

# Контроль качества воздуха в помещении

при помощи счетчика частиц Fluke 985

Указания по применению

## Введение

Экономия энергии является одним из приоритетов владельца помещений. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования являются крупнейшим потребителем энергии. Экономия энергии на единицу площади часто является основанием для налоговых льгот. Однако экономия на энергопотреблении систем отопления, вентиляции и кондиционирования может приводить к существенным проблемам с качеством воздуха в помещении вследствие отсутствия должной вентиляции и контроля температуры и влажности. Отключение систем жизнеобеспечения, пока посетители не придут в здание утром, может сэкономить деньги, но позволяет загрязнителям накапливаться в воздухе. Если системы отопления, вентиляции и кондиционирования не поддерживаются должным образом, это приведет к проблемам с качеством воздуха в помещении.

Влияние качества воздуха в помещении неоднократно подчеркивалось в докладах о рисках, связанных со средой обитания и в инициативах Агентства по защите окружающей среды США. Дальнейшие исследования показывают, что в некоторых коммерческих центрах воздух внутри помещений в пять раз более загрязнен, чем воздух вне помещений.

В воздухе встречаются различные виды взвешенных частиц, от частиц шерсти животных, пыльцы и бактерий до частиц стекловолокна, асбеста и продуктов сгорания, возникающих в результате работы оборудования или технологических процессов. Для правильной оценки проблем с качеством воздуха в помещении и поиска их причин специалисту нужен прибор, который бы не только регистрировал концентрацию частиц но и давал бы дополнительную информацию для процесса контроля.



## Почему подсчет частиц важен

В разных местах допустимы различные уровни концентрации взвешенных частиц. В жилых и коммерческих помещениях (домах, офисах, гостиницах), исследования качества воздуха в помещении часто проводятся по соображениям здоровья и комфорта или из страха судебного преследования. В промышленных и официальных помещениях (больницах, пищевых, электронных и высокоточных производствах) основными факторами являются стоимость энергии, опасность попадания примесей и показатели производительности. Слишком высокие уровни могут приводить к заболеваниям, таким как "синдром нездорового здания", к снижению производительности, заражению продукции, или всему вышеперечисленному.

Поддержание приемлемого качества воздуха не только предотвращает потери, связанные с простоем, но и предотвращает расходы на устранение проблем в будущем. Первый шаг в определении программы поддержания качества воздуха в помещении - выявить существующие проблемы.

## Исследование качества воздуха в помещении

Проверка качества воздуха является первым шагом текущей программы технического обслуживания или выполняется в ответ на жалобы, которые потенциально связаны с качеством воздуха. Независимо от того, является ли помещение жилым/коммерческим или производственным/официальным, методы остаются теми же:

1. Опрос достойного доверия персонала на объекте. Кто жаловался и каковы симптомы? Сконцентрированы ли жалующиеся или рассредоточены по всему объекту? Цель - оценить уровень токсичности или концентрации по аллергическим реакциям или нарушениям комфорта, или по повышению зараженности продукции.
2. исследование истории здания. Когда здание было построено или перестроено? Были ли существенные повреждения здания и как выполнялись ремонтные работы? Каковы методы обслуживания здания? Например, могли быть устранены повреждения кровли или канализации, но не приняты надлежащие меры по ликвидации ущерба от воды.
3. Физический осмотр объекта. Специалистам необходимо познакомиться с объектом обследования и рассмотреть возможные источники взвешенных частиц. В пределах объекта необходимо обратить внимание на места расположения вытяжной вентиляции, печей, очищающих средств, а так же места со свежей краской или ковровыми покрытиями, особенно в зоне жалоб. Есть ли запахи или видимые следы (плесень)?
4. Замеры качества воздуха При проведении полного обследования качества воздуха в помещении необходимо также произвести замеры температуры, влажности, СО и СО<sub>2</sub> для выявления проблем, связанных с неправильной или загрязненной вентиляцией, способной создать проблему взвешенных частиц. Например, измерения температуры и влажности играют ключевую роль в распознавании присутствия плесени и бактерий. Высокая влажность и высокая концентрация частиц от 3,0 мкм и крупнее могут указывать на присутствие спор плесени, против которой немедленно следует принять меры при ее обнаружении. Высокая концентрация частиц от 0,3 до 10 мкм может означать присутствие бактерий, потенциально опасных для пациентов в хирургическом отделении или специализированной палате.

