думаю, что, даже если вся линия обслуживается одной компанией, всё равно на обслуживание, допустим, принтера и печи приедут разные сервисные инженеры. А закупая оборудование у разных поставщиков, мы не ограничены в выборе наиболее подходящих для нас решений. Ведь в портфеле поставщика

самых передовых установщиков может не оказаться лучшей на рынке печи и наоборот.

А что касается сопряжения оборудования – сейчас это также не проблема. Все современные установки взаимодействуют по стандартным интерфейсам и позволяют подключить их к единой MES-системе.

#### Вы сказали, что планируете также заменить систему АОИ. Почему необходимо модернизировать инспекционное оборудование?

Сейчас во всех трех линиях у нас применяется оптическая инспекция компании Koh Young – как АИП, так и АОИ. Ранее мы использовали АОИ компании Orbotech. Для своего времени это оборудование было очень передовым. Тогда как большинство систем на тот момент, по сути, сравнивало две картинки – фото проверяемой и эталонной платы, в установках Orbotech уже были реализованы методы



Печь конвекционного оплавления Heller 1826 MK5



Система инспекции паяльной пасты KY8030-2 компании Koh Young

моделирования компонента и паяного соединения, позволяющие проанализировать их в пространстве, хотя и без возможности измерений.

Но, к сожалению, Orbotech закрыл направление АОИ для электронных сборок и сосредоточился на инспекции печатных плат. Мы были вынуждены искать оборудование другого производителя и остановились на решениях Koh Young.

Современные изделия требуют качественно нового уровня инспекции, и постоянная модернизация инспекционного оборудования – насущная необходимость. Помимо потребности во всё более высоком разрешении (а на наших старых установках от Orbotech на грани возможностей даже инспекция корпусов 0402), требуется выявлять всё более разнообразные дефекты. И конечно, большую помощь в оценке несоответствий оказывает так называемое True 3D – возможность получения реальных трехмерных изображений и выполнения измерений.

Кроме того, современные инспекционные системы «общаются» между собой и с другим оборудованием в реальном времени, что позволяет очень быстро реагировать на отклонения процессов и корректировать их. Это уже элементы «Индустрии 4.0».

Связь АИП и АОИ – двусторонняя. Если АОИ обнаружила дефект, можно соотнести ее данные с данными АИП и определить, является ли его причиной отклонение нанесения пасты. С другой стороны, если АИП выявляет состояние отпечатка на грани допустимого, она передает эти данные в АОИ, чтобы система и впоследствии контролер обратили особое внимание на данное потенциально дефектное соединение.

Также АИП выдает данные для коррекции процесса печати на принтер, причем современные установки трафаретной печати позволяют корректировать не только смещение трафарета, но и давление ракеля.

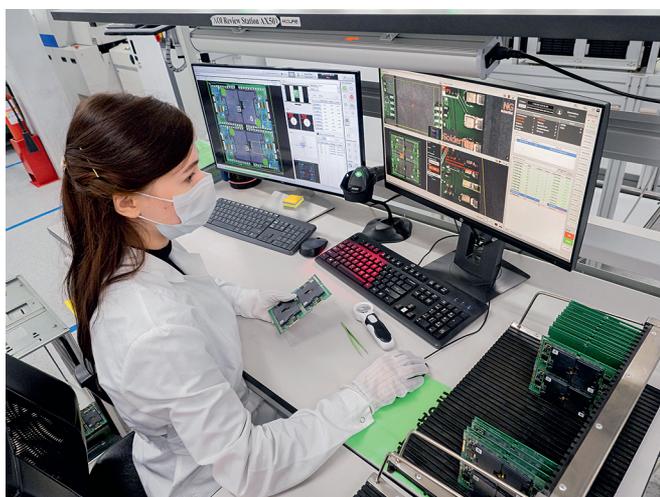


Система АОИ Zenith компании Koh Young

### Много ли ложных срабатываний выдает АОИ?

Наладка системы АОИ всегда выполняется так, чтобы спорные ситуации воспринимались ей как дефекты, потому что лучше лишний раз обратить внимание контролера на потенциальное отклонение, чем пропустить реальный дефект.

