

Выставка SMT/HYBRID/PACKAGING в Нюрнберге

После настойчивых приглашений организаторов выставочного комплекса Messe&Kongress мы, наконец, решились посетить выставку SMT/HYBRID/PACKAGING в Нюрнберге и по пути заехать к нашим немецким партнерам. Получился двухнедельный бизнес-тур, в котором выставка заняла лишь три дня. Впечатлений — масса! Изложить их полностью нет возможности. Поэтому оставим лишь то, что представляет интерес для российских специалистов.

Александр Вотинцев

techno@elserv.ru

**Аркадий Медведев,
профессор МАИ**

medvedev@main.elserv.ru

В первую очередь нужно расшифровать тематику выставки, обозначенную в ее названии. Конечно, SMT — всем понятно. И эта часть выставки заняла 90% выставочного комплекса. Что касается HYBRID, то это не относится к гибридным схемам, как мы сначала предполагали. HYBRID в западной терминологии означает конструкции электронных модулей, содержащих весомое количество «тяжелых» компонентов: трансформаторы, экраны, крепящиеся к плате, силовые транзисторы с радиаторами, силовые разъемы и т. п. Специфика западного производства состоит в желании автоматизировать установку таких «тяжелых» компонентов. В России их долго еще будут устанавливать и паять вручную, и ничего в этом плохого нет. Для российского производства это выгоднее и надежнее.

PACKAGING, как догадывается читатель, связано с корпусированием микрокомпонентов. Но на выставке эти процессы были представлены недостаточно

широко, и соответствующие им стенды посетители обходили.

Выставка по большей части была немецкой: преобладали германские экспозиции фирм-поставщиков оборудования, инструмента и материалов. И если даже персонал стендов имел явно азиатские черты, то выступал он от имени германских фирм. Посетители тоже — в основном из Германии. Изредка можно было слышать итальянскую и английскую речь. При всем национальном разнообразии Баварии, где немецкое население сильно разбавлено арабами, турками, индусами и... русскоязычными — на выставке их не было. Из России выставку посетили представители только двух московских фирм: «ОСТЕК» и «Электрон-Сервис-Технология».

Основной интерес представляла экспозиция SMT-технологий, оборудования и материалов. В центре внимания была технологическая линия в последовательности операций: загрузка линии — трафаретное нанесение паяльной пасты на верхнюю сторону — визуальный контроль — нанесение клея на нижнюю сторону — визуальный контроль — установка компонентов на верхнюю сторону — визуальный контроль — установка компонентов на нижнюю сторону — визуальный контроль — оплавление паяльной пасты на верхней стороне и отверждение клея под компонентами нижней стороны в многозонавой конвейерной печи с нейтральной средой (азотом) — выгрузка плат с линии. Вне линии производят видеоконтроль, внутрисхемный электрический контроль с использованием «летающих щупов», исправление дефектов. Линия для пайки волной припоя стоит отдельно. Пайка волной производится в приспособлении, фиксирующем плату в плоскости. Последующий визуальный контроль совмещен с операциями исправления дефектов. X-Ray-контроль производится выборочно на стадии отладки процесса. На отдельном участке производится очистка поверхностей, нанесение защитного покрытия, его отверждение, упаковка. Эта самая распространенная схема стандартного процесса была частично представлена в одной линии семейством оборудования фирм BRADY, EKRA, SIEMENS DEMATIC, ROMMEL, REHM Anlagenbau, OMNITRON, SCOR-

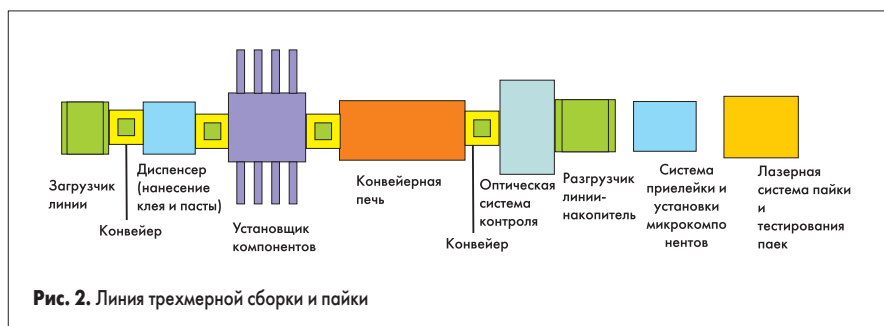
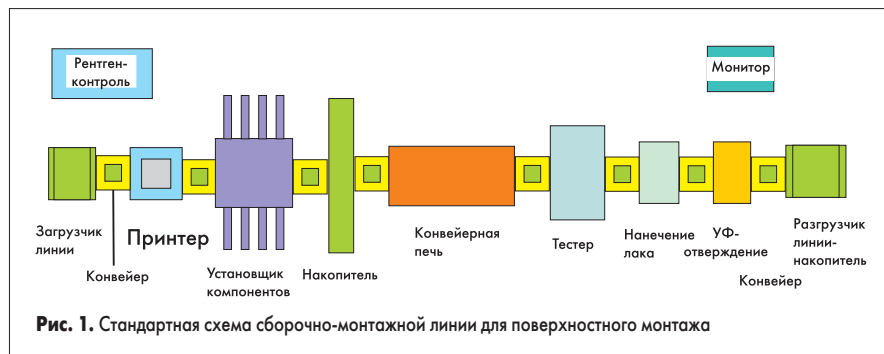