Наиболее эффективная процедура оценки качества воздуха в помещении - получение нескольких фоновых замеров наружного воздуха с регистрацией точек взятия замеров по отношению к объекту. По крайней мере один из фоновых замеров должен быть взят вблизи заборного устройства приточной вентиляции. Однако, при этом необходимо заметить расположение приточной вентиляции, чтобы замеры не оказались искажены присутствием источников загрязнений, как может быть, например, по соседству с местами выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Затем необходимо рассчитать целевое значение концентрации взвешенных частиц путем внесения в фоновое значение поправки на эффективности фильтров системы вентиляции. В случае применения в чистых помещениях, в качестве фоновых значений можно использовать три стадии чистого

помещения ("после постройки", "в покое", и "в работе". После того, как установлено фоновое значение, данные всегда должны сравниваться с одним и тем же фоновым значением.

Частицы имеют свойство быстро распространяться в воздухе, что затрудняет выявление их источника. Один из методов состоит в том, чтобы получить большое количество замеров начиная от области жалоб и затем удаляясь от нее. Необходимо получить план установленных систем отопления, вентиляции и кондиционирования и использовать его для планирования маршрута осмотра. В каждой зоне необходимо взять замер в центре зоны и у входных и выходных отверстий вентиляции и любых других элементов систем отопления, вентиляции и кондиционирования. Особое внимание следует уделить замеру на входе и выходе каждого фильтра тонкой очистки воздуха. При сборе данных следует отмечать любые необычные повышения концентрации и размеров частиц. Для отслеживания различий концентрации частиц в различных помещениях можно использовать возможность присваивать имена помещений ячейкам для хранения данных прибора Fluke 985. Концентрацию частиц необходимо сравнивать с фоновым значением для определения серьезности концентраций и выявления мест повышенной концентрации и путей распространения, которые могут привести к источнику частиц. Следуйте по пути повышенных концентраций до обнаружения источника. После устранения причины проводится повторное обследование чтобы убедиться, что проблема устранена.

При использовании функций термометра и гигрометра прибора Fluke 971 специалист может также измерить температуру и влажность в сравнении с допустимыми значениями (см. Стандарты ASHRAE 55 и 62) для базового обследования качества воздуха в помещении и принять необходимые меры для исправления проблемы.



## Интерпретация данных

Правильная интерпретация данных требует понимания зоны обследования. Является ли зона жилой или коммерческой? Является ли она чистым помещением или высокоточным производством? Находится ли чистое помещение "в покое" или "в работе"? Подвержена ли зона воздействию табачного дыма или частиц, возникающих в процессе горения? Ведутся ли поблизости от зоны строительные работы? Учет внешних условий может помочь сузить список возможных источников частиц.

Предельно допустимые концентрации могут меняться в широких пределах в зависимости от типа и размеров объекта, а так же в зависимости от других факторов. Однако высокоуровневое рассмотрение может дать приблизительный ответ о том, существует проблема или нет. Следующие замеры наружного воздуха дают высокоуровневую точку отсчета для специалиста:

Stopped 00:00:00 SAMPLE 1 of 5	
Location 1	
Size	Counts
	Cumulative
0.3 µm	814908
0.5 µm	94271
1.0 µm	16530
2.0 µm	7264
5.0 µm	2926
10.0 µm	145
1.0 F <sup>3</sup>	
10:27:15 AM	
11-14-2011	

Рисунок А.

