

# А у вас все чисто?

**Сегодня предприятия, занимающиеся сборкой радиоэлектронной аппаратуры, изо всех сил стараются повысить свою прибыльность, эффективность работы, сократить расходы и увеличить объемы производства. Как известно, один из основных способов повысить объемы выпуска годной продукции и прибыльность производства — сократить и предотвратить появление брака. Одно из главных препятствий на этом пути — загрязнение различного происхождения. В этой статье речь пойдет о том, как оценить степень загрязненности производственного участка и предотвратить пагубное влияние пыли и загрязнений на качество собираемых изделий.**

Ольга Зотова

OlgaZotova@dipaul.ru

## Источники загрязнений и способы их выявления

Производители радиоэлектронной аппаратуры, особенно специального и ответственного назначения, очень серьезно относятся к проблеме отмывки печатных плат после оплавления припоя и до нанесения на них защитных покрытий. Это вполне понятно и обоснованно. Но задумывается ли кто-то из производителей о других потенциально опасных источниках загрязнения своей продукции? Вряд ли. А между тем на любом предприятии существует несколько типов потенциально опасных источников загрязнения собираемой продукции. Условно эти источники можно разделить на те, что связаны:

- с оборудованием (например, во время работы оборудования могут создаваться потоки воздуха, поднимающие в воздух пыль);
- с технологическим процессом (частицы паяльной пасты, пыль от разделения групповых заготовок и т. д.);
- с людьми (волосы, частицы кожи, еды, одежды).

Первый шаг для предотвращения попадания загрязнений в производственный процесс — провести проверку степени загрязненности производственного участка, чтобы выявить основные источники загрязнений. Для этого, во-первых, можно взять пробы воздуха с помощью специального инструмента (тиндалометра), а во-вторых, с помощью ручного контактного ролика из эластомера (например, Teknek DCR) проверить состав поверхностных загрязнений на оборудовании, стенах и мебели внутри помещения.

При этом целесообразно проводить параллельную проверку: на производственном участке и на всем предприятии целиком, чтобы выявить не только тип загрязнений, но и схему их распространения и «миграции». Последнее может быть особенно полезно для разработки профилактических мер по предотвращению попадания загрязнений на производственный участок. Такая проверка позволяет проверить и качество воздуха, и тип загрязнений, и их концентрацию на поверхности предметов в помещениях.

Для проведения такой проверки автор статьи [1] рекомендует подготовить план каждого помещения, в котором будет проводиться проверка. На этих пла-

нах должны быть обозначены места установки всего оборудования и расположения дверей, а также других объектов, через которые материалы и изделия попадают на производственный участок. На плане должно быть предусмотрено место для внесения подробных заметок об одежде операторов и пр. Эти планы понадобятся для того, чтобы выявить место взятия образцов и проб, чтобы точно повторять процедуру аудиторской проверки в дальнейшем. Также автор [1] рекомендует подробно подписывать каждый образец проб с точным указанием места, где они были взяты, и указывать всю информацию, относящуюся к взятому образцу (например, о том, что на месте взятия образца отслаивается краска).

После сбора образцов их сначала можно проверить с помощью микроскопа (с увеличением минимум 60×). При этом проверять нужно каждую ячейку клейкой ленты ролика. Для определения типа загрязнений можно использовать фотографии с образцами. Количество загрязнений каждого типа вносится в матрицу загрязнений по каждому помещению. Любые необычные или непонятные загрязнения нужно фотографировать для последующего изучения. Эти результаты также нужно фиксировать. Если тип загрязнений и его источник останутся неопознанными или неизученными, то это может пагубно сказаться на объемах выпуска годной продукции.

Таким образом, получается два плана загрязнений: производственного участка и всего предприятия. Тщательный анализ этих планов поможет, во-первых, определить основные зоны риска проникновения загрязнений в производственный процесс и, во-вторых, разработать профилактические меры для снижения уровня загрязнения. После внедрения мер предосторожности через некоторое время необходимо повторить аудиторскую проверку, чтобы выяснить эффективность предпринятых действий.

## Способы предотвращения появления загрязнений

Существует множество технологий и способов предотвращения попадания загрязнений различного рода на производственный участок. Сравнение технологий приведено в таблице 1 ([2]).

**Протирка**

Протирка может быть как сухой, так и влажной. У обоих способов есть свои недостатки. При сухой протирке велика вероятность попадания сухих частиц в воздух и переноса на другие предметы в помещении. При использовании же растворителей или моющих средств для удаления загрязнений велик риск химического повреждения чувствительных элементов (например, отслаивание защитного резиста). Но кроме высокого риска переноса загрязнений с одного места на другое этот способ может привести к механическому повреждению чувствительных изделий (царапины) в случае попадания на них твердых частиц.

**Вентиляторы**

В ходе такой очистки частицы загрязнений просто переносятся с одного места на другое.

**Ультразвук**

Некоторые компоненты могут быть чувствительны к ультразвуку.

**Вакуумные системы**

Для эффективной работы вакуумных систем вакуум необходимо равномерно распределять по всей ширине изделия. Как только вакуум ослабевает, эффективность очистки ухудшится. В этом случае необходима особенно тщательная отладка работы чистящей машины, а также источника создания вакуума. Немаловажна отладка работы чистящей системы относительно каждого конкретного предмета, так как эффективность работы вакуумной системы будет зависеть и от размеров изделия, и от материала, из которого оно сделано. Большинство вакуумных систем неплохо справляются с умеренными загрязнениями размерами около 100 мкм и больше. Но с ростом плотности монтажа и уменьшением размеров компонентов и самих изделий частицы размером в 100 мкм становятся недопустимыми.