Рис. 3. Трехмерный модуль автомобильной электроники



Рис. 4. Автоматический склад фирмы Roypnic

PION TECHNOLOGIES, PETER JORDAN, ARCCURE TECHNOLOGIES.

Были продемонстрированы возможности сборки и пайки трехмерных модулей на металлическом основании (рис. 2). Предметно, это автомобильная электроника, размещаемая непосредственно на неплоских поверхностях узлов и металлических элементов автомобиля, вписываясь в их профиль (рис. 3). В состав линии входит специальный модуль установки компонентов на разных горизонтальных уровнях. Вне линии устанавливается устройство нанесения клея и установки микрокомпонентов и лазерная система пайки. В качестве тестирующей системы предлагается контроль по признакам внешнего вида с использованием видеоизображения. Тестирование производится сравнением видеоизображений эталона и рабочего образца.

Примечательны технологические решения, позволяющие отказаться от пайки волной припоя. Для этого специальная паяльная паста при трафаретной печати продавливается в отверстия. Реологические свойства этой пасты таковы, что она при установке выводов компонентов в отверстия не выдавливается, а обволакивает вывод, и при последующем нагреве в печи, расплавляясь, образует качественную галтель припоя с заполнением отверстия.

Тем не менее, рынок электронных модулей не уменьшил, а даже увеличил объем продаж конструкций с пайкой выводов в отверстия. Фирмы, специализирующиеся на поставках оборудования для «дырочного» монтажа, успешно развиваются, предлагая новые модификации. Весьма успешно в этой области продвигается фирма Roypnic, предлагая широкий ряд оборудования для установки «дырочных» компонентов. В том числе универсальные установки для формовки и подрезки выводов (VersaCLINCH™ Cut-and-Clinch



Рис. 5. Машина фирмы MYDATA для установки SMD-компонентов с производительностью 4,8 тыс. компонентов в час

Module 590). Наиболее известны серии полуавтоматов с лазерными целеуказателями. В России оборудование фирмы Roypnic можно увидеть в работе в г. Юрьев-Польский (Владимирская обл.) на заводе «ПРОМ-СВЯЗЬ». Среди новинок фирмы — портативный цеховой склад с высокоскоростной системой поиска и выгрузки ленточных кассет с компонентами (рис. 4). На стеллаже умещаются 550 кассет, при этом можно найти и получить все необходимое в течение 5 секунд. Для расширения своих возможностей в сторону поверхностного монтажа фирма Roypnic более 10 лет кооперируется с компанией MYDATA. На выставке они выступали на одном стенде, где демонстрировали результаты своей кооперации: по существу они предлагают все для сборки и монтажа всех видов компонентов. Автоматические машины установки компонентов MYDATA выпускаются с производительностью от 4500 до 21000 компонентов в час с полным составляющим спектром компонентов — от чипов 0201 до корпусов микросхем QFB, BGA, mBGA, CBGA, CSP. Одна из них показана на рис. 5. Новое патентованное предложение кооперации — картридж паяльной пасты для трафаретной печати. Конструкция картриджа позволяет в процессе трафаретной печати оставлять пасту в замкнутом объеме, предотвращая изменение ее свойств в процессе работы.