**Сценарий 1:** Концентрации частиц на Рисунке В относятся к новому жилому зданию (< 5 лет), и не включают никаких превышений норм. В жилых зонах уровни частиц иногда бывают выше наружных замеров вследствие дополнительных источников частиц (напр. частицы шерсти животных), меньшей области рассеяния и часто менее совершенной фильтрации.

Stopped 00:00:00 SAMPLE 2 of 5	
Location 1	
Size	Counts
	Cumulative
0.3 µm	315298
0.5 µm	101875
1.0 µm	61879
2.0 µm	45519
5.0 µm	28105
10.0 µm	2607
1.0 F <sup>3</sup>	
11:27:15 AM	
11-14-2011	

Рисунок В.

**Сценарий 2:** Концентрации частиц на Рисунке С представляют среднее офисное пространство и не включают никаких превышений норм. В коммерческом помещении уровень концентрации частиц должен быть значительно ниже наружных замеров ввиду хорошей фильтрации и лучшего разбавления наружным воздухом

Stopped 00:00:00 SAMPLE 3 of 5	
Location 1	
Size	Counts
	Cumulative
0.3 µm	113899
0.5 µm	21898
1.0 µm	9383
2.0 µm	5934
5.0 µm	3285
10.0 µm	617
1.0 F <sup>3</sup>	
12:27:15 PM	
11-14-2011	

Рисунок С.

**Сценарий 3:** Концентрации частиц на Рисунке D происходят из старого жилого помещения с видимой плесенью. Показания существенно более высоки, и необходимо принять меры для борьбы как с плесенью, так и с исходной причиной проблемы.

Stopped 00:00:00 SAMPLE 4 of 5	
Location 1	
Size	Counts
	Cumulative
0.3 µm	2651469
0.5 µm	291193
1.0 µm	70852
2.0 µm	36837
5.0 µm	17993
10.0 µm	1979
1.0 F <sup>3</sup>	
1:27:15 PM	
11-14-2011	

Рисунок D.

**Сценарий 4:** Если источник частиц в Сценарии 3 не виден, следует использовать размеры частиц из Таблицы 1 для определения возможных источников. Рекомендуется взять образцы частиц и обратиться в лабораторию для проведения анализов.