Если говорить о конкретных значениях, то они сильно зависят от изделия и от комплектации. Бывают случаи, когда контактная площадка спроектирована неоптимально, и высота подъема пасты по контактной поверхности компонента хотя и находится в допустимых пределах, но близка к пороговому значению, и АОИ считает это дефектом. Единственный способ избежать таких ложных срабатываний – занизить порог или полностью отключить проверку данного компонента, но так поступать нельзя, потому что в таком случае не будут обнаруживаться реальные дефекты этого паяного соединения.



Станция проверки несоответствий, выявленных системой АОИ

Иногда разные партии одного и того же изделия комплектуются компонентами разных производителей, которые лишь немного отличаются по размерам, но этого достаточно, чтобы параметры паяного соединения оказались на грани допустимого. Тогда в одной партии количество ложных срабатываний может составлять, например, 3%, а в другой – 10%.

Вообще, на практике доля ложных срабатываний варьируется в пределах примерно от 5 до 15%.

### На вашем производстве есть установка рентгеновского контроля. Эта инспекция выполняется выборочно?

Да, это оборудование установлено вне линии и, как правило, применяется для выборочного контроля. Но для особо ответственных изделий мы выполняем 100%-ный контроль тех компонентов, которые невозможно проинспектировать на АОИ или осмотреть визуально.

### Вы говорили, что стремитесь автоматизировать также и монтаж в отверстия, для чего у вас применяются установки селективной пайки.

Да, у нас есть две системы – от компаний Seho и Pillarhouse. Обе установки с двумя модулями пайки; у первой – модули спаренные, у второй – независимые. По своим характеристикам они близки друг другу. Установку Seho мы запустили в конце прошлого года.

Селективная пайка обеспечивает заметно более высокое качество и повторяемость в сравнении с ручной. Однако это не полная автоматизация монтажа в отверстия, ведь пайке предшествует еще несколько операций: формовка и обрезка выводов, фиксация компонентов на плате. Автоматизация этих операций накладывает существенные ограничения как на применяемые компоненты и их упаковку, так и на оснастку для пайки. Разнообразие штыревых компонентов и особенностей их установки – например, установка на определенную высоту светодиодов или разъемов – накладывает слишком высокие требования к универсальности оборудования для этих задач, и его применение на таком многономенклатурном производстве, как наше, нецелесообразно.

### А ручная пайка на этой площадке применяется?

Да, поскольку, кроме штыревых компонентов, на платах встречаются провода и другие элементы, селективная пайка которых невозможна. Кроме того, до недавнего времени у нас была только одна установка селективной пайки, и ее возможностей не хватало для выполнения всех заказов.



Установка рентгеновского контроля

Замечу, что оборудование для ручной пайки у нас также обновляется. Когда мы перешли на паяльные станции JBC – одного из лидеров в данной области, наша ручная пайка вышла на новый уровень.

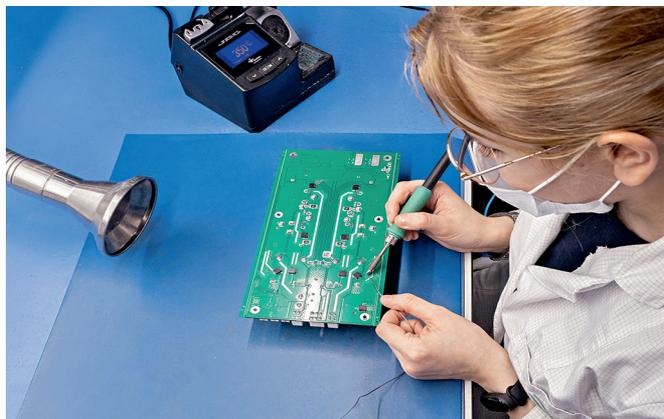
### Как вы осуществляете отмычку изделий?

