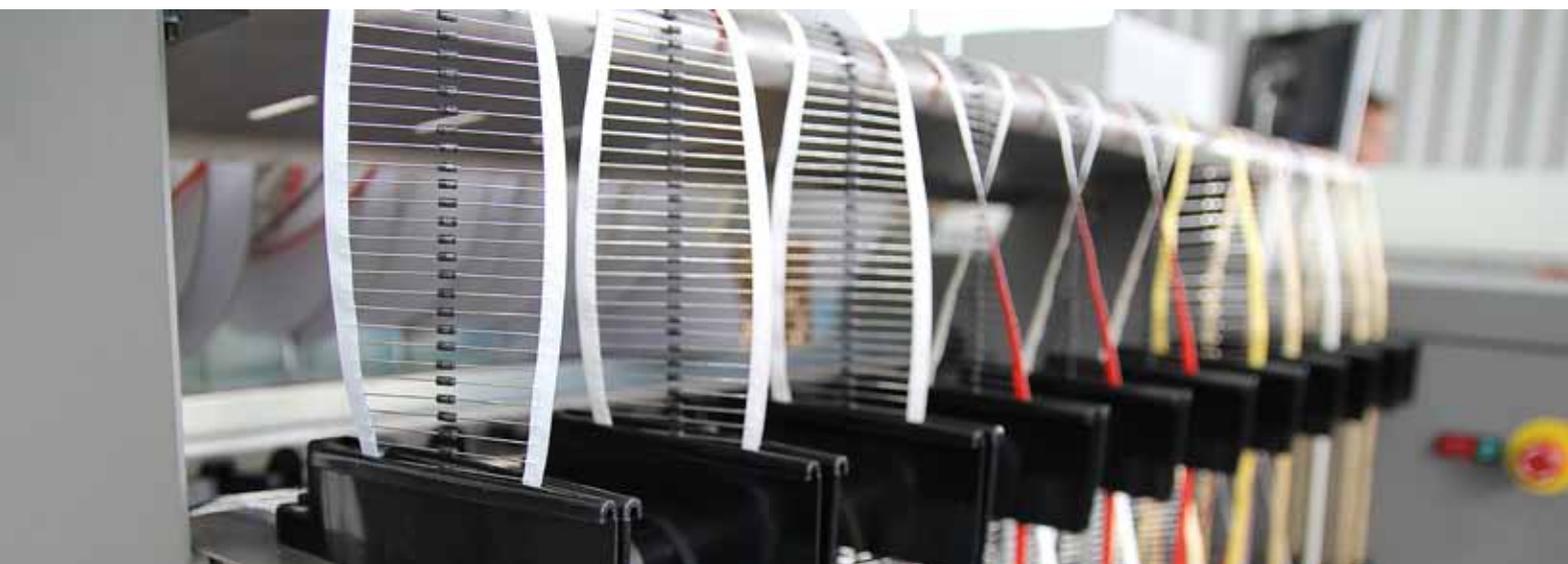


# ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ГИБКОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ

## ВИЗИТ НА ПЕТУШИНСКИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ЗАВОД



Началом истории Петушинского металлического завода можно считать январь 1913 года, когда российские промышленники И.М.Дрожжин и И.А.Ефремов основали в пос. Петушки токарно-столярную фабрику по производству деревянных шпυль. Сегодня Петушинский металлический завод (ПМЗ) – это производитель строительных и отделочные материалов, подвесных потолков, бытовых светильников, выпускаемых под торговой маркой Viromax, и офисных светильников "Люмсвет". Кроме площадки в Петушках площадью 19 га, предприятие имеет филиалы в г.Мытищи Московской области и в пос.Коченево Новосибирской области.

В том же 2007 году в партнерстве с компанией "Клевер Электроникс" предприятие начало освоение новой ветви производства – монтажа электронных изделий, установив на площадке в Петушках сборочные линии выводного, а позже и поверхностного монтажа на базе оборудования Universal. О том, как предприятие осваивало новое направление производства, что получилось в итоге, и о перспективах нам рассказывают технический директор ООО "ПМЗ" Олег Евгеньевич Наварро и руководитель отдела электронной аппаратуры Виктория Владимировна Лазарева.