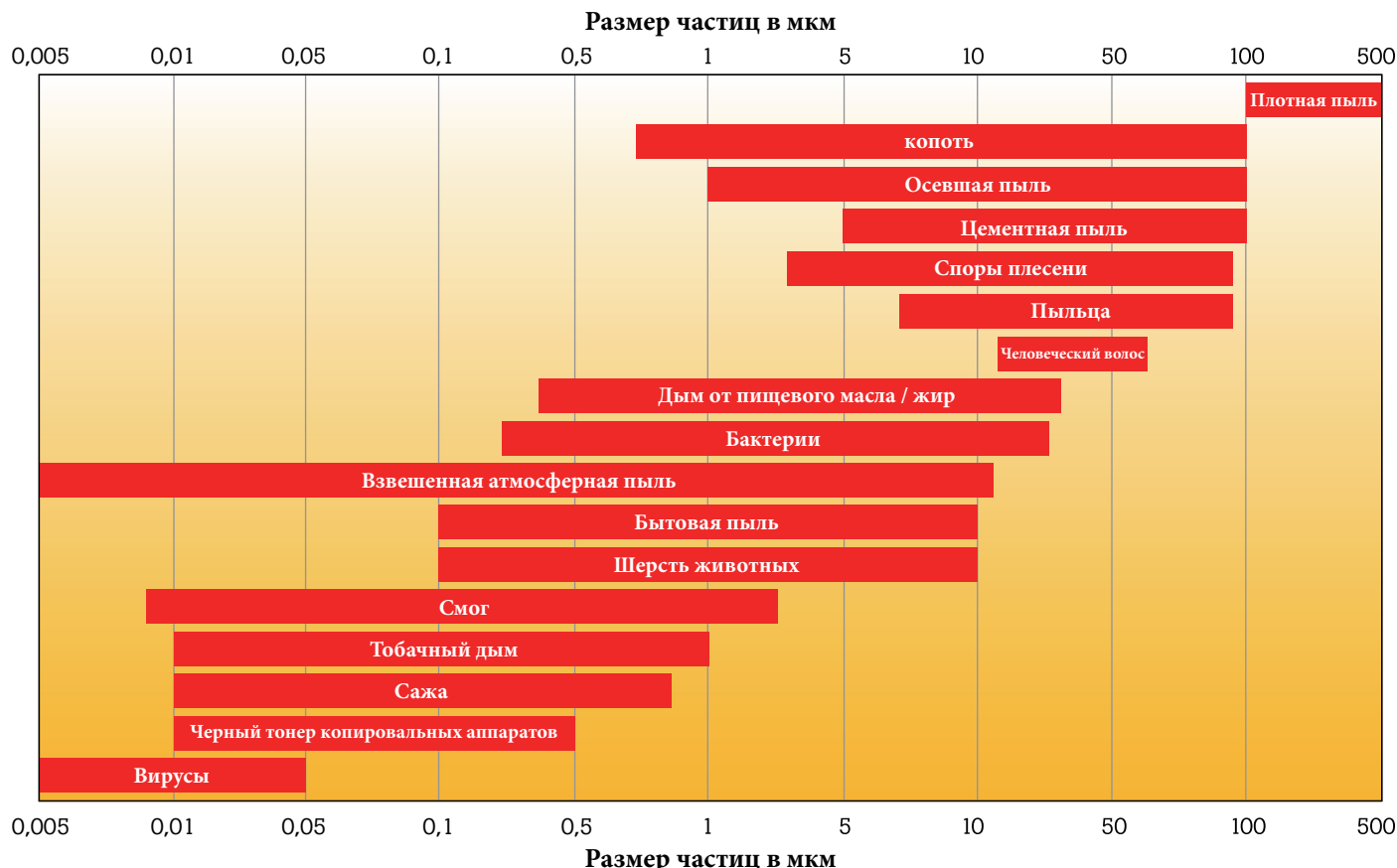


Таблица 1.

### Упражнение с чистым помещением (сертификация и мониторинг)

Чистые помещения — отличное место применения счетчика частиц. Сертификация чистых помещений обычно проводится на стадии “после постройки”. Для иллюстрации протестируем прибор Fluke 985 в оценке чистого помещения ISO Class 5 (в соотв. с ISO 14644). Чтобы помещение рассматривалось как чистое помещение Class 5, уровни концентрации не должны превышать допустимых пределов в каждом из классов частиц по следующей таблице:

Наш тест будет рассматривать концентрацию в помещении частиц размером 0,3 мкм. Несколько 2-литровых образцов берутся в различных местах в 6 различных моментов времени внутри чистого помещения со следующими результатами:

Классификация ISO	Границы классов частиц					
	0,1 мкм	0,2 мкм	0,3 мкм	0,5 мкм	1,0 мкм	5,0 мкм
	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1000	237	102	35	8	
4	10000	2370	1020	352	83	
5	100000	23700	10200	3520	832	29
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7				352000	83200	2930
8				3520000	832000	29300
9				35200000	8320000	293000

Местоположение (L)	Концентрации (C1)						Ср. концентрация (AC1)
	1	2	3	4	5	6	
A	750	560	655	730			674
B	1575	1250	750	950	1100	1300	1154
C	1300	850	980	1125	1350	975	1097
D	1150	775	450	825	845	1000	841
E	825	855	730	940	695	925	828
F	1700	1585	1135	900	1725	1210	1376

Отдельные измерения находятся с достаточным запасом в пределах ограничений для чистого помещения; однако мы предпринимаем следующие шаги, чтобы гарантировать статистическую достоверность измерений:

