



# ERSA для бессвинцовой пайки сегодня и завтра

**Европейская «анти-свинцовая» директива RoHS не распространяется на многие приложения (медицинские, аэрокосмические, военные и т. п.), охватывая по сути лишь потребительскую электронику — как раз ту, которая массово производится за рубежом и почти не производится в России на экспорт. В обозримой перспективе «бессвинцово-ремонтные» и «бессвинцово-опытные» работы обречены в нашей импортирующей стране доминировать над «бессвинцово-серийными». Ремонт сложной электроники — если он экономически выгоднее замены брака, — уже сегодня требует весьма совершенного паяльного инструмента. На волне бессвинцовой технологии возрастает роль (а заодно и цена) паяльного оборудования Hi-Tech.**

**Виктор Новоселов,  
к. т. н.**

[www.ersa.ru](http://www.ersa.ru)

## Бессвинцовая пайка в переводе на наши деньги

Этот параграф не следует понимать как официальную точку зрения немецкой фирмы ERSA GmbH. Для европейцев время дискуссий о целесообразности бессвинцовой пайки осталось в прошлом: теперь это факт, который необходимо учитывать в бизнесе, если не хочешь стать аутсайдером. Более того, если метишь в лидеры, то приходится во весь голос заявлять о себе как о разработчике оборудования, материалов и технологий бессвинцовой пайки. Отныне таково непереносимое условие процветания западных производителей, хотя задача перехода к бессвинцовой технологии была сформулирована в кругах, весьма от них далеких, и вызывает множество вопросов о технической и экономической целесообразности. За удовольствие стать действительными (тем более, почетными) членами клуба бессвинцовых паяльщиков производителям электроники предложено внести «добровольные» пожертвования: сначала закупить соответствующее оборудование, а затем регулярно покупать более дорогие паяльные материалы и прочие атрибуты бессвинцового производства. Логично предположить, что дополнительные инвестиции производителей отразятся на потребительских ценах товаров для покупателей. В итоге за бессвинцовую кампанию расплатятся именно те граждане, которые не имеют отношения к зарождению инициативы и даже к ее обсуждению: такова уж судьба глобальных проектов.

Технологические аспекты, связанные с переходом на бессвинцовую пайку, великолепно изложены в статье профессора Медведова [1]. Добавлю кое-что из известной мне коммерческой стороны дела. Фирма ERSA как производитель паяльных печей для массового производства РЭА имела в прошлом году рекордный объем продаж за всю свою историю бла-

годаря ажиотажу вокруг бессвинцовой технологии. Для Европы, Японии, США, а также подконтрольных им производственных мощностей в разных частях света вопрос технологического обновления предрешен: производители массовой электроники вынуждены потратиться на новое оборудование, хотя многие стонут, что в этом не было необходимости. Но политика взяла верх. Она сработала на руку наиболее подготовленным производителям машин и материалов, а также электронных компонентов, печатных плат и всего, что так или иначе должно быть модифицировано под бессвинцовую технологию. Разумеется, в выигрыше и продавцы. В итоге цены поднимутся у всех участников «бессвинцовой акции», способных на внушительные инвестиции, а неготовые к симметричным вложениям более слабые компании (между прочим, и страны) отстанут от лидеров еще больше. Технология — это продолжение политики. А что же в России? Стоит ли поголовно вкладывать весомые средства в переоснащение производств, спешно и безоговорочно следуя приказу «В строй бессвинцовых — становись!», если приказ адресован не нам? В данный момент у российских производителей пространство для маневра шире, чем у их европейских коллег — в силу того, что львиная доля российской продукции идет на внутренний рынок, а экспортируемая продукция специального назначения не попадает под «анти-свинцовые» ограничения. Поэтому есть возможность подойти к вопросу более взвешенно с точки зрения интересов и возможностей каждого конкретного предприятия. Этот призыв к размышлениям я адресую именно производящим предприятиям, тогда как ремонт бессвинцовой электроники (импортной или российской) придется осуществлять в любом случае. Поэтому ремонтникам остается размышлять лишь над тем, какой инструмент отвечает современным требованиям.