### Олег Евгеньевич, почему возникла необходимость в собственном монтажном производстве?

**О. Наварро.** В самом начале, 15 лет назад, мы начали сборку люминесцентных светильников из покупных компонентов. Это было маленькое и несложное производство. Со временем оно стало расти, было решено диверсифицировать производство, в частности, начать изготовление металлических изделий – корпусов светильников. Так начался переход от сборки изделий из покупных компонентов к выпуску собственной продукции. Следующим шагом стало начало производства источников питания для люминесцентных ламп.

В 2007 году мы запустили первую линию автоматической сборки выводных компонентов. Из всего многообразия оборудования наш выбор пал на автоматические установщики компании Universal Instruments (США). Автомат Universal VCD Sequencer 8 показал себя с самой лучшей стороны. Эта первая автоматическая линия сыграла для предприятия роль "учебного центра" и позволила опробовать новые для нас технологические решения. После начала производства стало очевидно, что электронные преобразователи тока, которые были скопированы с китайских изделий, устарели и не отвечают современным требованиям. Кроме того, их себестоимость не позволяла конкурировать с импортной продукцией по цене.

В 2010 г. на предприятии были проанализированы допущенные просчеты и взят курс на создание гибкого электронного

производства, которое может выпускать все виды преобразователей тока для светотехнической промышленности. Вместо копирования была сделана ставка на собственные разработки, а в структуре предприятия создано специализированное подразделение по конструированию электронных приборов.

Качественно новый этап в развитии производства электронных изделий на ПМЗ связан с участием в реализации целевой программы Министерства образования и науки "Приоритетные направления развития науки и техники". В рамках этой программы были разработаны принципиально новые конструкции преобразователей тока для всех основных видов источников света: люминесцентных ламп, низковольтных галогенных ламп, газоразрядных ламп уличного освещения. Также были сконструированы блоки питания для светильников со светодиодными источниками света. Для отработки конструкторских и технологических решений и последующего запуска новых разработок в массовое производство в 2011 году мы приобрели еще один, более новый установщик аксиальных компонентов Universal VCD Sequencer 88, организовав две линии сборки. Одновременно в 2011 году мы закупили и установили линию поверхностного монтажа на основе новейшего в то время установщика Universal Advantis 3. В конце 2012 года у нас появился автоматический установщик радиальных выводных компонентов Univeresal Radial 88 Large Triple Span (LTC), а в 2013 году – еще одна линия поверхностного монтажа. Сейчас на предприятии действует комплексный производство, которое включает и поверхностный, и выводной автоматический монтаж. Оно строилось с учетом выпуска не только блоков питания, но и других изделий, в том числе светодиодных систем.

### Чем вы руководствовались, выбирая поставщика и оборудование для сборочных линий?

**О.Н.** В первую очередь мы ориентировались на производительность, так как партии наших изделий достаточно крупные.



Технический директор ООО "ПМЗ" О.Наварро



Руководитель отдела электронной аппаратуры ООО "ПМЗ" В.Лазарева

Трафаретный принтер GKG K3



На сегодняшний день это до 8 тыс. источников питания для люминесцентных и примерно 4–5 тыс. – для светодиодных светильников в сутки, в среднем выходит 200 тысяч изделий в месяц. Наше производство также должно быть гибким, так как номенклатура блоков питания растет – мы изготавливаем светильники разной мощности, которые требуют различных источников питания. Если сборочная линия гибкая, при ее переналадке для сборки другого изделия не теряется много времени.

При этом производственное оборудование должно быть надежным, рассчитанным на высокую загрузку и выпуск массовой продукции – цена простоя в случае поломки для нас очень высока. И поэтому очень важным было и наличие хорошей сервисной поддержки – компания, поставляющая оборудование, должна обеспечивать сервисное обслуживание и быть готовой быстро доставить запасные части и выполнить ремонт.