У нас реализованы две технологии отмычки: ультразвуковая с применением спиртовых растворителей и струйная с использованием щелочных составов, которая выполняется в системе известной немецкой компании Kolb. Струйная отмычка может осуществляться и без отмывочной жидкости, однако водосмываемая паста применяется достаточно редко. Обычно мы используем либо пасты с легко удаляемыми остатками флюсов, либо безотмывочную пасту, если изделия не отмываются.

Разумеется, изделия, которые требуют последующей влагозащиты, отмываются в обязательном порядке.



Установка селективной пайки Seho



### Рабочее место ручного монтажа

Для нанесения влагозащиты мы используем установку собственной разработки. Это еще не совсем селективная влагозащита, но данная установка позволяет наносить покрытие избирательно на определенные области, а не на изделие целиком. Если требуется более точное нанесение, то участки, которые не должны быть покрыты, маскируются.

**В завершение знакомства с вашим производством, поделитесь, пожалуйста, своим взглядом на перспективы развития вашей компании. Судя по проводимым работам по расширению производства и строительству нового завода, эти перспективы выглядят позитивно. Это так?**

Действительно, мы работаем на то, чтобы развиваться, а не чтобы оставаться на плаву.

Несмотря на сложности прошлого года, наша компания чувствует себя достаточно уверенно. Мы не останавливались ни на день. Весеннюю волну пандемии мы продержались на тех заказах, которые уже находились в производстве, а затем стали поступать новые. Более того, нас очень поддержали заказы, связанные с производством медоборудования.

И еще: мы, как производители, чувствуем тренд к локализации производства электронной продукции, и это действительно позитивно отражается на рынке как изготовления печатных плат, так и контрактного производства. Очевидно, это следствие тех нормативных изменений, которые были приняты за последнее время для поддержки отечественных производителей. Сборка электронных изделий уже в значительной степени перенесена на отечественные площадки. Что касается печатных плат, здесь ситуация немного другая: стоимость изготовления данных изделий в Азии ниже, и поэтому локализация в этой области хотя и происходит, но медленнее.

Однако локализация – это в основном крупные проекты. У нас же значительную долю заказов составляют срочное прототипирование и малые серии. В этом секторе нашей сильной стороной является то, что мы позиционируем себя как универсальный производитель, поэтому даже если в какой-то нише происходит спад, он компенсируется ростом в другой области.

Еще одним нашим преимуществом, которое мы уже упоминали, является комплексность услуг, выполнение заказов под ключ, включая подготовку к производству, комплектацию, изготовление печатных плат, трафаретов, сборку и тестирование изделий.

Также мы видим интерес заказчиков к тому, чтобы «бесшовно» переходить от изготовления прототипов к серийному производству. Мы этот переход выполняем, по сути, бесплатно: не берем денег за подготовку к серийному производству, если уже выполняли подготовку к производству прототипа данного изделия. Это касается и печатных плат, и сборки. При необходимости передельваем трафарет для его установки в принтер на серийной линии.

Надеюсь, что это обоюдное движение в сторону комплексных заказов будет продолжаться и принесет пользу нашим заказчикам.

**Спасибо за интересный рассказ.**



**Комментирует генеральный директор  
ООО «АссемРус»**

**Евгений Игоревич Матов**

Наше сотрудничество с компанией «Резонит» началось в 2007 году, практически с момента создания ООО «АссемРус». Можно сказать, что мы росли вместе. Эта компания внимательно следит за развитием технологий, регулярно обновляет парк оборудования, иными

словами – идет в ногу со временем. На ее производстве можно увидеть в работе установки разных поколений, и то, что многие из них успеш-

но справляются со своими задачами долгие годы, указывает на правильный подход к выбору оборудования, внимание к его надежности.

В прошлом году «Резонит» обновил сборочное оборудование в своей флагманской линии на площадке в подмосковном поселке Зубово, и сейчас является обладателем самых современных автоматов установки компонентов компании Kulicke & Soffa, которые позволяют компании выполнять заказы практически любой сложности. В планах – запуск новой производственной площадки.

«Резонит» служит примером российского контрактного производителя, достигшего больших успехов и продолжающего свое развитие. Мы рады, что помогаем этой компании в достижении ее целей.