### Бессвинцовый вызов ремонтным системам Hi-End

Температурный диапазон бессвинцовой пайки располагается на 30–40 °C выше традиционного для оловянно-свинцового сплава. Из этого следует, что для предотвращения термодеструкции электронных компонентов температура пайки должна отслеживаться с большей точностью, а процесс пайки строго контролироваться по времени. В таком плане бессвинцовая тенденция работает «на руку» инфракрасным ремонтным системам BGA и оставляет меньше шансов термовоздушным. Равномерность нагрева корпуса BGA при пайке является критическим фактором: для получения безупречного результата все выводы BGA должны оплавляться одновременно и в равной степени.

Напомним, что предметом соперничества конкурирующих подходов (соответственно, поставщиков) является качество пайки, а объективным мериллом качества для современной паяльно-ремонтной станции является возможность эффективной работы с корпусами BGA всех разновидностей.

Применительно к локальной пайке BGA конкурируют два подхода: инфракрасный (бесконтактный нагрев излучением в диапазоне длин волн 2–8 мкм) и термовоздушный (использование воздушной струи как переносчика тепла от нагревателя к корпусу микросхемы). В принципе, оба подхода уходят корнями в соответствующие технологии групповой пайки в печах оплавления, однако задача ремонтной пайки совершенно иная по своей природе: если печь должна обеспечивать равномерный нагрев всей платы, то ремонтная установка — локальной зоны, да так, чтобы соседние элементы не подвергались термическому воздействию.

Наилучшим решением для групповой пайки по мнению фирмы ERSA (производителя паяльных печей с 45-летним стажем) являются конвекционные печи. Напротив, оптимальным инструментом для ремонтных операций с BGA фирма ERSA считает инфракрасную установку. Почему так? Инфракрасный подход имеет уязвимое место (степень нагрева зависит от отражающей способности объекта), зато он концептуально не отягощен борьбой с законами газовой динамики: с помощью воздушной струи невозможно обеспечить идеальный равномерный нагрев плоскости корпуса BGA в малом объеме воздушного сопла, ибо в местах первоначального контакта воздушной струи с корпусом температура всегда выше, чем зонах оттока.

Из уст продавцов термовоздушных систем можно услышать, что, мол, никакой струи нет, воздух в сопле практически неподвижен, а завихрения — досужий вымысел, поэтому нагрев корпуса BGA осуществляется равномерно. Отдавая должное полемической изощренности коллег, продавцы инфракрасных систем отвечают на это школьным знанием законов физики: если воздух в сопле неподвижен, то он не выполняет задачу переноса тепла от нагревательного элемента к корпусу

микросхемы. Нетрудно догадаться, каковы могут быть последствия неравномерного нагрева при бессвинцовой пайке: избыток тепла чреват термошоком компонента, а недостаток тепла — непрочностью холодной пайки.

Ремонтники дешевой потребительской техники не имеют мотивации к гарантированному исключению подобных дефектов и борьбе за многолетнюю безотказность изделий: отремонтированному мобильному телефону в любом случае осталось служить недолго до смены его на новую модель. Иное дело — ремонт дорогих систем для специальных приложений: там вопрос качества встает в полный рост.

### Пять причин, почему ERSA ставит на инфракрасное

Каким должен быть ремонтный центр для работы с изделиями высокой сложности — от карманных коммуникаторов до компьютерных серверов? Экспертов Boeing, IBM или Intel трудно заподозрить в устности кругозора или недостатке финансирования. Руководствуясь опытом и здравым смыслом, десятки транснациональных корпораций и тысячи менее крупных фирм по всему миру выбрали ремонтные центры ERSA серии IR. Такой же инструмент можете использовать и вы, если оснащение рабочего места на уровне мировых стандартов отвечает технической политике и финансовым ресурсам вашего предприятия.

Пять аргументов в пользу инфракрасных систем ERSA IR для сегодняшних и завтрашних бессвинцовых приложений:

1. Непревзойденная равномерность локального инфракрасного нагрева (в отличие от термовоздушного), особенно критичная для бессвинцовой пайки BGA.
2. Точная и безопасная для чувствительных компонентов обработка термопрофиля программируемой системой IR550Aplus благодаря контуру обратной связи по тем-

пературе (применяется дистанционный инфракрасный или контактный сенсор) с параллельным контролем ограничительной температуры в произвольной точке платы (дополнительный термосенсор контактного типа).

3. Возможность визуального мониторинга процесса пайки в IR550Aplus в комплексе с видеосистемой PL550A (визуальный контроль принципиально невозможен в термовоздушных системах, где зона пайки закрыта воздушным соплом).
4. Универсальность и достаточность базовой комплектации IR550Aplus (не требуется покупать множество дополнительных сопел для разных компонентов, как в термовоздушных системах).
5. Возможность работы со сложнопрофильными компонентами (экранами, разъемами и т. п.), в том числе из термостойкого пластика, непосильными для сопел термовоздушной системы.

