

# Отечественное оборудование для полного цикла мелкосерийного SMD-монтажа

**Положение дел, сложившееся в стране в результате введения санкций и существенного ослабления национальной валюты, оказывает серьезное давление на реальное производство, в том числе и на производителей электроники. Удвоение рублевой стоимости зарубежного технологического оборудования и материалов в очередной раз поставило страну перед проблемой неэквивалентного обмена. Теперь за выручку от продажи внезапно подешевевшего сырья придется закупать резко подорожавшее оборудование.**

**Алексей Курносенко  
Евгений Шулика**

**Импортозамещение в железе,  
а не на бумаге**

Провозгласив политику импортозамещения, решить проблему производства технологического оборудования в одночасье не представляется возможным. Даже с привлечением серьезных ресурсов не получится с наскока взять высокую планку современного технического уровня и качества, которого зарубежные разработчики и производители высокотехнологичного оборудования заслуженно достигли за десятилетия кропотливой деятельности, пошагово переходя на каждый новый качественный уровень.

Вместе с тем фирмам, создающим новые рабочие места в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства, есть что выбрать, если приглядеться к тем немногочисленным компаниям, которые производят сборочное оборудование непосредственно в России, а не клеют своим логотипом продукцию, произведенную в других странах.

Среди них наиболее выигрышно смотрятся те компании, которые в состоянии предложить заказчику полную линейку технологического оборудования, способную охватить весь техпроцесс ручного монтажа прототипов и сборки мелкосерийной продукции. Характерным примером является НТФ «Техно-Альянс Электроникс», выпускающий оборудование под маркой ТЕРМОПРО.

За 14 лет присутствия на рынке поверхностного монтажа компания добилась существенных успехов в деле оснащения оборудованием отечественной разработки, а качество и сервис ТЕРМОПРО смогли по достоинству оценить сотни предприятий всех форм собственности из предприятий оборонно-промышленного комплекса и гражданских отраслей российской экономики.

## Оборудование ТЕРМОПРО

В настоящее время линейка оборудования ТЕРМОПРО стала самодостаточной технологиче-

ской экосистемой, обеспечивающей полноценный и высококачественный монтаж всех видов SMD-компонентов на печатные узлы любой сложности. Это оборудование обеспечивает весь набор операций мелкосерийного производства и ремонта электронных сборок:

- нанесение паяльной пасты на контактные площадки;
- ручная установка SMD-компонентов на плату, начиная с типоразмера 0402;
- пайка оплавлением с автоматическим соблюдением заданного термопрофиля;
- установка BGA-компонентов и микросхем с малым шагом на посадочное место с применением видеопозиционирования;
- автоматическая пайка BGA-компонентов на плату по термопрофилю.

Для перечисленных операций разработано и выпускается в России следующее оборудование:

- дозаторы паяльной пасты и прочих технологических материалов;
- ручной установщик SMD-компонентов и питатели для хранения компонентов на рабочем месте монтажника;
- вакуумные пинцеты;
- камерные печи и термостолы;
- установщик BGA-компонентов с видеопозиционированием;
- инфракрасная система пайки BGA-компонентов;
- трехканальный измеритель термопрофилей;
- импульсная паяльная станция для работы с проводами и многорядными разъемами и пр.;
- трафаретные принтеры.

Оборудование изготавливается с применением высококачественных комплектующих, обеспечивается трехлетней гарантией и развитой сервисной поддержкой производителя. Чтобы полнее ознакомить читателей с предлагаемыми решениями, в данной статье выполнен краткий обзор выпускаемого компанией НТФ «Техно-Альянс Электроникс» технологического оборудования в соответствии с операциями техпроцесса.



Рис. 1. Дозаторы прецизионной серии ND-350



Рис. 2. Дозаторы универсальной серии ND-35

### Нанесение паяльной пасты на контактные площадки

В условиях мелкосерийного производства и ремонта данную операцию экономически целесообразно выполнять с помощью ручного дозирования материалов при использовании полуавтоматического оборудования из стандартных промышленных шприцев объемом 3, 5, 10, 30, 55 мл. Пользователям ТЕРМОПРО доступен широкий модельный ряд пневматических дозаторов. Дозирование может осуществляться в одном из пяти или семи режимов, а также по одной из восьми программ. Отдельные модели дозаторов обеих серий оснащены встроенными вакуумными пинцетами с насадками для работы с различными по размерам SMD-компонентами. Рабочий ресурс дозаторов составляет не менее 40 млн доз.