По-прежнему большинство фирм ищет надежные и дешевые способы установки и пайки BGA-компонентов, поскольку при необходимости герметизации пространства между BGA-компонентом и платой возникают определенные проблемы. Это связано с образованием пор и пустот. Поэтому к известным технологиям пайки BGA-компонентов (рис. 6-а) начинают прибавляться технологии на основе использования специальных адгезивов. Метод ICA (isotropic conductive adhesive —

изотропный электропроводящий адгезив) основан на использовании металлонаполненных полимеров, нанесенных на монтажные точки BGA-компонентов и печатных плат (рис. 6-б). В ACA-методе (anisotropic conductive adhesive) — анизотропный электропроводящий адгезив) применяют термореактивный или тер-

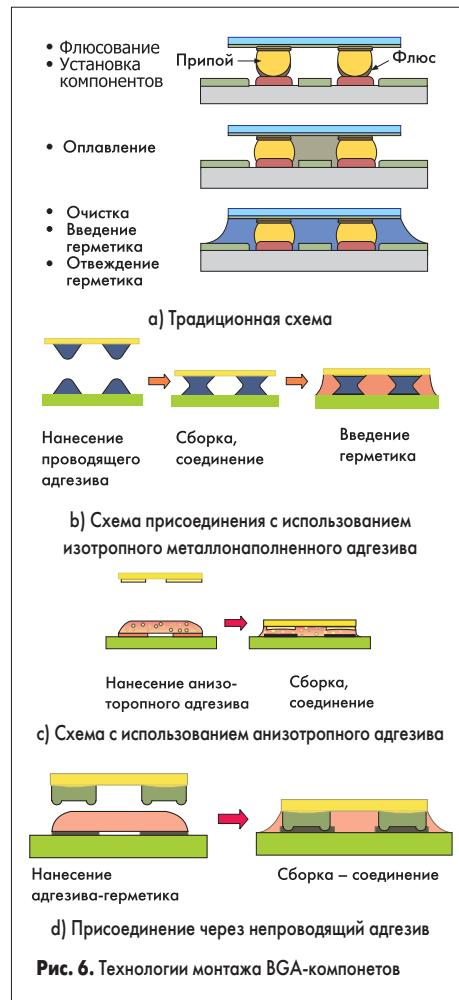




Рис. 7. ERSASCOPE позволяет увидеть пайки под BGA-компонентом



Рис. 8. Формовщик аксиальных выводов

мопластичный полимер, имеющий преимущественно однонаправленную проводимость по Z-оси после установки компонента на плату (рис. 6-с). Однонаправленность создается сдавливанием металлонаполненного полимера за счет сближения металлических частиц на рельефе контактных площадок. Эта однонаправленность проводимости адгезива закрепляется последующим нагревом с отверждением полимера. NCA-метод (рис. 6-d) меняет последовательность операций: сначала наносится адгезив и затем выводы компонентов продавливают сквозь него до контактных площадок печатной платы, имеющих припой, и сплавляют их.

Независимо от высокого уровня автоматизации сборочно-монтажных работ в зарубежных производствах по-прежнему остаются актуальными ручные паяльные и ремонтные станции фирм Pace, Weller (Cooper Tools), ERSA. К этому ряду прибавились фирмы Kohler и MARTIN. Безусловно, ремонтные и наладочные работы снабжены всеми видами инструментов для демонтажа, снятия лака, напайки перемычек, очистки, подлакировки и т. д. Фирма ERSA обратила на себя внимание своим устройством оптического контроля качества пайки BGA-компонентов с использованием принципа эндоскопии (рис. 7). Но большая часть производств использует для BGA-компонентов все-таки рентгеновский контроль (X-RAY). Фирма ERSA также отличалась предложением оригинальной установки локального ИК-нагрева с контролем температуры зоны пайки (рис. 10).

Фирма EPT продемонстрировала свои возможности не только в поставках компонентов для технологии Press-fit, но и полный набор инструментов и приспособлений для впresseвывания разъемов в платы по нормам стандартов IPC.