### Комбайн ERSA для бессвинцовой пайки: все включено

На рис. 1 показан антистатический паяльно-ремонтный центр ERSA IR550Aplus вместе с прецизионным видеоустановщиком и системой видеомониторинга пайки PL550A. Инфракрасный блок IR550Aplus предназначен для выполнения паяльных работ с программируемым термопрофилем, прежде всего BGA. Он включает мощные 800-ваттные верхний (с регулируемой апертурой) и нижний (с защитным стеклом или сеткой) инфракрасные излучатели, дистанционный и контактный термосенсоры, вентилятор верхнего охлаждения, лазерный указатель. Встроенный контроллер обеспечивает исполнение термопрофиля и связь с компьютером. Станция IR550Aplus способна работать автономно (без компьютера), однако при наличии компьютера с программой IR Soft 3.0 комфортность и функциональные воз-

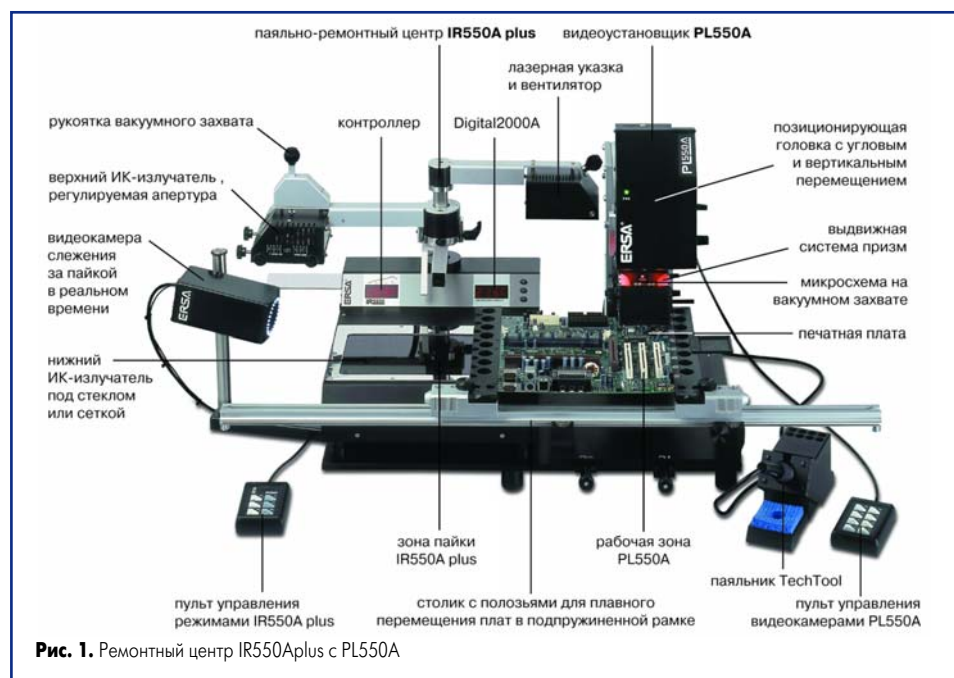


Рис. 1. Ремонтный центр IR550Aplus с PL550A



можности системы значительно возрастают за счет графического интерфейса и отображения параметров процесса пайки на мониторе.

Размеры рабочего поля верхнего излучателя составляют 60×60 мм, нижнего — 135×260 мм. Обеспечена конструкционная совместимость паяльной станции IR550Aplus с видеоустановщиком PL550A и системой визуального контроля процесса пайки в реальном времени. Для автономного (без PL550A) применения станцию IR550Aplus достаточно оснастить столиком-держателем плат (на рис. 1 не показан). В дополнение к базовой комплектации полезно приобрести нижний вентилятор для охлаждения плат после пайки, так как действие верхнего вентилятора станции IR550Aplus ограничивается рабочей зоной.

Перед пайкой микросхема BGA должна быть установлена на контактные площадки печатной платы с нанесенным флюсом или паяльной пастой (в случае керамических BGA). Чем меньше шаг выводов, тем сложнее обеспечить достаточную точность установки микросхемы перед пайкой. Ручная установка легких пластиковых BGA, самопозиционирующихся при пайке, невозможна для BGA с малым шагом выводов, а также для тяжелых керамических корпусов BGA.