Мы посетили ряд предприятий России, США и Китая, в частности – китайские заводы компаний Philips и Osram. В результате наш выбор пал на оборудование компании Universal. Оно как нельзя лучше подходило под наши требования, обеспечивая и производительность, и гибкость. Вскоре после этого мы познакомились с поставщиком компании Universal в России – фирмой "Клевер Электроникс". Она и стала нашим основным партнером, поставив в общей сложности примерно 90% всего технологического оборудования, если считать в денежном эквиваленте.

Надо заметить, компания "Клевер" помогла нам не только поставками оборудования, но и советами по организации производства. Вместе с одним из ее руководителей А.Калмыковым я ездил на различные предприятия и в России, и в Китае, изучая производства и планируя собственное.

### Как именно в ПМЗ организована сборка электронных узлов?

Главное, на что мы обращали внимание при проектировании производства, – баланс производительности



Установщик  
Universal  
Advantis 3

линий, то есть равномерная загрузка оборудования и отсутствие простоев из-за того, что на каком-то участке производства работа уже закончилась, а на следующем еще нет. Простоев не будет, если производительность всех участков будет примерно одинакова. Разумеется, учитывали мы и основные принципы правильного планирования – прямоточность, параллельность и т.д.

Для достижения большей гибкости мы отказались от жестко сформированного конвейерного производства. Основные этапы сборки – SMD-монтаж, установка выводных компонентов, пайка волной и т.д. – выполняются на отдельных технологических участках. При такой организации производства изделия в процессе сборки перемещаются между участками, при необходимости накапливаясь в буферных зонах. В итоге оборудование всегда загружено работой и не простаивает.



Печь  
оплавления  
JT RS-800

Установщик  
аксиальных  
компонентов  
Universal VCD  
Sequencer 88



### Расскажите подробнее о сборочных линиях.

**В.Лазарева.** Сейчас на нашем предприятии установлено две линии поверхностного монтажа, одна из которых приобретена совсем недавно и вводится в эксплуатацию. Несмотря на то что оборудование этих линий одинаковое, их роль на нашем производстве будет разной: на одной будут собираться крупносерийные партии с малой номенклатурой (два-три изделия), другая же будет ориентирована на меньшие по объему,

но более разнообразные партии, в том числе на выпуск светодиодных светильников, модулей систем управления, экспериментальных изделий и т.п. Обе линии оснащены одинаковым оборудованием неслучайно: переналадка линии с одного изделия на другое занимает всего несколько десятков минут, и при аварийной остановке одной линии можно быстро перенести сборку изделий на другую.

Именно здесь и проявляются преимущества автоматов Universal. У нас установлены новейшие установщики Advantis 3 AC-30S с максимальной номинальной производительностью 34 400 комп./ч (22 600 комп./ч – по тесту IPC 9850), точность установки – 42 мкм при 3σ. Нам реально удалось добиться производительности до 25 тыс. комп./ч. Большое число питателей (144) позволяет загружать в автомат компоненты для нескольких изделий сразу, это существенно ускоряет переналадку линии. Интеллектуальные питатели последнего поколения Universal Gold Plus оснащены шаговым приводом и автоматической центровкой захвата. При работе



**Об участии компании "Клевер Электроникс" в создании и развитии производства ЗАО "ПМЗ", рассказал директор по продажам и сервисной поддержке Группы компаний "Клевер" Андрей**

**Владимирович Калмыков.**

Компания "Клевер Электроникс" стала не просто поставщиком оборудования для ПМЗ. Мы помогли и в разработке конфигурации производства, и в выборе оборудования. Так как основным требованием было обеспечение гибкости производства, мы предложили развязать технологические этапы сборки и контроля изделий. В России бытует мнение, что объединение всего оборудования в одну линию повышает степень автоматизации. Однако это верно лишь для крупносерийных (по мировым, а не российским меркам)

производств. Средне- и мелкосерийные производства должны быть прежде всего гибкими. Для достижения этой гибкости оборудование необходимо развязывать друг от друга, делать работу отдельных устройств максимально независимой, – разумеется, объединяя его в единый технологический цикл. Задача непростая, и тут важен правильный выбор оборудования.