Дозаторы прецизионной серии ND-350 (рис. 1) обеспечивают точное нанесение мел-

козернистой паяльной пасты типов 5, 6 через насадки диаметром 0,15–0,2 мм, когда требуется обеспечить повышенную повторяемость при микродозировании на контактные площадки микросхем с малым шагом выводов.

Для существенного улучшения характеристик и высокой повторяемости малых доз объемом до  $1,2 \times 10^{-9}$  л в дозаторы прецизионной серии установлены высокопроизводительные пневмораспределители с нормированным временем переключения, подключена система накопления энергии, обеспечивающая высочайшую скорость подачи пневмоимпульса в шприц. Дозаторы ND-350 комплектуются безгистерезисным регулятором давления и манометром повышенного класса точности, а также автономной регулируемой системой генерации вакуума с вакуумметром.

Дозаторы универсальной серии ND-35 (рис. 2) позволяют дозировать обычную па-

яльную пасту типов 4, 3, а также другие технологические материалы, такие как флюсы, герметики, клеи, смазки.

### Установка SMD-компонентов

Установка SMD — это ювелирная работа, облегчить которую поможет специальный органайзер — модульный установщик компонентов SMP-330 (рис. 3).

Установщик оснащен монтажным столом, который одновременно фиксирует плату и обеспечивает скользящую опору для руки радиомонтажника, защищая нанесенную паяльную пасту и уже установленные компоненты от случайного касания.

Благодаря хранению электронных компонентов в непосредственной близости от печатной платы в специальных питателях, производительность труда существенно возрастает. Исправность компонентов гарантирована соблюдением всех требований по антистатической защите. Металлические питатели для оснащения установщика можно выбрать в зависимости от способа упаковки компонентов. Возможна подача компонентов из лент шириной 8, 12, 16 мм на катушках или из обрезков лент. Хранение компонентов из россыпи осуществляется в карусельных питателях.

Оснащение рабочего места установщиком SMP-330 и дозатором одной из описанных выше серий (ND-35 или ND-350) позволяет на одном рабочем месте наносить паяльную пасту или адгезив, а также удобно устанавливать компоненты при помощи регулируемого вакуумного пинцета.

### Установка BGA-компонентов и микросхем с малым шагом выводов

Для решения сложной задачи, которой является ручная установка на печатную плату микросхем с малым шагом, реализована видеосистема позиционирования BGA-компонентов ВП-750.3 на базе USB-видеокамеры высокого разрешения (рис. 4).

Конструкция и программное приложение видеосистемы очень просты в использовании.

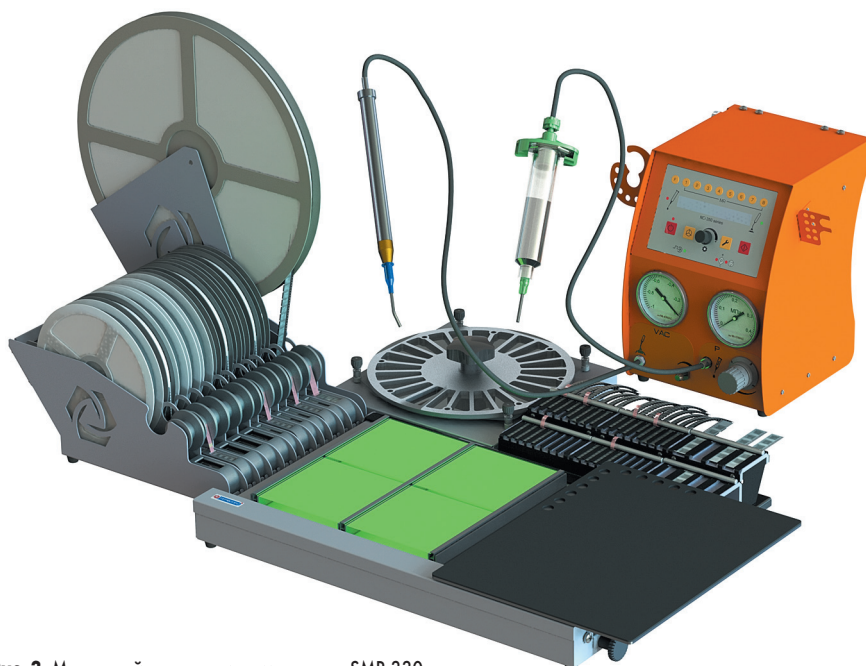


Рис. 3. Модульный установщик компонентов SMP-330



Рис. 4. Видеосистема позиционирования BGA-компонентов ВП-750.3



Рис. 5. Профессиональный ИК ремонтно-паяльный центр ТЕРМОПРО ИК-650 ПРО

Работа оператора сводится к отметке на экране характерных точек и визуальному совмещению контура BGA с контуром посадочного места при помощи микрометрических винтов.