Именно в таких ситуациях выручает прецизионный видеоустановщик PL550A (правая часть рис. 1). Он используется для преци-

зионной (от 5 мкм) ручной установки микросхем QFP и BGA всех видов размером до 40×40 мм. Агрегат включает оптику с двухцветной подсветкой, две цветные видеокамеры (72х), микрометрический столик-держатель плат с плавным перемещением. Опционная кассета сплит-оптики служит для приближения углов крупноразмерных корпусов QFP к центру экрана, чтобы по ним можно было выполнить позиционирование микросхемы. Подвижная вторая видеокамера со встроенной кольцевой светодиодной подсветкой (рис. 1, левая часть) управляется от клавиатуры и используется для визуального контроля (в боковой проекции или под углом) процесса оплавления в реальном времени, а также для калибровки параметра температуры ликвидуса в IR550Aplus. Для пользования видеоустановщиком и камерой видеомониторинга пайки необходим монитор — автономный или в составе компьютера с платой видеозахвата, принимающей сигнал PAL с видеокамеры.

Процедура позиционирования несложна. Микросхему поднимают на вакуумном захвате над зоной платы, куда в итоге она должна быть установлена. В образовавшийся зазор между платой и микросхемой вводят оптическую головку, через зеркальную систему которой на монитор одновременно передаются изображения контактных площадок платы с зеленой подсветкой и выводов BGA,

подсвеченных красным. С помощью микрометров перемещения столика добиваются точного совмещения на экране изображений выводов BGA и контактных площадок платы, то есть «зависания» микросхемы точно над площадками. Затем опускают микросхему на флюсованную плату до касания. Плавное перемещение рамки с платой из зоны установки PL550A в зону пайки IR550Aplus осуществляется на подшипниках по направляющим ползьям.

### Контактные инструменты бессвинцовой пайки

В комплект поставки ремонтного комбайна IR550Aplus включен универсальный высокоскоростной паяльник ERSA TechTool с подставка-держателем, но это лишь «вершина айсберга» возможностей микропроцессорной паяльной станции Digital2000A, встроенной в корпус IR550Aplus (рис. 1). К управляющему блоку Digital2000A с цифровой регулируемой температурой в диапазоне 50–450 °C кроме паяльника TechTool (рис. 2) могут быть подключены (вручную поочередно или через коммутатор MIC608A) еще четыре полезных инструмента контактной пайки и демонтажа, все в антистатическом исполнении:

- Микропаяльник MicroTool 25 Вт (рис. 3) с малоинерционным керамическим нагревателем и долговечным жалом, особенно удобный для поверхностного монтажа миниатюрных компонентов. Высокотемпературная пайка бессвинцовых припоев малоинерционным паяльником значительно ускоряется благодаря подогреву печатной платы нижним излучателем станции IR550Aplus.
- Мощный паяльник PowerTool 80 Вт (рис. 4) с малоинерционным керамическим нагревателем и долговечным жалом. Он используется для операций объемного монтажа, требующих высокой термостабильности и повышенной мощности при пайке многослойных печатных плат и массивных соединений. С учетом эффективной теплопередачи полых паяльных жал ERSA и большого запаса мощности, этот 80-ваттный паяльник не уступает по производительности обычному 150-ваттному паяльнику, при этом чувствительная обратная связь обеспечивает достаточно высокую стабильность температуры, что особенно важно при бессвинцовой пайке.
- Вакуумный термоотсос X-Tool (рис. 5) с компактным модулем компрессора, имеющий ультрамалоинерционные керамические нагреватели, импульсную тягу 0,5 бар в течение 55 мс, долговечные наконечники. Термоотсос используется для быстрого, щадящего демонтажа микросхем, дискретных компонентов и штыревых соединителей из отверстий, в том числе из многослойных печатных плат, выполненных по бессвинцовой технологии.
- Термопинцет ChipTool 2×20 Вт (рис. 6, 7) с малоинерционными керамическими нагревателями и долговечными насадками, используемый для быстрого и щадящего