### Как гибкость обеспечивается на уровне оборудования?

Первый фактор гибкости – это время перезарядки автомата, то есть перенастройки с одного изделия на другое. Гибкая платформа должна иметь высокую одновременную емкость по питателям. В монтажные автоматы Universal можно устанавливать от 144 до 268 8-мм питателей. Этого в большинстве случаев более чем достаточно. При переходе от одного изделия к другому питатели можно вообще не менять или же менять лишь малую их часть.

с мелкими компонентами критичным становится их люфт в кармане ленты – не зная точно положение компонента, его невозможно хорошо захватить. В питателях Gold Plus компонент притягивается к стенке кармана статическим зарядом, таким образом, захват точно знает, где искать компонент.

Кроме установщиков, в линии имеется автомат трафаретной печати K3 компании GKG. Он позволяет работать с платами размерами до 610×610 мм, что весьма полезно при сборке светодиодных систем. Печь оплавления RS-800 компании JT позволяет работать не только с паяльной пастой, но и с клеем. Последнее важно, если на плату устанавливаются не только поверхностно монтируемые, но и выводные компоненты, и предусматривается их пайка волной. Клей наносится на трафаретном принтере, в печи он полимеризуется, надежно фиксируя компоненты для последующей пайки волной.

После линии поверхностного монтажа платы в специальной таре перемещаются на участок выводного монтажа. Здесь установлены два установщика



Питатели установщика радиальных компонентов

аксиальных компонентов (Universal VCD Sequencer 8 и VCD Sequencer 88), а также установщик радиальных компонентов Universal Radial 88 LTC. Некоторые компоненты – транзисторы в крупных корпусах (типа TO-220), моточные изделия и т.д. – устанавливаются вручную, так как в автоматическом режиме это либо существенно дороже, либо слишком сложно.

После того как все компоненты установлены, платы отправляются в установку пайки волной ST-3000 компании TOLO. Она имеет спрейно-аэрозольный флюсователь и три зоны нагрева.

Второй фактор – это турельная головка. Она позволяет устанавливать компоненты от самого малого существующего на сегодня типоразмера 01005 до компонентов размером 32×32 мм. Таким образом, один автомат может собирать самые разные изделия с разнообразной номенклатурой. Кроме этого, турельные головки менее подвержены разным замедляющим факторам, чем головки с линейным расположением захватов. Рядная головка может развить максимальную скорость, если в ней одновременно задействованы все захваты. Турельная же работает со всеми изделиями с примерно одинаковой скоростью, без резкого снижения или повышения производительности при переходе с одного изделия на другое. Это позволяет сохранять баланс производительности всей линии.

Понятие гибкости обычно связывают с малой производительностью. Но в случае платформы Universal это весьма приятное сочетание, казалось бы, несовместимого.

#### Как организована техническая поддержка оборудования Universal?

У нас в штате есть три сертифицированных сервисных инженера по обслуживанию оборудования Universal – как для штыревого, так и для поверхностного монтажа. По всей России парк оборудования этой фирмы – около 120 машин, и трех инженеров вполне хватает. Конечно, нельзя сказать, что это оборудование не ломается вообще, но мы знаем, какие элементы наиболее подвержены поломкам, и всегда имеем на складе необходимые запчасти. В этом случае неисправности устраняются за один день, а если какой-то запчасти нет – она доставляется из-за границы в минимально возможные сроки.

Кроме этого, наши инженеры имеют сертификаты по обучению работе с оборудованием. Обучение производится на оборудовании заказчика непосредственно на производстве. ►►

Загрузка плат  
в установку  
пайки волной



Пайка производится по безотмывной технологии.