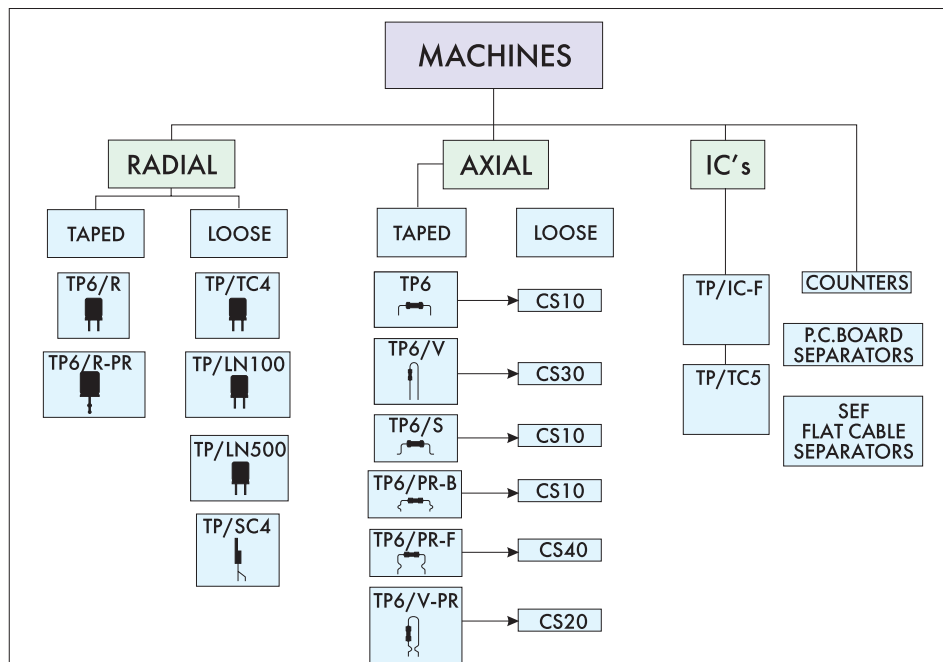


Рис. 9. Виды формовок, обеспечиваемых приспособлениями фирмы DPV Elektronik-Server

Широкий диапазон своих возможностей в формовке и обрезке выводов показала фирма EBSO. Ее разнообразные устройства EBSO-MAT способны подготовить к монтажу любые компоненты с любыми конфигурациями формовок, вплоть до экзотических. Она же предлагает различные микронасадки для формирования рондничковых ванн расплавленного припоя (микроволна), предназначенных для селективной пайки или демонтажа многовыводных компонентов. Проще и дешевле установки фирмы DPV Elektronik-Server (рис. 8). Виды формовок, которые она выполняет, показаны на рис. 9. Эта же фирма предлагает все аксессуары для ручной пайки, собрав большую часть предложений от других фирм.

На Западе широко развита кооперация. Каждый делает только то, что умеет делать лучше других. Все остальное заказывают на стороне. К сложным изделиям, требующим для изготовления большого мастерства и профессионализма, относятся трафаретные формы для нанесения паяльных паст (рис. 11). Английская фирма TECAN Stencil Ltd. профессионально владеет всеми процессами для их изготовления, имеет хорошую научную и инженерную базу, составляющую основу их постоянного обновления. Зная конструктивные особенности автоматов печати всех известных фирм (более 20 моделей), она адаптируется к любым задачам своих заказчиков.



Рис. 10. ИК-нагрев с контролем температуры зоны пайки

Выставка была особенно богата предложениями методов и средств контроля качества. Наиболее простые установки визуального и видеоконтроля сличением изображений эталонов и рабочих образцов отличаются высокой производительностью и относительно недороги. Но они позволяют увидеть только ошибки установки компонентов. Тем не менее, они дают возможность увидеть и проанализировать дефекты, обнаруженные другими видами контроля, и принять окончательное решение для забраковки или ремонта.



Рис. 11. Трафаретная форма фирмы TECAN Stencil Ltd

Автоматизация оптического контроля (AOI — автоматическая оптическая инспекция) значительно увеличивает производительность тестирования, позволяя встраиваться в жесткий временной график производства. Однако эти установки настолько дороги, что практически недоступны российским производителям. Для нас целесообразнее иметь рабочие места, хорошо вооруженные оптическими системами визуального наблюдения. На выставке можно было увидеть предложения фирм Leica Microsystem, Vision Engineering, Luxo и др. На российском рынке особенно активно выступает английская фирма Vision Engineering со стереоскопическими безокулярными системами визуального контроля MANTIS. Эффективны в работе всевозможные линзы с подсветкой от фирм Luxo, SCIENSCOPE. В отли-



Рис. 12. Тестер внутрисхемного контроля PinPoint II

чие от широко распространенных российских бинокулярных микроскопов типа МБС-10 на выставке были представлены аналогичные, но с флуоресцентной или волоконно-оптической подсветкой. Тринокулярные конструкции микроскопов (например, SCIENSCOPE) позволяют использовать для наблюдения и документирования видеокамеру.

