

УДК 541:132

## ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЧЕТЧИКОВ ЧАСТИЦ АЭРОЗОЛЕЙ И СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Ковбасюк И.Е.

ООО «Клинрум Инструментс Сервис», Москва  
kov@clri.ru

*Приводятся основные причины возникновения неисправностей в работе приборов контроля параметров чистых помещений и систем мониторинга. Указываются основные типичные ошибки при эксплуатации счётчиков частиц аэрозолей и систем мониторинга.*

*The main reasons of failure appearance in the work of devices for parameter control of clean premises and monitoring systems are described. The main typical errors during operation of counters of aerosol particles and monitoring systems are showed.*

*Ключевые слова: счётчики частиц аэрозолей, системы мониторинга.*

*Key words: aerosol particle counters, monitoring systems.*

Технологии зачастую развиваются стремительнее, чем человеческое сознание успевает их воспринять и адаптироваться к ним. Более того, внедрение технологических новшеств происходит неравномерно: одна и та же технология в одних странах давно и активно используется, а в других про нее толком и не слышали. То же относится и к разным отраслям промышленности. Возможно поэтому, вместе с присущим человеку от природы консерватизмом, новые технологии подчас воспринимаются в штыки, как нечто навязанное сверху против собственной воли. Технология чистых помещений отнюдь не нова. Тем не менее, системы постоянного мониторинга производственных процессов получили широкое распространение в нашей стране относительно недавно. Замечено, что предприятия, организующие работу чистых помещений и контроля их параметров, сталкиваются ровно с теми же проблемами, что и другие предприятия, уже внедрившие данные технологии в свой производственный процесс ранее.

Недостаточная квалификация персонала, поверхностное знание нормативных документов, низкая мотивация и нежелание разбираться в базовых принципах работы и эксплуатации измерительного (и не только) оборудования лежат у истоков всех проблем, с которыми сталкивается оператор или иной пользователь системы мониторинга или прибора периодического контроля параметров чистых помещений.

Низкая квалификация персонала приводит к типичным ошибкам при работе с оборудованием, что, в свою очередь, ведет к дорогостоящему ремон-

ту, а подчас и окончательно выводит оборудование из строя. Незнание технических характеристик, нежелание обращаться к технической документации и руководствам по эксплуатации при возникновении вопросов как перед, так и в процессе работы оборудования неизбежно приводит к поломкам, вынужденным остановкам технологических процессов, затратам на ремонт и, как следствие, излишним и ненужным издержкам и удорожанию конечной продукции.

Принцип работы всех счетчиков микрочастиц аэрозолей достаточно прост: тонкая струя аэрозоля прокачивается через сфокусированный луч света от источника излучения, в качестве которого в современных приборах выступает полупроводниковый лазер, и свет, рассеянный каждой проходящей через луч частицей, собирается оптической схемой и регистрируется фотоприемником [1, 2]. Так, какие ошибки можно допустить при эксплуатации таких приборов?

К первой самой распространенной группе ошибок можно отнести эксплуатацию в условиях повышенной концентрации аэрозоля, что приводит к загрязнению оптической аэрозольной камеры, главной составляющей любого счетчика частиц.

Рассмотрим для начала случай с датчиками системы мониторинга.

Причин загрязнения камеры датчика в процессе работы может быть несколько. Во-первых, это неправильное расположение пробоотборника датчика. В соответствии с рекомендациями FDA и основанной на многолетнем опыте практикой точку пробоотбора требуется размещать на уровне примерно 30 см над уровнем рабочей поверхности. При близком расположении точки пробоотбора к рабочей поверхности при определенных производственных процессах (к примеру, розливе в фармацевтической промышленности) возможно попадание продукта в дисперсной форме через пробоотборник в камеру прибора (рис. 1). Другой причиной загрязнения может служить конденсация насыщенных паров в условиях перепада температур. Датчики и счетчики способны работать в условиях относительной влажности до 95 % если не создается условий для конденсации. Аэрозольный туман из области с более высокой температурой в рабочей зоне попадает в воздушный тракт и аэрозольную камеру датчика с меньшей температурой, что приводит к конденсации на зеркале (рис. 2) и стенках камеры, а следовательно, к их загрязнению. Это особенно характерно в местах, где происходит бой ампул и наблюдается повышенная концентрация вещества в молекулярной форме. В отдельных случаях при неправильном расположении точки отбора пробы, в камеру датчика частиц могут попадать и маленькие осколки стекла от разбитых ампул.