Интеграция видеосистемы с инфракрасной паяльной станцией для пайки BGA ИК-650 ПРО обеспечивает более высокую производительность работы, позволяя производить операцию автоматической пайки BGA по термопрофилю и одновременно осуществлять совмещение BGA с посадочным местом на следующей плате. Для этого видеосистема дополнительно оснащается транспортировочной системой для плавного перемещения печатной платы из позиции совмещения в позицию пайки.

#### Пайка BGA-компонентов

При пайке на плату BGA-компонентов или многовыводных микросхем предъявляются

наиболее высокие требования к управлению техпроцессом. Большая площадь корпуса микросхемы, несколько сотен выводов с малым шагом и различия в ТКР материалов корпуса и печатной платы не оставляют места для экспериментов. Ситуация еще больше осложняется при пайке широкоформатных печатных плат, особенно склонных к термическим деформациям. Качество такой пайки можно обеспечить только в рамках контролируемого процесса предварительного нагрева, пайки и охлаждения при точной отработке заданного термопрофиля, несоблюдение которого неизбежно приведет к появлению у готовой сборки ряда характерных дефектов.

Для решения этой задачи предлагается профессиональный инфракрасный ремонтно-паяльный центр ТЕРМОПРО ИК-650 ПРО (рис. 5), в котором используется проверенная технология длинноволнового ИК-нагрева.

Среди ключевых преимуществ паяльного центра ИК-650 ПРО можно выделить такие как:

- Модульность и гибкость. Изделие состоит из блоков, а наращивание функционала достигается заменой термостолов разных размеров, терморегулятора, добавлением воздушного охладителя, вакуумного пинцета, видеокамеры, видеосистемы позиционирования и других приспособлений.
- Точная отработка термопрофиля. Обратная связь с помощью термодатчика, установленного на печатной плате, обеспечивает отработку термопрофиля пайки BGA с автоматической коррекцией температуры нагревателей «на лету». В итоге получаем гарантированный и повторяемый результат.
- Возможность пайки больших плат. ИК-650 ПРО особенно хорошо подходит для работы с широкоформатными платами, обеспечивая равномерность нагрева и произвольный доступ к любому размещенному на плате компоненту.
- Собственное программное обеспечение «ТЕРМОПРО-ЦЕНТР». Оно позволяет осуществлять многофункциональное компьютерное управление системой в автоматическом или ручном режимах, а также видеоконтроль процесса пайки.
- Надежность и функциональность. Примененные в конструкции станции решения реализуют принцип разумной достаточности. Комплексная интеграция с видеопозиционером ВП-750.3 представляет существенный интерес для производственных предприятий, которым требуется доступное оборудование для пайки BGA без переплаты за именитый бренд.
- Сертификация. Все модули центра сертифицированы как паяльное оборудование согласно ГОСТ РФ.

#### Пайка оплавлением и подогрев печатных узлов

Технология ТЕРМОПРО обеспечивает подогрев печатных плат быстро, равномерно и безопасно. Для этих целей выпускается модельный ряд термостолов с различными габаритами рабочей поверхности. Большая удельная мощность, приходящаяся на единицу рабочей площади термостола, а также эффективная теплозащита обеспечивают направленный нагрев, быстрый выход на рабочую температуру и, соответственно, быстрый разогрев плат.

Термостолы (рис. 6) также эффективно используются для реболинга шариковых выводов BGA-компонентов, предварительного нагрева подложек кристаллов перед разваркой выводов кристаллов проволокой по технологии Chip-on-Board, подогрева керамических компонентов и фотоэлементов, термоотверждения клея для присоединения кристаллов.

Термостолы комплектуются несколькими моделями регуляторов температуры.

Некоторые из них оснащены термодатчиками на основе платиновых пленочных элементов. Наличие датчика позволяет точно контролировать температуру нагреваемого объекта, а при необходимости вывести