Для подрезки выводов после пайки мы применяли специальный станок, однако с появлением на производстве новых автоматов Universal необходимость в нем отпала, так как эти автоматы сами подгибают и подрезают выводы.

После пайки платы проверяются, и при необходимости выполняется ручная допайка. Далее собранные платы проходят функциональный контроль, после этого (если тест пройден успешно) они разделяются и отправляются на окончательную сборку изделия.

При изготовлении светильников мы используем сотни километров проводов. На отдельном участке установлено десять станков мерной резки и зачистки EcoStrip (Швеция). Эксплуатируются они очень интенсивно, поэтому мы регулярно проводим их планово-предупредительный ремонт, даже если нет никаких поломок. Благодаря этому станки работают безупречно.

### Почему вы не отказались полностью от выводного монтажа?

**О.Н.** При производстве блоков питания мы руководствуемся, прежде всего, их себестоимостью. Поэтому мы не стали заменять выводные компоненты, которые в SMD-исполнении стоят значительно дороже. Мы выбираем лучшее соотношение между ценой и качеством, и в зависимости от того, что нам на текущий момент выгодно, применяем либо поверхностный, либо выводной, либо ручной монтаж. Конечно, сейчас SMD-компоненты становятся все дешевле, но если бездумно все автоматизировать – можно получить очень дорогой и нерентабельный продукт.

### Технологию выводного монтажа многие считают устаревшей, однако она до сих пор не ушла с рынка. Почему?

Первый автомат для монтажа аксиальных компонентов я продал в 1995 году, и уже тогда эта технология считалась "умирающей". Однако время идет, но она до сих пор востребована, прочно обосновавшись в определенных нишах, – например, монтаж силовых компонентов большой массы и объема. И, как мы видим на примере ПМЗ, иной раз выводной монтаж выходит дешевле, чем поверхностный. Так что хоронить эту технологию рано.

### Вы комплектовали линии ПМЗ оборудованием как компании из США (Univesal), так и фирм из Юго-Восточной Азии – JT, GKG, TRI. Не приведет ли это к дисбалансу надежности?

Упомянутые фирмы, чьи имена не были известны еще 20 лет назад, сегодня успешно конкурируют с лучшими производителями

монтажного оборудования, в том числе и на европейском рынке. Дорожа репутацией компании "Клевер", мы бы не стали ввозить в Россию продукцию компаний, в которой полностью не уверены, несмотря ни на какую низкую стоимость. Продукция компаний JT, GKG, TRI полностью заслуживает доверия. Например, тайваньская фирма TRI (Test Research, Inc), которая выпускает тестовое оборудование, была создана в 1970 г. по программе развития электронной промышленности правительства Тайваня. Служба качества на заводе китайской компании JT не отличается от таковых на европейских и американских предприятиях, а менеджеры этой фирмы хорошо говорят по-английски и вполне компетентны. Для работы с заказчиками вне Китая фирмы JT и GKG имеют свои представительства в одном из мировых коммерческих центров – Сингапуре. Благодаря этому пропадает языковой барьер и становятся доступны и склады, и сервисные центры этих фирм.

### Насколько быстро устраняются поломки оборудования, если таковые возникают?

**О.Н.** Служба главного механика поддерживает постоянный контакт с сервисными инженерами поставщика. Незначительные вопросы они решают самостоятельно, и порой мы (то есть руководство) даже не знаем, что на производстве были какие-то проблемы. В более серьезных случаях, когда ломается то, что, казалось бы, не может сломаться никогда, запчасти всегда привозят очень быстро. Из Европы и Америки они доставляются за день-два, а из Азии – за три-четыре дня. Работая с буфером, мы можем ждать максимум неделю. Но еще не было случая, чтобы необходимые запчасти не прибыли в срок.