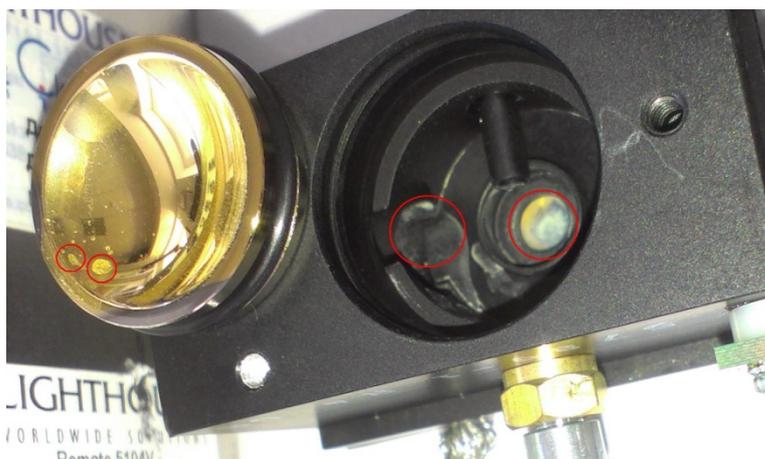


Рис. 1. Очаги загрязнения оптической камеры датчика системы мониторинга аэрозолей

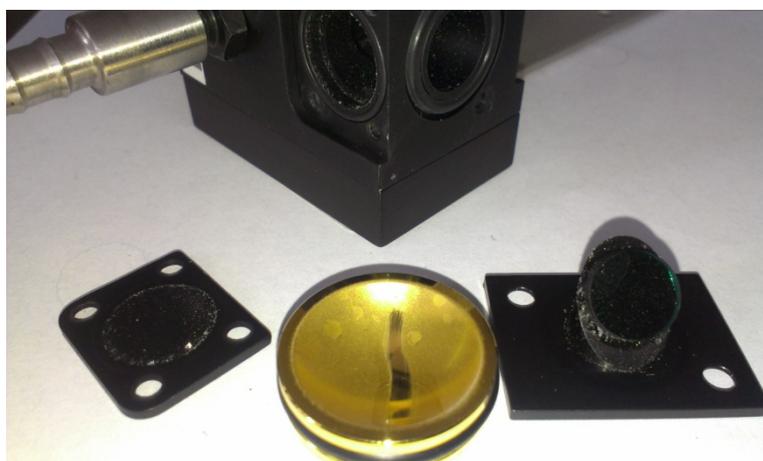


Рис. 2. Налет на зеркале оптической камеры

В случае с портативными счетчиками периодического контроля загрязнение оптической камеры также может происходить в условиях завышенной концентрации аэрозоля (рис. 3). Среди наиболее распространенных причин загрязнения стоит особо выделить ошибки при тестировании HEPA-фильтров. К загрязнению может привести создание генератором аэрозолей завышенной концентрации до фильтра и проведение измерений счетчиком концентрации частиц до HEPA-фильтра без разбавителя, или при недостаточном коэффициенте разбавления. Наличие как крупных дефектов в самом

HEPA-фильтре (что редко), так и (что чаще) дефектов и неплотностей в месте установки фильтра по его периметру повышает вероятность загрязнения счетчика. В этом случае, при сканировании и оценке утечки через такие дефекты возможно попадание внутрь счетчика чрезмерного количества тестовых (и не только) частиц. Были отмечены случаи скопления пыли и грязи в технологических отверстиях фильтра, вследствие чего при подключении к ним счетчика, он успевает «наглоутаться».