Рис. 6. Термостолы с различными габаритами рабочей поверхности

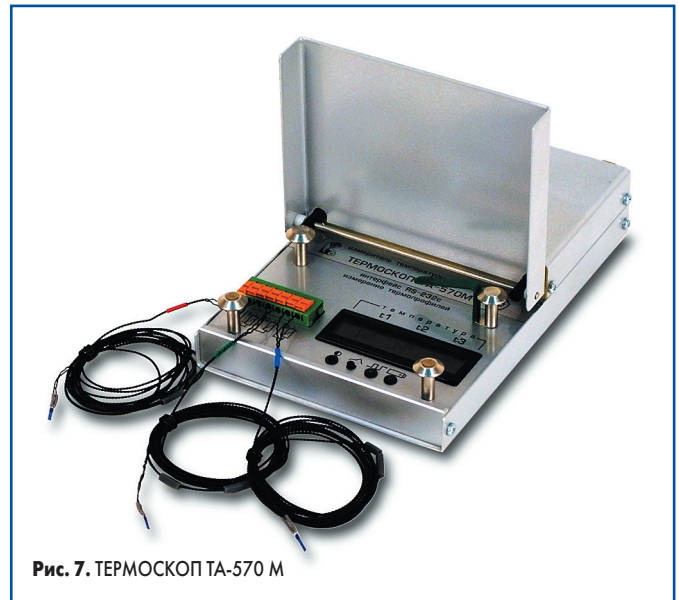


Рис. 7. ТЕРМОСКОП ТА-570 М

на экран компьютера график нагрева или нагревать объект по заданному термопрофилю. Весь этот функционал обеспечивает входящее в комплект поставки программное обеспечение «ТЕРМОПРО-ЦЕНТР», а увеличить число точек контроля температуры можно подключив сертифицированное трехканальное средство измерения ТЕРМОСКОП ТА-570 М (рис. 7). Измеритель ТА-570 М также очень удобен при отладке термопрофиля пайки в камерных и конвейерных печах оплавления.

Подогреватели плат ТЕРМОПРО не хуже конвейерных печей справляются с задачей пайки оплавлением паяльной пасты на мелкосерийном производстве или даже на столе разработчика. Хорошие результаты на многих российских предприятиях показала технология контактной групповой пайки плат непосредственно на термостоллах. Система обратной связи по температуре печатной платы обеспечивает автоматическую пайку компонентов на паяльную пасту по термопрофилю практически без отладки.

#### Пайка светодиодных модулей

Неуклонный переход на светодиодное освещение и индикацию вызывает соответствующий рост спроса на светодиодные модули. Понятен интерес производителей к оборудованию, способному без больших затрат и с высокой повторяемостью производить качественный монтаж светодиодов как на длинномерные алюминиевые платы, так и на текстолитовые.

Такое оборудование позволяет осуществлять мелкосерийное производство и ремонт светодиодных модулей на собственных производственных мощностях. В линейке технологического оборудования ТЕРМОПРО, предлагаемой производителям светодиодной техники, такой класс систем представлен камерной печью LED-580 (рис. 8), не имеющей аналогов на российском рынке.

Печь предназначена для групповой пайки оплавлением длинномерных светодиодных линеек и ориентирована на мелкосерийное и опытное производство. Печь оплавления компактна, доступна и в большей степени со-

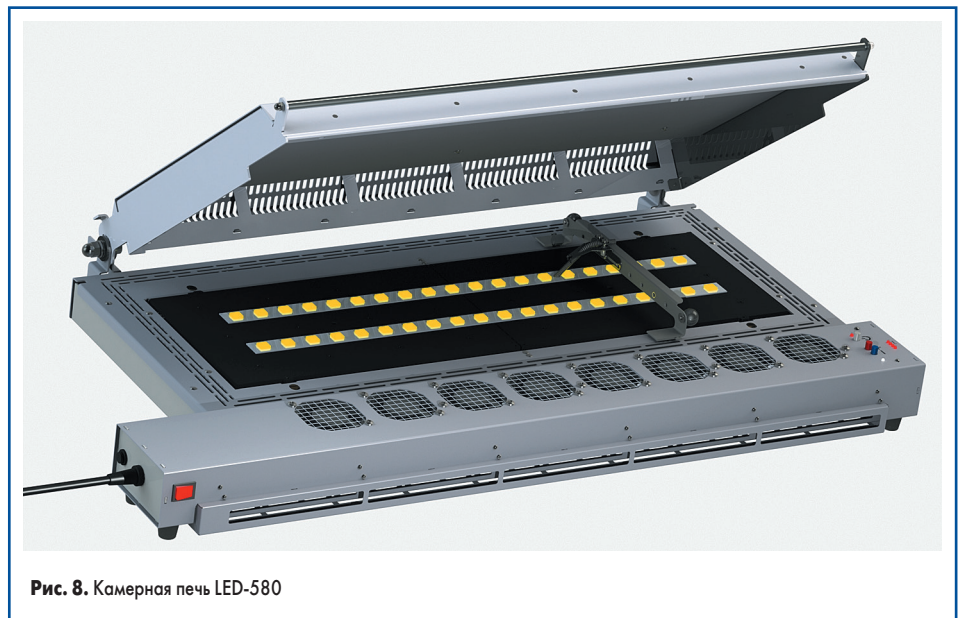


Рис. 8. Камерная печь LED-580

гласуется по производительности с установкой светодиодов ручным способом либо при автоматической установке с малой производительностью. Цикл оплавления в данной печи занимает примерно 10 мин.