Более того, на первых этапах поставки оборудования специалисты "Клевер Электроникс" выполняют полное сопровождение оборудования, приезжая по нашему требованию и проводя необходимые работы по наладке и "притирке". Я не знаю другого поставщика, который осуществлял бы такой комплекс сервисных услуг и консультаций, прочем большая их часть бесплатна.

### Как организована закупка и контроль качества компонентов?

**О.Н.** Раньше мы пользовались услугами одного глобального дистрибьютора. Но у нас стали возникать претензии, в частности, к упаковке компонентов – ее качеству и параметрам. Например, расстояние между ячейками в ленте влияет на работу автоматических установщиков, для нас важна стабильность этого параметра. Поэтому мы решили искать прямых поставщиков компонентов, и для этого пришлось ездить и непосредственно знакомиться с производителями компонентов. На сегодняшний день наши прямые поставщики – несколько крупных предприятий из Китая, Тайваня и Ю.Кореи. Услугами этих фабрик пользуются крупнейшие производители электроники во всем мире, поэтому их репутация не вызывает сомнений. Мы продолжаем искать надежных поставщиков – и в России, и по всему миру. Например,



Участок ручной допайки

недавно в Индии я нашел интересные предложения по точным изделиям и печатным платам.

Все закупаемые нами компоненты проходят несколько этапов проверки: сначала непосредственно на заводе-изготовителе, где наш представитель проводит их выборочную проверку; непосредственно перед передачей на производство компоненты выборочно проверяются еще раз. По результатам проверок решается, запускать ли их в производство.

### Какие меры предпринимаются для обеспечения качества выпускаемой продукции в целом?

**О.Н.** О качестве мы стали думать еще на этапе создания нашего производства. Прежде чем устанавливать сборочные линии, мы создали для них чистые помещения, обеспечили защиту от пыли, статического электричества, правильный температурный режим. Например, фирма "Клевер Электроникс" поставила нам турникет, который просто не пропустит человека со статическим зарядом на одежде, не сняв его. На производственный участок работники допускаются только в антистатической одежде и обуви.



Смонтированная плата

Зона  
испытаний  
светильников



В процессе изготовления изделия несколько раз проходят проверку – технологическую, внутрисхемную и функциональную. Во время сборки печатных плат инженер выборочно проверяет правильность выполнения технологических операций (нанесение паяльной пасты, установка компонентов и т.д.). Таким образом исключается человеческий фактор – устраняются ошибки типа неправильной заправки ленты с компонентами и пр.

В ближайшем будущем все собранные платы будут проходить через систему автоматической оптической инспекции TR7530DT тайваньской компании TRI. Установка АОИ не входит в сборочную линию, что вписывается в нашу концепцию разделенных линий, повышает гибкость производства и выравнивает баланс загрузки оборудования. Вскоре для тестирования собранных плат мы начнем применять внутрисхемный тестер TR5001 компании TRI с матрицей игольчатых пробников сверху и снизу. Матрицы с пробниками изготавливаются для каждого изделия, для тестопригодности на печатных платах предусматриваются специальные контактные площадки.

Все готовые изделия перед поступлением на склад проходят функциональный

контроль. Прежде всего, выполняется самый простой тест – источник питания подключают к светильнику и смотрят, зажигается он или нет. Это самый лучший тест для блоков питания светильников. Выборочно проводится полный цикл испытаний – на пиковые и переменные нагрузки, повышенное напряжение, ресурс и т.д. В ближайшем будущем планируется также выполнять контроль характеристик изделий, например коэффициента пульсации выходного напряжения в блоках питания, проводить климатические испытания. Это позволит нам не просто обнаруживать дефекты, но и анализировать причины их появления и тоньше контролировать качество изделий. Сейчас вместе с "Клевер Электроникс" мы закупаем и устанавливаем оборудование для проведения таких проверок.

Благодаря всем этим мерам мы можем выпускать хорошую, качественную продукцию, применяя не самое дорогое сырье. Ведь проще всего сделать хороший, но дорогой продукт – достаточно закупить самые лучшие компоненты и собрать устройство с функцией самотестирования. Но гораздо сложнее разработать и выпустить недорогие и в то же время функциональные и качественные изделия. Это возможно лишь при высокой культуре производства и наличии гибкого, надежного и мощного оборудования.