Рис. 3. Слой пыли и отдельные волокна на зеркале оптической камеры счетчика частиц

Для сканирования фильтров обычно используются счетчики частиц со скоростью отбора пробы в 1 кубический фут с минуту (т.е. 28,3 л/мин). Допускается использование счетчиков со скоростью отбора пробы, равной 50 л/мин, но при условии соблюдения большего расстояния от пробоотборника до поверхности фильтра и иной скорости сканирования. При поднесении пробоотборника вплотную к поверхности фильтра возможен и вероятен срыв частиц с поверхности фильтра и протягивание частиц тестового аэрозоля сквозь фильтр. Именно поэтому счетчики со скоростью отбора пробы равной 100 л/мин вовсе не предназначены для сканирования фильтров, т.к. они способны преодолеть сопротивление фильтра и прокачивать созданную перед фильтром концентрацию аэрозоля практически без потерь.

Для ручных счетчиков частиц со скоростью отбора пробы равной 0,1CFM (2,8 л/мин) характерны те же случаи загрязнения, что и для более крупных портативных счетчиков со скоростью отбора пробы 28,3 л/мин, с той лишь

разницей, что к ним не применимы случаи сканирования фильтров. Несмотря на меньшую на порядок скорость пробоотбора, загрязнение оптических камер ручных счетчиков частиц далеко не редкость (рис. 4). Отчасти это связано с эксплуатацией данных счетчиков в самых тяжелых условиях помещений самых низких классов чистоты, где заявленные параметры помещения зачастую не соблюдаются. Благодаря конструктивной особенности таких счетчиков перед встроенным насосом располагается сетка, препятствующая попаданию крупного мусора в насос. Поэтому при ненадлежащей эксплуатации не редко со временем счетчика эта сетка забивается крупными частицами различного происхождения, что негативно сказывается на возможностях насоса прокачать необходимый объем, а скорость отбора пробы падает ниже критического значения.



Рис. 4. Области загрязнения камеры ручного счетчика частиц

Следует особо подчеркнуть важность грамотного хранения и транспортировки счетчиков частиц. Проблема не ограничивается лишь хрупкостью приборов. Важно хранить счетчики в сухих и прибранных помещениях, закрывать на время хранения и транспортировки входные и выходные штуцера счетчиков и датчиков частиц. А также при транспортировке в холодное время года, перед началом эксплуатации дать время прогреться прибору до комнатной температуры.

Применение при обработке и дезинфекции различных активных антисептических средств и окислителей сопряжено с повышенной опасностью для элементов счетчиков и датчиков частиц. Обычно на время обработки изоки-

нетические пробоотборники датчиков системы мониторинга накрываются специальными герметичными крышками. Попадание таких средств, как пероксид водорода или хлорсодержащие растворы, внутрь не только оптической камеры датчика через воздушный тракт, но и особенно на электронные схемы датчика, неизбежно выводит датчики из строя (рис. 5) [3]. Производители счетчиков частиц работают над созданием более защищенных приборов и представляют на рынок улучшенные версии датчиков. Тем не менее, стоит отметить, что такие датчики имеют повышенную защиту от паров пероксида водорода, но не способны полностью защитить от излишне усердного в проведении уборки помещений персонала. Человеческий фактор и в этом случае выходит на первый план.

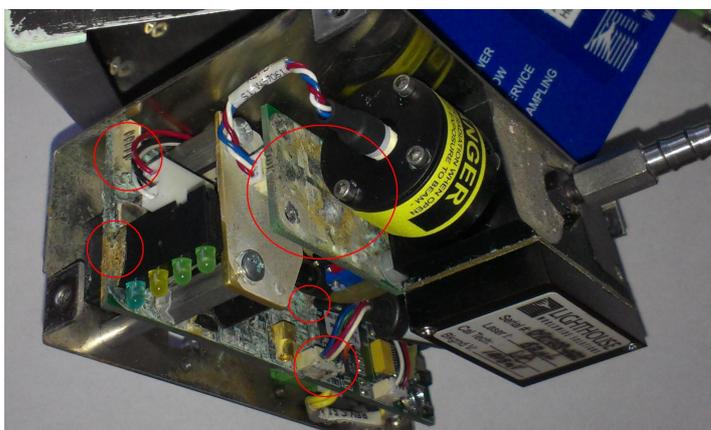


Рис. 5. Последствия попадания пероксида водорода внутрь датчика частиц и его воздействие на элементную базу датчика