Особенности конструкции и управления печи LED-580 направлены на реализацию специфических требований, предъявляемых к пайке светодиодных модулей:

- Камера нагрева имеет вытянутую форму 580×180×35 мм.
- Нагрев производится снизу, без воздействия мощного ИК-излучения на верхнюю сторону. При этом минимизируется негативное воздействие высокой температуры на люминофор светодиода и на белую маску печатной платы.
- Обеспечивается равная скорость прогрева по всей площади. За счет обратной связи точность поддержания температуры в точке установки термодатчика не хуже  $\pm 2$  °C.
- Реализован достаточный запас по мощности и направленный в сторону платы тепловой поток, а камера нагрева снабжена зеркальным теплоотражающим экраном на внутренней стороне крышки.

Вышеперечисленное обеспечивает уверенную обработку заданного термопрофиля по всей длине паяемого изделия, а зона охлаждения формируется при помощи встроенных автоматически регулируемых вентиляторов. Все управление печью осуществляется приложением «ТЕРМОПРО-ЦЕНТР».

При необходимости можно перейти на ручное управление и произвести замену светодиодов с предварительным равномерным подогревом светодиодных линеек с открытой крышкой.

#### Пайка термочувствительных компонентов, работа с проводами и многорядными разъемами

Благодаря возможности управлять скоростью нагрева импульсная паяльная станция ФРЦ-150 с успехом применяется для выполнения операций, недоступных для традиционных паяльников: монтажа/демонтажа термочувствительных электронных компонентов, например керамических конденсаторов, ферритовых деталей и операций при работе с проводами (рис. 9).

Импульсный принцип пайки основан на быстром нагреве металлического рабоче-



Рис. 9. Импульсная паяльная станция ФРЦ-150

го инструмента при протекании через него электрического тока. Длительность импульса тока и отдаваемая в инструмент мощность, за счет которой меняется скорость нагрева, задается оператором, а затем отслеживается цифровой системой управления. До и после подачи импульса инструмент находится в относительно холодном состоянии. Таким образом, можно поднести к точке пайки холодный инструмент и, подав импульс тока с заданной мощностью, произвести нагрев с необходимой скоростью.

Для демонтажа и пайки в комплект поставки станции могут входить разные инструменты ТЕРМОПРО. Например, двухконтурный

импульсный термопинцет предназначен для пайки мелких компонентов (резисторы, конденсаторы, индуктивности, корпуса SOT23 и микросхемы с габаритами до 4 мм), а импульсный паяльник — для пайки отдельных выводов.

Среди технологических операций работы с проводами и кабелями одна из самых распространенных — зачистка изоляции. Зачистка проводов режущим инструментом на многих предприятиях запрещена. При зачистке раскаленными докрасна «обжигалками» на изоляции образуется нагар, а тонкие медные жилы окисляются вследствие перегрева. Эта проблема особенно остро проявляется

при работе с проводами в термостойкой фторопластовой изоляции типа МГТФ или МС.

Для решения задач бережной зачистки проводов предлагается использовать паяльную станцию ФРЦ-150 (рис. 9), оснащенную импульсным съемником изоляции. Благодаря контролируемому нагреву притупленных ножей до температуры, лишь немного превышающей температуру плавления изоляции, перестает гореть материал изоляции, отсутствует перегрев медных жил, уменьшается вредное задымление.

При пайке и ремонте многовыводных разъемов с применением обычного паяльника легко повредить изоляцию соседних проводов. Задача существенно упрощается, если для этого воспользоваться одноконтурным термопинцетом в комплекте со станцией ФРЦ-150. Во время пайки холодными наконечниками захватывают непосредственно металлический контакт разъема, через который проходит ток, быстро нагревая его. При этом наконечники пинцета нагреваются гораздо медленнее, что благоприятствует безопасности окружающих проводов.

## Выводы

Сегодня, когда экономическая ситуация и требования по импортозамещению побуждают руководителей вкладывать средства с большей осмотрительностью, разумно сделать ставку на проверенные решения отечественных производителей, в меньшей степени зависящих от колебаний валютных курсов, санкций и прочих факторов.