**Шаг 1.** Расчет среднего значения общей концентрации частиц

$$M = (AC_1 + AC_2 + AC_3 + AC_4 + AC_5 + AC_6) / L$$

$$995 = (674 + 1154 + 1097 + 841 + 828 + 1376) / 6$$

**Шаг 2.** Расчет среднеквадратичного отклонения общих значений

$$SD = (\sqrt{(AC_1 - M)^2 + \dots + (AC_6 - M)^2}) / (L-1)$$

$$116 = (\sqrt{(674-995)^2 + (1154-995)^2 + (1097-995)^2 + (841-995)^2 + (828-995)^2 + (1376-995)^2}) / (6-1)$$

**Шаг 3.** Вычисление стандартной ошибки среднего общих значений

$$SE = SD / (\sqrt{L})$$

$$47.36 = 116 / (\sqrt{6})$$

**Шаг 4.** Расчет верхнего доверительного предела

Число мест	Коэффициент верхнего контрольного предела для доверительной вероятности 95 %								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
Коэффициент верхнего контрольного предела для доверительной вероятности 95 %	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,9	1,86	Нет данных

$$UCL = M + (UCL \text{ Factor} * SE)$$

$$1087 = 995 + (1,4 * 47,36)$$

Получаемое в результате среднее значение для всех местоположений находится в пределах требований для чистого помещения класса Class 5.

Прибор Fluke 985 выдает данные о взвешенных частицах по 6 каналам на одном дисплее, что позволяет специалисту охватить все показания одним взглядом. Хотя упражнение для чистого помещения было сфокусировано на частицах размером 0,3 мкм, единый дисплей немедленно сообщил бы специалисту о превышении концентрации в любой другой категории частиц. Специалист может настраивать число каналов для различных размеров частиц, выводимых прибором Fluke 985, и устанавливать оповещение звуком или подсветкой текста для превышения концентраций тех размеров частиц, которые представляют интерес.

После сертификации чистого помещения специалист может осуществлять мониторинг концентрации частиц за заданный им период при помощи функции графика трендов прибора Fluke 985. Ее можно использовать на стадии чистого помещения "в работе". Это позволяет специалисту осуществлять мониторинг производственного процесса при необычном увеличении концентрации частиц и обнаруживать события, приводящие к загрязнению. Эта функция также позволяет специалистам просматривать тренды сразу же на приборе до экспорта данных, что экономит огромное количество времени. С помощью подставки USB/Ethernet для Fluke 985 специалист может быстро переносить данные на компьютер через USB или по сети для немедленного анализа и быстрого принятия мер. Функция задержки прибора Fluke 985 полезна

для определения концентрации части для чистого помещения "в покое", когда все люди покинули чистое помещение, система вентиляции профильтровала воздух и среда стабилизировалась.

**Подсчет частиц в перспективе**

Ключевым фактором для успешного обследования качества воздуха в помещении является понимание среды как целого. Местоположение, история здания, жалобы, записи о процессе и измеримые факторы, такие, как температура и влажность, давление и концентрации частиц, все вместе играют роль в раскрытии проблемы с качеством воздуха в помещении. При использовании счетчика частиц имейте в виду, что источник частиц может быть всего лишь симптомом более серьезной скрытой проблемы. Устранение источника может не исправить основную проблему плохой фильтрации, недостаточной вентиляции или избыточной влажности. Если эти проблемы не решить, они непременно вызовут те же симптомы, или еще худшие. Подсчет частиц как часть постоянного профилактического обслуживания имеет критически важное значение для поддержания здоровой среды и хорошей производительности. Прибор Fluke 985 - мощный, прочный и удобный инструмент, помогающий специалисту распознать проблемы с концентрацией частиц и направить действия на устранение их первопричины.

## Характеристики счетчика частиц

Работа со счетчиком частиц относительно проста; однако понимание характеристик, по которым счетчики отличаются, может представлять трудность. Для описания точности, эффективности и других свойств счетчика частиц обычно используются следующие термины.