Рис. 2. Универсальный паяльник TechTool



Рис. 3. Микропаяльник MicroTool



Рис. 4. Мощный паяльник PowerTool



Рис. 5. Вакуумный термоотсос X-Tool



Рис. 6. Термопинцет ChipTool



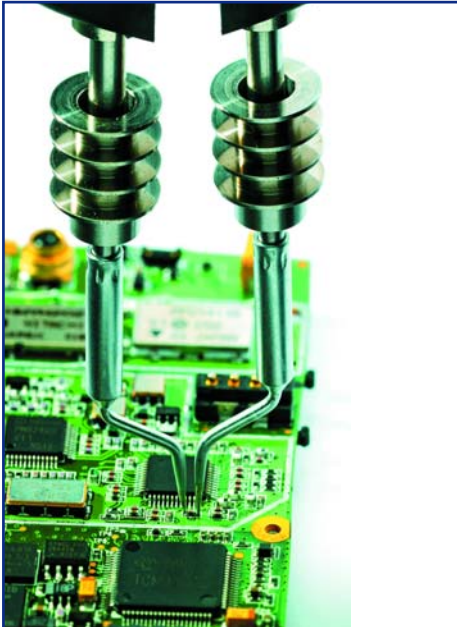


Рис. 7. Демонтаж чипа термопинцетом

демонтажа поверхностно-монтажных компонентов — от чипов 0201 до микросхем SOIC, QFP и PLCC, по которым нет смысла палить из инфракрасной пушки IR550Aplus. Высокотемпературный демонтаж микросхем термопинцетом при бессвинцовой технологии значительно ускоряется благодаря подогреву печатной платы нижним излучателем станции IR550Aplus.

### Три слагаемых эффективности инструмента ERSA

Применительно к ручному паяльному инструменту контактного типа, как и в случае с BGA, особенность бессвинцовой пайки заключается в температуре, которая на 30–40 градусов выше традиционной, то есть близка к критической для электронных компонентов. Температура пайки должна выдерживаться с достаточной точностью, а длительность формирования паяного соединения строго соблюдаться, ибо и перегрев, череват термошоком компонента, а недогрев — непрочностью холодной пайки. Термостабильность зависит от качества паяльного инструмента, а продолжительность пайки — от дисциплины радиомонтажника. Обеспечение высокой термостабильности (в идеале независимо от массы и теплопроводности паяемых объектов) предполагает контроль температуры как можно ближе к фактической точке пайки, а также быструю компенсацию тепловых потерь жала. Конкурирующие

фирмы-производители паяльного инструмента приближаются к идеалу каждая по-своему. Каким образом реализованы эти условия в инструменте ERSA? Три слагаемых формируют технические достоинства лучших моделей паяльных инструментов ERSA для профессиональных применений:

1. Высокочувствительный термодатчик расположен на расстоянии нескольких миллиметров от фактической точки пайки (см. жало в разрезе на рис. 8), что обеспечивает максимальную оперативность отслеживания температуры в контуре управления. Критически важный оконечный участок паяльного жала выполнен из серебра для повышения теплопроводности.
2. Применяются малогабаритные малоинерционные PTC-нагреватели ERSA, электрическое сопротивление которых увеличивается с ростом температуры. При включении инструмент быстро выходит на рабочую температуру, которая затем стабилизируется с участием электронного блока управления станции. Кстати, благодаря автоматическому снижению мощности при нагреве PTC-нагреватели чрезвычайно редко перегорают в процессе многолетней эксплуатации.
3. Область нагрева локализована на конечном участке нагревателя, вводимого в полость паяльного жала, так что доставка тепловой энергии в точку пайки осуществляется с высоким КПД. Оконечный участок паяльного жала выполнен из серебра для повышения теплопроводности. Локальная теплопередача и отсутствие массивных элементов в конструкции паяльника избавляют от побочного нагрева рукоятки: в этом секрет компактности и легкости (от 25 г) лучших паяльников ERSA.

Читатель вероятно заметил, что электронному блоку управления паяльной станции уделено гораздо меньше внимания, чем нагревательному элементу паяльника. Да, именно таково соотношение этих слагаемых в интегральном качестве любой паяльной станции. Электронные блоки паяльных станций с микропроцессорной начинкой предоставляют сегодня весьма схожие функции сервиса: хранение настроек, распознавание вида инструмента, вход по паролю, автоматическое переключение в спящий режим, выбор режима термокомпенсации (медленный и безопасный асимптотический, либо быстрый, но с перехлестами над целевым значением температуры), иногда связь с компьютером и накопление статистики, еще реже — алгоритмы fuzzy logic управления мощностью.