При всей распространенности оптического контроля доминирующим видом тестирования в зарубежном производстве были и остаются системы внутрисхемного контроля (in-circuit test). Они позволяют обнаружить дефектные компоненты, измерить индуктивность и емкость в реальной схеме, найти КЗ и разрывы соединений, проверить полярность диодов, транзисторов, электролитических конденсаторов и т. д. Системы внутрисхемного контроля дают наиболее достоверные результаты, если при проектировании сгенерирована корректная программа, а на платах выполнены специальные контрольные точки для присоединения зондов. Но при внутрисхемном контроле не всегда удается обеспечить хорошее тестовое покрытие: сказывается ограниченность в установке необходимого количества контактирующих с платой зондов. Количество зондов в адаптере не может превышать 6000. А для СВЧ-модулей вообще нет возможности сделать ответвления к контрольным точкам и тем более проверить модуль в его рабочих режимах СВЧ. Естественно, что альтернативой внутрисхемного контроля для таких электронных модулей (лучше сказать, дополнением) выступает рентгеновский контроль. Появились тестеры с «летающими» щупами с четырьмя или восьмью зондами, производительность которых удовлетворяет лишь нужды опытных или мелкосерийных производств, но с их помощью можно обеспечить большее тестовое покрытие. Большая часть производителей систем внутрисхемного контроля сосредоточена в США и Англии. На европейском рынке в этой роли активно выступают совместные англо-американские фирмы Alliance и DiagnoSYS Limited с торговым представителем в Европе Eastek Marketing. Они предлагают полный набор диагностических систем: внутрисхемный контроль (тестер PinPoint II показан на рис. 12), оптические и рентгеновские системы, видеомикроскопы.

Но для российских производителей наиболее приемлема настольная рабочая станция аналогового и цифрового тестирования TSA германской фирмы RONDE & SCHWARZ. Станция TSA способна осуществлять и внутрисхемное, и функциональное тестирование с высоким тестирующим покрытием. Мощное программное обеспечение для этой станции позволяет автоматически генерировать тестовые программы, что существенно снижает ее перестройку на контроль очередного типа электронного модуля. Тестеры, предлагающие фирмы Scorpion Technologies (рис. 13), IPTE. Фирма Integrated Production and Test Engineering нашла решение для тестирования в процессе движения продукта по конвейеру (in-line testing, test-in-line). Для этого контакты встраиваются в полеты. В полеты может быть встроен подогрев для тестирования на верхнем пределе температур.

При выборе тестирующих систем внутрисхемного контроля приходится учитывать новую ситуацию. Стоимость тестера, работающего с контактирующим устройством, составляет в среднем \$200 тыс., а контактирующее устройство на каждый тип модуля — более \$25 тыс. Тестер с «летающими» щупами дороже (Flying Scorpion) — около \$400 тыс., но он универсален для любого типа модуля.

Установки рентгеновского контроля были представлены Macrotron Systems, Nicolet Imaging Systems/GenRad, Viscom, Phoenix X-Ray. Особенно примечательно предложение последней фирмы. Ее система 3d/inspector универсальна: она осуществляет послойное тестирование электронных модулей и печатных плат и позволяет обнаружить разрывы или ущербность соединений, дефекты паек, которые для компонентов типа BGA другим способом не обнаружишь, дефекты на внутренних слоях МПП. Кроме того, в этой системе используется блокировка радиации при перемещении образцов в камеру для анализа их пространственного изображения. Как прави-



Рис. 13. Тестер для внутрисхемного контроля фирмы Scorpion Technologies

ло, манипулирование занимает львиную долю времени при тестировании образцов. Блокировка радиации при манипулировании позволяет в меньшей степени травмировать компоненты и материалы при X-Ray-тестировании. Удобную в работе установку рентгеновского тестирования показала фирма Operations Technology Inc. (рис. 14).

Вызвали интерес экспозиции оборудования для финишных операций производства электронных модулей: очистки и влагозащиты. Независимо от употребляемых флюсов операция очистки электронных модулей была и остается актуальной в системе обеспечения качества и надежности. Здесь преимущественно используются ультразвуковые ванны различного объема с установкой многочисленных УЗ-излучателей для предотвращения «мертвых» зон. В качестве моющих средств предлагаются азеотропные жидкости с их регенерацией, водные растворы технических моющих средств и чистая деионизованная вода. Там, где по определенным причинам ультразвук использовать нельзя, фирма NEUKUM-elektronik предлагает бокс с программным управлением, в котором отмывка модулей или других объектов (например, трафаретов или электронных компонентов) производится орошением моющей жидкос-



Рис. 14. Рентгеновская установка контроля InnerVision фирмы Operations Technology Inc



Рис. 15. Мини-робот Modell I&J2200 фирмы Vieweg GmbH

тью под давлением 1,5 бар. В бокс за 5 минут загружается до 170 плат, процесс отмытки в водно-щелочных ПАВ длится 4...6 мин, последующая отмытка в деионизованной воде — 1 час с постоянной рециркуляционной очисткой промывной воды в ионообменных фильтрах, сушка — 1 час. Стоимость отмытки в пересчете на одну плату — \$0,03.