В ряде случаев требуется контроль среды в магистралях повышенного давления. Для этих целей существуют адаптеры повышенного давления, при помощи которых данную процедуру можно проводить, используя штатные счетчики частиц. При неправильной регулировке адаптера и подаче избыточного давления перед входом в камеру счетчика, аэрозоль при вхождении в оптическую камеру не пересечет ее сфокусированной струей, а распространится по всему ее объему, и частицы аэрозоля осядут на стенках и оптических элементах камеры.

Существует и обратная ситуация. Обычно датчики систем мониторинга имеют один общий внешний источник разрежения, в качестве которого используется безмасляный вакуумный насос. Однако существуют ситуа-

ции, когда использование внешнего источника разрежения неудобно. И тогда на помощь приходят датчики со встроенными небольшими насосами. Насосы в таких датчиках аналогичны по своей конструкции тем, что применяются на портативных и ручных счетчиках частиц, и обеспечивают объемный расход воздуха равный 0,1 или 1CFM. Важно помнить, что данные насосы не являются вакуумными и не предназначены для работы в условиях вакуума. Перекрытие подачи воздуха при работающем приборе (например, при санобработке), как в случае с датчиками с внешним источником разрежения, в данном случае приводит к повышенному износу графитовых лопастей ротора, перегреву и выходу насоса из строя, а также сопровождается выбросом графитовой пыли по всему тракту датчика.

Особое место в ряде ошибок при эксплуатации измерительных приборов занимают небрежное отношение, поспешность и чрезмерное усилие. Не нужно подробно объяснять, к чему приводят усиленное давление на сенсорный экран, выдергивание шнура питания из разъема за провод или подключение кабеля интерфейса или питания, не глядя и с усилием в соответствующий или не соответствующий разъем. Для датчиков систем мониторинга распространенной ошибкой является закручивание штуцеров до появления «хруста», что приводит к срыву патрубков контроля расхода воздуха и появлению индикации ошибки потока. Подключение кабеля интерфейса при подключенном питании может вывести плату интерфейса из строя. Только поспешность, невнимательность и неаккуратность приводят к разболтанности разъемов, подключению «не того» и «не туда» и короткому замыканию.

В заключение хочется обратить внимание на важность соблюдения осторожности при эксплуатации литий-ионных аккумуляторных батарей. В современных портативных счетчиках частиц типа Solair аккумуляторные батареи имеют мягкую оболочку, поэтому со временем они могут немного «распухать». Как следствие, батарея может застрять в приборе внутри отсека для батареи. В таких случаях не следует пытаться извлечь батарею при помощи подручных средств, таких как ножницы или отвертка, равно как и любых других, а обратиться за помощью в сервисный центр. Повреждение оболочки батареи может привести к взрыву батареи, возгоранию, выходу прибора из строя и травмам окружающих людей.

Как видно, основной причиной возникновения неисправностей в работе приборов контроля параметров чистых помещений и систем мониторинга является человеческий фактор. Только повышая квалификацию персонала, добиваясь от него четкого видения своего круга задач, обязанностей и ответственности, можно оптимизировать работу производства, улучшить показатели, свести к минимуму поломки оборудования и вынужденные про-

стои, принцип работы и необходимость системы мониторинга будут ясны и понятны, и все производственные системы будут работать как единый механизм.

#### Литература

1. Уайт В. Технология чистых помещений. Основы проектирования, испытаний и эксплуатации. – М.: Клинрум, 2008, с. 155-157.
2. Хозяшева Е.С. Фундаментальные основы и практики счета частиц (в соответствии со стандартами ИСО 14644 1-3) // Чистые помещения и технологические среды, № 2, 2006, с. 12-17.
3. Маслаков О.Ю. Как обеспечить измерение чистоты – о калибровке, мониторинге и многом другом глазами инженера // Чистые помещения и технологические среды, № 3, 2010, с. 34-39.