Функция калибровки позволяет на холостом ходу паяльника свести до нуля отличие показаний дисплея от реальной температуры паяльного жала, измеренной внешним термометром, поверенным и утвержденным на предприятии в качестве средства измерения. Но как только дело доходит до температуры рабочей части жала в динамике при выполнении серийной пайки, показания дисплея будут отличаться от реальной температуры на рабочем конце жала, и размах отличия может удивить приверженцев даже самых дорогих паяльных станций. Причина — все тот же нагревательный элемент и способ управления температурой.

### Паяльное жало как ключ к рентабельности

Обратите внимание: отнюдь не цена паяльника с цифровым блоком управления, а паяльные жала определяют ваши совокупные затраты при интенсивной эксплуатации паяльной станции в течение многих лет! Учитывая этот факт, фирма ERSA воздерживается от изготовления дорогих композитных жал с интегрированным нагревательным элементом и термопарой, а также паяльных жал с фиксированной температурой, имеющих слишком узкий диапазон мощности. Погоня за точностью поддержания температуры паяльного жала сверх необходимой и достаточной для качественной пайки должна быть сбалансирована с ценой новаторских решений для потребителя: такова позиция ERSA. Не исключено, что через пару лет мы увидим новое поколение ручного инструмента ERSA с выдающимися характеристиками, однако для сегодняшних задач бессвинцовой ручной пайки абсолютно пригоден существующий инструмент ERSA, прежде всего — паяльники TechTool и PowerTool, для которых характерно сочетание точного контроля температуры с большим запасом мощности.

Если мощность микропаяльника MicroTool окажется недостаточной для бессвинцовой пайки при ремонтных работах на многослойных платах с массивными теплоотводящими элементами, то для подогрева платы можно использовать нижний инфракрасный излучатель станции IR550Aplus. Между прочим, в аналогичном корпусе ERSA теперь выпускает автономный подогреватель IRHP-200 с рабочей областью 260×135 мм, мощностью 800 Вт и цифровым блоком управления. Он рекомендуется для бесконтактного подогрева печатных плат при бессвинцовой пайке ручным инструментом малой мощности, может использоваться для оплавления паяльной пасты, реболлинга BGA, сушки и подогрева компонентов; и органично комплектуется недорогим отечественным столиком-держателем плат Аверон АДП-500 вместо фирменного столика ERSA PCBXY.

Ассортимент паяльных жал и демонтажных насадок ERSA включает более сотни разновидностей, наиболее популярные сочетания которых предлагаются в виде ком-



Рис. 8. Паяльное жало ERSA 612 в разрезе



Рис. 9. Комплект жал и демонтажных насадок

плектов (рис. 9). Выверенные формы жал и насадок позволяют повысить производительность ручных паяльно-ремонтных работ, а долговечность жал способствует сокращению затрат. Кстати, уже два года фа-

бричное лужение жал ERSA осуществляется без свинца: это еще один штрих комплексного подхода ERSA к бессвинцовой пайке.

#### **IR550Aplus — невозможного мало, IR650A — невозможного нет**

Есть платы, которые откровенно «не по зубам» системе IR550Aplus. Например, многопроцессорные цифровые коммутаторы площадью в 0,5 квадратных метра, толщиной в полпальца и ценой в несколько тысяч американских единиц — не условных, а реальных. Ремонт подобных плат действительно стоит свеч (в отличие, скажем, от бессвинцового реболлинга CSP на копеечной плате, залитой компаундом). Если есть потребность — значит будет и инструмент. Точнее, он уже есть: это новый комбайн ERSA под номером IR650A. Его можно будет понаблюдать в работе на стенде ERSA на грядущей выставке Productronica в Мюнхене. Машина очень мощная и дорогая (на порядок дороже

младшей модели IR500A), однако и заказчики ее совсем не бедные, так что фактор цены не стал тормозом прогресса.

#### **Из кладезя мудрости**

Двадцать четыре века назад греческий юноша спросил у Сократа: «Стоит ли жениться?» Философ ответил: «Если можешь не жениться — не женись». Удалось ли юноше пройти свой жизненный путь в безбрачии, или соблазн обрести семейное счастье оказался для него непреодолимым (как и для большинства смертных) — история умалчивает. Мне кажется, на вопрос «Следовать ли России по пути бессвинцовой пайки?» Сократ ответил бы аналогичным образом: «Если можете не следовать — не следуйте».

#### **Литература**

1. Медведев А. М. Бессвинцовые технологии монтажной пайки. Что нас ожидает? // Электронные компоненты. 2004. № 11.