### Где вы набирали персонал для нового производства?

**О.Н.** Все сотрудники производственной площадки в Петушках – местные. Конечно, у нас были проблемы с поиском квалифицированных кадров – и рабочих, и инженеров. Мы собирали сотрудников, можно сказать, по крупицам, отбирая самых лучших. Порой мы брали студентов из вузов ближайших городов (Владимир, Тверь) и обучали их уже у себя. Мы даже готовы брать специалистов с непрофильным техническим образованием и обучать их работе на нашем предприятии. Главное для нас – это светлые головы, а применение для них мы найдем.

Могу сказать, что по сравнению с другими цехами нашего производства у нас самая низкая текучесть кадров.

Светодиодный  
светильник  
BerryLight



Но с инженерами-разработчиками здесь, в Петушках, дела значительно сложнее, поэтому группа разработки новых изделий находится в Мытищах.

### Кроме источников питания, какие изделия вы планируете выпускать?

**О.Н.** Месяц назад мы начали производство светодиодных светильников под торговой маркой BerryLight. Мы разработали светильник, аналогов которому нет на рынке. В нем применяются светодиоды компании Nichia, которые обеспечивают очень комфортное освещение. Светильник может быть и подвесным, и встраиваемым, и накладным, имеет модификации с разными цветовыми температурами и рассеивателями. Он создан полностью на нашем заводе, за исключением рассеивателя – их мы пока покупаем, но в будущем будем и их изготавливать самостоятельно. Мы планируем расширить производство светодиодных светильников, выделив для этого отдельное помещение, благо имеющиеся площади это позволяют.

Также мы готовим производство модулей автоматической системы управления освещением, которыми мы будем комплектовать наши светильники. На сегодня мы разработали устройство ручного управления (диммер) и автоматическую систему включения/выключения с датчиком освещенности. Создано программное обеспечение, с помощью которого можно будет программировать работу этих систем и управлять освещением, например, на предприятии или в учреждении.

Эти изделия сложнее источников питания, которые мы собирали до этого, – в них применяются больше микросхем и других компонентов в SMD-исполнении. Но для нашего оборудования это не проблема. Уже была выпущена опытно-промышленная партия, и сейчас мы проводим оптимизацию этих изделий.

### Чем ваша продукция отличается от массовых изделий китайского производства?

**О.Н.** Наша основная цель – разработать и произвести продукцию, приспособленную к российскому рынку. Очевидно, что



Антистатический турникет и автомат для надевания бахил

напрямую конкурировать с китайскими фабриками равносильно самоубийству, поэтому наши изделия должны иметь некоторые особенности – "изюминки", интересные отечественному потребителю. Наш цикл производства – полный, то есть мы изготавливаем светильники, начиная с металлических заготовок из рулонных материалов для основания, отражателя, пластиковых деталей и т.д. до готового изделия с блоком питания, упакованного в коробку. Поэтому мы можем предложить, например, светильники или блоки питания с какими-то особенными, необходимыми заказчику характеристиками, под конкретный проект (особая форма отражателя, корпуса и т.д.). Электромагнитные пускорегулирующие устройства, которые уже устарели и практически не производятся, до сих пор востребованы в России – мы производим светильники и с такими устройствами.

Кроме этого, поставки блоков питания из Китая – процесс долгий, вся логистика может занять два месяца. Вместо них мы предлагаем блоки питания нашего производства, которые имеются на складе и могут быть отгружены покупателю в течение нескольких дней. Мы хотим конкурировать с поставщиками систем освещения, прочнее обосноваться на рынке светильников и предлагать свои разработки вместо китайских.

### Большое спасибо за интересный рассказ.

С.О.Наварро, В.Лазаревой и А.Калмыковым  
беседовали И.Шахнович и М.Шейкин