**Чистые комнаты**

Часто решение проблемы проникновения пыли и других загрязнений на производство видят в организации чистой комнаты, так как в ней есть воздушные фильтры и ионизаторы воздуха, которые удаляют из воздуха частицы пыли и статическое электричество. Существует три класса чистых комнат: класс 100,

**Таблица 1.** Сравнение различных способов очистки

Способ очистки	Щетка	Ультразвук	Вентилятор	Вакуум	Контактная очистка
Проникновение в пограничный слой	нет	нет	нет	нет	да
Удаление частиц размером до 1 мкм	нет	нет	нет	нет	да
Возможность проведения анализа загрязнений	нет	нет	нет	нет	да
Простота установки	нет	нет	нет	нет	да
Большая занимаемая площадь	да	да	да	да	нет
Необходимость для работы вытяжки и фильтров	да	да	да	да	нет
Шумная работа	да	да	да	да	нет
Высокая стоимость технического обслуживания	да	да	да	да	нет

класс 10 000 и класс 100 000. Эти классы обозначают количество частиц размером 0,5 мкм и больше в воздухе, которое допускается на кубический фут. Часто считают, что из-за этих ограничений необходимо проводить очистку предметов только на входе в чистую комнату и что с ними можно работать без какой-либо угрозы повторного загрязнения. Тем не менее в чистой комнате и класса 10 000, и класса 100 000 все равно может быть достаточно большое число частиц размером более 5 мкм, попадание которых на подложки может привести к серьезным проблемам. Еще один недостаток чистых комнат — стоимость их монтажа, а также строгость и трудоемкость процедур по поддержанию необходимого уровня чистоты в них.

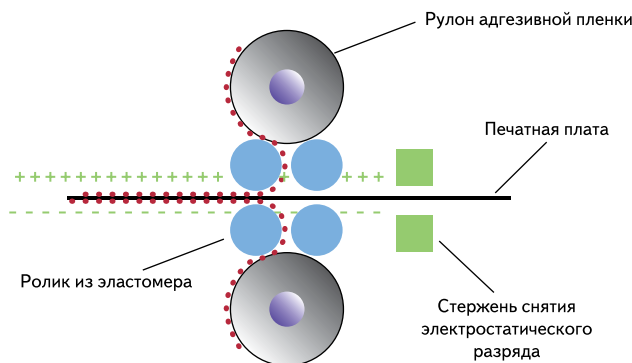
**Системы контактной очистки**

Эта технология позволяет удалять частицы размером до 1 мкм. Принцип работы такой системы заключается во вращении ролика из специального эластомера во время соприкосновения с очищаемой поверхностью (рис. 1). Благодаря специальной формуле к ролику из эластомера прикрепляются все частицы грязи и пыли, которые затем переносятся на рулон специальной пленки с адгезивом, в результате чего ролик становится чистым, а загрязнения скапливаются на этой пленке, которая по завершении рулона меняется. Пленка представляет собой рулон с бумажной или другой основой с нанесенным полимером, чувствительным к давлению. Очень важно, чтобы на эластомерных роликах не было поверхностно активных веществ, которые могли бы быть перенесены на очищаемую поверхность, а клеящие свойства полимера были достаточно сильны для удержания собранных загрязнений.

Системы контактной очистки могут очищать одну или сразу обе стороны изделия. Кроме того, важно уделить внимание тому, чтобы сразу после контактной очистки с обработанного изделия снималось статическое электричество, так как оно может привести к быстрому повторному загрязнению изделия.

Согласно данным [2], внедрение эффективной системы контактной очистки в сборочную линию способно существенно повысить процент выхода годной продукции на предприятии и увеличить время бесперебойной работы этой линии на 10%. Кроме того, последние разработки в технологии контактной очистки (а именно разработка и запуск в производство компанией Teknek систем Nanonclean) позволяет теперь удалять частицы размером менее 1 мкм.

Приведенная на рис. 2 система контактной очистки печатных плат компании Teknek (табл. 2) предназначена для удаления различных загрязнений с пустых печатных плат до этапа нанесения паяльной пасты/клея и после лазерной маркировки. Конструкция



**Рис. 1.** Принцип работы системы контактной очистки печатных плат компании Teknek



**Рис. 2.** Система контактной очистки печатных плат компании Teknek: а) односторонней; б) двусторонней

**Таблица 2.** Технические характеристики системы контактной очистки печатных плат компании Teknek

Режимы работы	Двусторонняя очистка — сквозной режим
	Односторонняя очистка — сквозной режим
Скорость работы, мм/мин	1–40
Воздух, бар	5–7
Габариты (д×ш), мм	244×795/1045

**Выводы**

Внедрение на предприятии системного подхода к выявлению и устранению источников загрязнений способно существенно повысить качество выпускаемой продукции. Кроме поддержания общей чистоты технологического процесса на предприятии и чистоты в помещениях, не менее важна и предварительная очистка загруженных в производственную линию печатных плат. Но здесь необходим внимательный подход к правильному выбору используемой технологии очистки. Из всех существующих сегодня способов очистки несобранных печатных плат от пыли и незастывших загрязнений наилучшей является контактная очистка с помощью специальных роликов компании Teknek.

**Литература**

1. Hamilton S. Controlling Contamination and Improving PCB Yields. OnBoard technology. Apr. 2008.
2. [www.teknek.com](http://www.teknek.com)



**Рис. 3.** Простая смена рулонов с адгезивным полимером в системах Teknek



**Рис. 5.** Сенсорный экран для управления работой системы Teknek



**Рис. 4.** Конвейерная система внутри системы контактной очистки Teknek



**Рис. 6.** Измерение заряда статического электричества в системе контактной очистки компании Teknek

этой системы (рис. 3–6) позволяет встраивать ее в автоматическую производственную линию, причем на выходе из этой системы

заряд статического электричества понижается в 10 раз.