**Режим подсчета:** Режим подсчета определяет, каким образом счетчик отображает данные для пользователя. Два типичных режима подсчета - Concentration (Концентрация) и Raw Count (Прямой подсчет), кроме того Fluke 985 дополнительно имеет режим Audio (Аудио). В режиме концентрации прибор исследует небольшое количество воздуха и затем рассчитывает значение на заданную единицу объема (см<sup>3</sup>, куб.фут или литр), в то время как режим прямого подсчета позволяет пользователю получать фактическое количество обнаруженных частиц по мере того, как они накапливаются за время отбора пробы. Можно задать суммарный подсчет (общее количество частиц > размер каждого канала) или в виде разницы (число частиц попадает между размерами каналов). Аудиорежим удобен для поиска мест с превышением заранее заданного порога концентрации частиц. При превышении порога прибор оповещает пользователя звуковым сигналом. Режим подсчета определяет, каким образом счетчик отображает данные для пользователя.

**Нулевой подсчет** Нулевой подсчет является мерой точности счетчика и должен выполняться перед началом эксплуатации и затем периодически, а также тогда, когда имеется подозрение об ошибке замера. Если к счетчику частиц присоединен фильтр нулевого подсчета в соответствии с инструкциями производителя, подсчет осуществляется в течение 15 минут. Счетчик должен обнаружить не более одной частицы крупнее 0,3 мкм за пять минут.

**Потери на совпадение:** Потери на совпадение имеют место тогда, когда две частицы пересекают луч счетчика одновременно и создают один импульс и, следовательно, регистрируются как одна частица. Эта ошибка чаще возникает тогда, когда концентрация частиц в образце возрастает. По 21501-4 потери на совпадение допускаются ≤ 10 % при максимальной концентрации частиц. Для прибора Fluke 985 эта величина равна 10 % при 4000000 частиц на фут<sup>3</sup>.

**Эффективность подсчета:** Вероятность того, что счетчик обнаружит и зарегистрирует частицу, проходящую через объем образца. Эффективность подсчета представляет собой функцию размера вплоть до минимального порога эффективности, выше которого все частицы обнаруживаются и регистрируются. Обычно считается оптимальной эффективностью подсчета 50 % на высшем пороге чувствительности, что позволяет сравнивать показания между оптическими счетчиками частиц и приборами более высокого разрешения.

**Чувствительность:** Способность прибора обнаруживать мелкие частицы с определенной эффективностью подсчета. Прибор Fluke 985 обнаруживает частицы размером 0,3 мкм с эффективностью подсчета 50 %.

**Калибровка:** Набор операций или действий, предпринимаемых для того, чтобы установить соотношение между значениями, полученными при помощи прибора, и соответствующими параметрами как определено в стандарте. Прибор Fluke 985 калибруется при помощи сфер из полистиролового латекса (PSL), широко используемых благодаря их однородному размеру и светопреломляющим свойствам и соответствующим стандарту ISO 21501-4: Счетчик светорассеивающих взвешенных в воздухе частиц для чистых пространств.

**В соответствии с требованиями Национального института стандартов и технологии (США)** Прослеживаемость и единство измерений - характеристика измерений или стандарта и их отношений к заявленным точкам отсчета, которыми часто являются национальные или международные стандарты. Сферы из PSL, применяемые в процессе калибровки прибора Fluke 985, соответствуют требованиям стандартам NIST (Национальный институт стандартов и технологии).

**Fluke.** Мы приводим ваш мир в движение.®

ООО «Флюк СИАЙЭС»  
125040, г. Москва, ул. Скаковая, 36  
Тел: +7 499 7450531  
Факс: +7 499 745 0533  
e-mail: info@fluke.ru

Не разрешается вносить изменения в данный документ без письменного согласия компании Fluke Corporation.

Посетите нашу web-страницу по адресу:  
<http://www.fluke.ru>

© Авторское право 2012 Fluke Corporation. Авторские права защищены. Данные могут быть изменены без уведомления.  
Fluke. Keeping your world up and running.®  
Pub\_ID: Ид. номер публикации: 11904-rus