На рис. 1 показано, что защитное покрытие наносится в модуле, встроенном в линию. Как правило, в этом модуле используется щелевой экструдер, из которого лак выливается на модуль, а его растекание инициируется вибрацией стола. В тех случаях, когда нужно предотвратить попадание лака на контактные поверхности, используются роботы, подающие лак по заданной траектории. На рис. 15 показан такой мини-робот, наносящий клей. Точно так же этот робот подливает лак под корпуса разъемов и в межрядное пространство.

Фирма TECONA Engineering предлагает широкий ряд загрузчиков, разгрузчиков линий, конвейеры, накопители электронных модулей, компонентов — цеховые склады.

Экспозиции промышленной мебели и фурнитуры особенно многообразны. Все столы, стойки, технологическая тара и т. п. выполнены обязательно в антистатическом исполнении. Фирма Andreas KARL GmbH & Co. пошла дальше — она поставляет рабочие столы с встроенными источниками питания на различные напряжения и мощности, с приборами для электрических измерений (вольтметры, амперметры) и удобными клеммами и розетками для любого вида подключений. Предлагаются сушильные шкафы термической и вакуумной сушки, шкафы для хранения электронных изделий в осушенной среде (влажность менее 12%), установки для вакуумной упаковки (фирма McDry). Фирма PINK Thermosysteme предлагает весь ряд такого оборудования, обеспечивая режим сушки или хранения, соответствующий любой точке графика «температура — парциальное давление паров воды», показанного на рис. 16. Фирма Hammerlit GmbH представила разнообразные виды тары, упаковок, транспортных тележек, удобных мешков для сбора мусора, передвижных столиков, корзин, шкафов, кювет. Продукция этой фирмы повсеместно используется в офисах и на производстве. Межцеховую и внезаводскую тару в антистатическом исполнении производит фирма WEZ Kunststoffwerk AG. Для перевозки электронных модулей она показывает универсальную тару с мягкими вкладышами, обеспечивающими защиту плат с разновысокими компонентами.

В отличие от международной выставки Productronica-2001 экспонаты выставки в Нюрнберге были ближе к интересам российских производителей: масштабы сборочно-монтажных производств в Европе заметно меньше, чем в Юго-Восточной Азии. Там ставят линии с рекордной производительностью

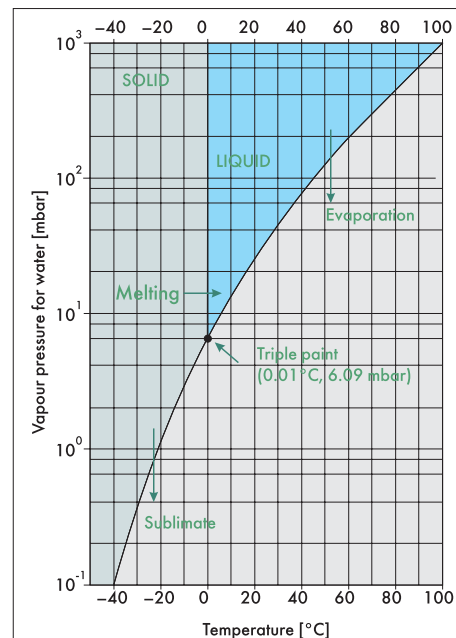


Рис. 16. Состояние атмосферы в функции

«температура — парциальное давление паров воды»

тью — 80 тыс. компонентов в час. В Европе предпочитают линии с производительностью 10–20 тыс. компонентов в час. При необходимости наращивания мощности производства эти линии просто тиражируют до нужного количества. Точно так же, как в России, в Европе сосредоточено большое количество проектных организаций, ограничивающихся прототипными производствами. И европейский рынок идет навстречу потребностям таких производств: среди экспозиций преобладают предложения для маломасштабных производств, вплоть до использования простых паяльных станций. Такая техническая политика Европы ближе развивающемуся российскому производству и в этом смысле выставка SMT/HYBRID/PACKAGING в Нюрнберге прибавила российским фирмам, ее посетившим, уверенности в правильности выбранного ими пути.